THE UNIVERSITY
OF ILLINOIS
LIBRARY
620.5
Z E
v.73 2
REMOTE STORAGE

The person charging this material is responsible for its return to the library from which it was withdrawn on or before the **Latest Date** stamped below.

**Theft, mutilation, and underlining of books are reasons for disciplinary action and may result in dismissal from the University.**

**To renew call Telephone Center, 333-8400**

UNIVERSITY OF ILLINOIS LIBRARY AT URBANA-CHAMPAIGN

JAN 25 1983

JAN 25 1983

L161—O-1096

Digitized by the Internet Archive
in 2025 with funding from
University of Illinois Urbana-Champaign

https://archive.org/details/vdizeitschriftde7321unse

# V·D·I

## ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

BAND 73

DREIUNDSIEBZIGSTER JAHRGANG

1 9 2 9

MIT RUND
4600 ABBILDUNGEN IM TEXT
2 TAFELN UND 11 BILDBLÄTTERN

INHALT DER FORSCHUNGSARBEITEN
HEFT 289, 310, 311, 313 BIS 323, 329
AUSZUG AUS DEM INHALT DER VDI-NACHRICHTEN

VDI-VERLAG G.M.B.H. BERLIN NW7

ZE
v. 73
REMOTE STORAGE



# Namenverzeichnis

* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung
Die Seitenzahlen des ersten Halbjahres sind in aufrechten Lettern, diejenigen des zweiten Halbjahres in schrägen Ziffern — Kursiv — gedruckt.

**Band I: Heft 1 bis 26 Seite 1 bis 944. Band II: Heft 27 bis 52 Seite 945 bis 1868.**


| | Seite |
|---|---|
| *Ackermann*, Neue Untersuchungen über das NICO-Metall | 204* |
| *Adrian*, Fachtagung für Schweißtechnik gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Danzig-Königsberg | *1164* |
| — Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten | *1768* |
| *Aeuer, E.* und *O. Sorge*, Herstellungsfehler an Gasflaschen. A. | *1613** |
| *Agatz, A.*, Die Nordschleusenanlage in Bremerhaven | *1097** |
| *Akademischer Verein Hütte* und *A. Stauch*, „Hütte", Taschenbuch für Betriebsingenieure. B. | 415 |
| — und *A. Neesen*, „Hütte". Bootsbau. Praktischer Schiffbau (Brix). B. | *1563* |
| *Alt, H.*, Die praktische Bedeutung der Raumgetriebe. A. | 188* |
| *Altmann*, Untersuchungen an Schraubengetrieben | 359* |
| *Ammann* und *v. Gruenewaldt*, Längskräfte im Eisenbahngleis. A. | 157* |
| *Anke, E. A.*, Ausrüstungsmaschinen für Kunstseide. A. | 290* |
| *D'Ans*, Carl Freiherr Auer von Welsbach † | *1268** |
| *Antz, E. L.*, Erasmus Kittler † | 468 |
| *Arndt*, Bau der großen Elektrizitätswerke | 735 |
| *Arnold* s. Eisenmenger. | |
| *Asser, E.*, Wege zur Rationalisierung des Schiffsanstriches. A. | 374 |
| *Atzler*, Aufgaben und Pläne des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie | 442 |
| *Audubert, R., Ch. de Massacré, A. Buffat, L. Durant, G. Foex*, Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie. B. | *975* |
| *Auerbach, F.* und *W. Hort*, Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. B. 383, | *1040* |
| *Aufhäuser*, Behandlung und Bewertung von flüssigen Brennstoffen | 651 |
| *Aumund*, Verladen und Lagern umladeempfindlicher Schüttgüter. Z. | *1038* |
| *Baashuus, N.*, Vorspanungen in Zylinderdeckeln | *1101** |
| — desgl. Z. | *1844** |
| *Bach, J.*, Vorspannungen in Zylinderdeckeln. Z. | *1843** |
| *Baer, H.*, Versuche an einer 14 000 kW-Entnahmeturbine. A. | *1472** |
| *Baer, S.*, Wasserhebung und Wasserspeicherung. A. | 539* |
| — Einzelbetrieb von Wasserwerkbrunnen | 563 |
| — Wasserverbrauch und Wasserbeschaffung in Großstädten | *1288* |
| *Bärmig*, Die deutsche Normung | 882 |
| *Balcke, H.*, Die Abwärmetechnik. B. | *1251** |
| *Barde* s. Rey. | |
| *Bardtke*, Schweißen im Eisenbahnwesen. A. | *1733** |
| *Barsky, B.*, Das Bauwesen in der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken. A. | *1435* |
| *Barwick, G. F.*, The Aslib directory. B. | *1628* |
| *Batemann, J. H.*, Highway engineering. B. | *1106* |
| *v. Batocki*, Landwirtschaft, Technik und Industrie. A. | *1075** |
| — und *G. Schack*, Bevölkerung und Wirtschaft in Ostpreußen. B. | *1628* |
| *Bauer, E. N.*, s. Larsen. | |
| *Bauer, G.*, Antrieb der Schnelldampfer | *1861** |
| *Bauer, K. H.*, Die trocknenden Öle. B. | 803 |
| *Bauer, W.*, Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive. A. | *1398** |
| *Baum, K.*, Über den Temperaturverlauf im Koksofen und seine Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Kokereianlagen | 444 |
| *Becker, A.*, s. Lenard. | |
| *Becker, J.*, Aus der Elektrizitätswirtschaft | *1260* |
| *Behrens*, Organisation und Werkzeugmaschinen | 866* |
| *Beiersdorf, H.*, Das neue Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke. A. | 457* |
| *Berdrow, W.*, Alfred Krupps Briefe 1826 bis 1887. B. | 511 |
| *Berger, R.*, Einführvorrichtungen und Stapelgreifer an Büromaschinen. A. | *1131** |
| — Die Büroschreibmaschine. A. | *1479** |
| *Bergmann, G.*, Leichtmetalle als Baustoff im Kraftwagen | 137 |
| *Bergmann, J.*, Handbuch der Appretur. B. | 351 |
| *Berliner, A.*, Lehrbuch der Physik. B. | 772 |
| *Berndt*, G., Untersuchungen an Schraubengewinden | 357* |
| — Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen. B. | *1106* |
| *Bernhard, J. M.*, Drehkrane mit Kletterkatzen Bauart ATG-Bernhard | *1525** |
| *Bernhard, K.*, Tagung für Brükken- und Hochbau in Wien | 92 |
| — 32. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins | 734 |
| — Brücken- und Baukonstruktionen | 871* |
| *Bernhard, R.*, Meßverfahren bei den statischen und dynamischen Brückenmeßgeräten | 93 |
| — Die erste Hudson-Brücke bei New York mit 1,067 km weit gespannter Mittelöffnung. A. | *1504** |
| — Dauerversuche an genieteten und geschweißten Brücken. A. | *1675** |
| *Bernstein, R.*, Zuckerrüben-Erntemaschinen. A. | *1373** |
| *Bethke, R.*, Wie schütze ich meinen Betrieb vor Feuerschaden? B. | 208 |
| *Beyer*, Arbeiten am Kraftwerk Niederwartha | 735 |
| *Beyer, R.*, Beschleunigungsverhältnisse beim sphärischen Kurbeltrieb und bei verwandten Mechanismen. Z. | *1103* |
| — Die praktische Bedeutung der Raumgetriebe. Z. | *1103** |
| *Biedermann*, Verwendung großer Rettungsboote in Verbindung mit dem Welin-Maclachlan-Davit auf großen Passagierschiffen | 376* |
| *Biemond, C.*, Neue Klappbrücken in Amsterdam. A. | *1351** |
| *Bieske, E.*, Rohrbrunnen. B. | *1452* |
| *Billiter J.*, Technische Elektrochemie. B. | 383 |
| *Birkhofer, E.*, Tagesfragen im Bau von Webstühlen und Vorbereitungsmaschinen. A. | 279* |
| *Blazey*, Die Brüchigkeit von arsenhaltigem Kupfer | 797 |
| *Bleicken* s. Gödecken. | |
| *Blenk, H.*, Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit. Z. | *973* |
| *Block, W.*, Messen und Wägen. B. | 382 |
| *Blum*, Das Ziel der Verkehrspolitik und die Stellung der Allgemeinheit zum Verkehr | 219 |
| — Das Eisenbahnwesen | 219 |
| — Eisenbahnwesen. Bau und Betrieb | 873 |
| *Blunk, P.*, Ostpreußen und seine deutsche Mission im Osten. A. | 841* |
| *Bobbe, C.*, Untersuchungen an Holzhobelmaschinen | *1651** |
| — desgl. B. | *1722* |
| *Bock, A.*, Sternradgetriebe. A. | 397* |
| *Boeck, E.*, Träger technisch-wissenschaftlicher Arbeit in Deutschland. B. | *1835* |
| *Böhm, B.*, Gewerbliche Abwässer. B. | 595 |
| *Bohny*, Die Verwendung hochwertiger Stähle beim Bau großer Brücken und Hochbauten | 93 |
| *Bollow, C.*, Die Fischdampfer „Sergent Gouarne" und „Aspirant Brun". A. | 581* |
| *Bondy* s. Hilpert. | |
| *Bonwetsch, A.*, Neuerungen im Baumaschinenwesen. A. | *1269** |
| *ten Bosch, M.*, Vorlesungen über Maschinenelemente. B. | *1214* |
| *Bošnjakovic* s. Merkel. | |
| *Bosselmann, R.*, Selbsttätige Wanderrostfeuerung für Dampfkessel. A. | *1051** |
| *Brämer*, Hauptversammlung der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt | *1863* |
| *Brandl, J.*, Handlöscher für Kraftfahrzeuge | 172* |
| *Brandt, E.*, s. Probst. | |


796670

Seite

*Brandt, G.*, Englische Elektrizitätswirtschaft. B. . . . . 803
*Brauer*, Technik in der Forstwirtschaft . . . . . *1548*
*Braunbeck, G.*, Braunbecks Adreßbuch der Motorfahrzeug- und verwandten Industrie. B. . . *1492*
*Brausewetter, K.*, Die wirtschaftliche Betonmischung. B. . . *1723*
*Breisig* s. Feyerabend.
*Bremerkamp, H.* und *de Haas-Lorentz*, Äthertheorien und Äthermodelle. B. . . . . 271
*Brenner, W. C.*, Windsichtung des Getreides . . . . . *1830**
*Brill, A.*, Vorlesungen über allgemeine Mechanik. B. . . . 628
*Brink*, Das Wesen der Einwirkung des Bergbaues auf die Erdoberfläche . . . . . 445
*Bronn, J.*, Zerlegung der Koksofengase und Ausnutzung ihrer Einzelbestandteile . . . . *1620*
*Brown, H.*, Die Hochdrucklokomotive für 60 at, Bauart „Winterthur". A. . . . . 151*
*Brühl, W.*, Freibord und Sicherheit der Seeschiffe . . . . *1354*
— Ein neuer Schlepphaken mit selbsttätiger Auslösung . . . *1397**
— Die Schnelldampferfrage . . . *1667*
*Bruchhold, C.*, Die Schwimmaufbereitung der Moctezuma Copper Co., Macozari, Staat Sonora, Mexiko. A. . . . . 26*
— desgl. Z. . . . . 156
— Auswählende Schwimmaufbereitung von Erzen in Mexiko. A. . . . . *1440**
*Bruins, E. D.* und *J. Reudler*, Kinetische Probleme. B. . . 271
*Bruns*, Eine neue Zentralwerkstatt der Rheinischen Stahlwerke . . . . . *969**
*Buchholtz, H.*, s. Schulz.
*Buchholz, Fr.*, *L. Hoffmann* und *K. Joachimssohn*, Volumetrischer Wirkungsgrad eines Zweitakt-Zweizylindermotors mit Kurbelkammergemischpumpe . . . . . *1366**
*Bühler*, Messungen am fertigen Bauwerk . . . . . 92
*Bültmann*, W., Psychotechnische Berufseignungsprüfung von Gießereifacharbeitern. B. . . 447
*Buffat* s. Audubert.
*Bulle, G.*, Öfen für Betriebe mit fließender Fertigung (Fließöfen) . . . . . *1099*
*Bund, H.*, Schnellschlußventil mit freiem Durchgang . . . . 624*
*Burghardt*, Selbsttätige Steuerung von Zügen der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. A. . . 705*
*Burmeister, E.*, Neue elektrische Verschiebelokomotive für Einphasen-Wechselstrom . . . 621*
*Busch, H.*, Ergebnisse der Versuchssperrmauer am Stevenson-Creek in Kalifornien . . 474*
*Busemann, A.*, Stoßverlust an plötzlichen Erweiterungen in Rohren beim Durchfluß von Gasen und Dämpfen. Z. . . *1588**
*Buxbaum, B.*, Konstruktiver Unfallschutz in der mechanischen Werkstatt. A. . . . . *1056**

**C***ammerer, J. S.*, Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. B. . . . . 627
*Campbell* s. Larsen.
*Campe* und *Eberlein*, Über Verkehrsregelung und Bekämpfung ihrer Übertreibung, namentlich in Klein- und Mittelstädten . . . . . 29
*Carson, J. R.*, *F. Ollendorff* und *K. Pohlhausen*, Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung. B. . . . . *1563*
*Christian, M.*, Begrenzung der Leistungssteigerung der schnellaufenden Verbrennungsmaschine durch den Steuervorgang. B. . . . . 240
— desgl. . . . . *1211**
*Clausen, H.*, Brandgefahren durch Unterstellen von Kraftwagen in ungeeigneten Räumen . . 609
*Cleve, K.*, Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln . . . . . *1709*
— desgl. B. . . . . *1722*
*Coenen, M.*, Fräsmaschine für Zylinderblöcke . . . . . *1446**
*Cohn, W. M.*, Über Wolframöfen . 203*
*Cords, E.*, Die Motorjacht „Cyprus" — erbaut auf der Fried. Krupp-Germaniawerft, Aktiengesellschaft, Kiel. Bildbl. 9 und 10. A. . . . . *1661**
*Le Coutre*, Überwachung der Rationalisierung durch das industrielle Rechnungswesen . 116
*Craemer*, Weltfernsprechverkehr . *1365*
*Cramer, E.*, Genormte eiserne Aufbauten für Kraftomnibusse *1283**
*Cunningham, B.*, Port studies. B. *1107*
*Czakò, E.*, Braunkohlen-Verschwelung in Oberhessen in Verbindung mit Erzeugung von Gas und Elektrizität . . . . . *1317*

**D***aeves, K.*, Abnahme und Wahrscheinlichkeitsrechnung . . . *1100*
*Dannemann, F.*, Vom Werden der naturwissenschaftlichen Probleme. B. . . . . 383
*Daumenlang, F.*, Amerikanischer Grabenbagger . . . . . *1686**
*Denker*, Geräuschverhütung in Webereien . . . . . 278
*Derdack* s. Teleky.
*Descroix, L.*, Art de l'ingénieur et métallurgie. B. . . . . *975*
*Deutsch*, Stoffkunde . . . . . 864
— Förderung stoffkundlicher Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika . . . *1205**
*v. Dewitz* s. Hoff.
*Diepschlag*, Hüttenwesen . . . 863
*Dierbach, E.*, Grundsätzliches über Flughafenbau. A. . . . . *1125**
— Grundsätzliches über die Hilfseinrichtungen von Flughäfen. A. . . . . *1189**
*Dierfeld, B. R.*, Auto-Diktionär. B. . . . . 803
*Dingler, H.*, Das Experiment, sein Wesen und seine Geschichte. B. 207
*Dischinger, Fr.*, Großmarkthalle Leipzig . . . . . 734
— und *U. Finsterwalder*, Die Großmarkthalle Frankfurt a. M. A. . . . . *1145**
*Disney* s. Hengerveld.
*Döhmer*, Der Busch-Schumann-Projektor, ein Ablesegerät für Brinellsche Kugeleindrücke . 764*
*Dolzmann*, Entwicklung und Aussichten der Hochdruck-Dampfanlagen . . . . . 345
*Draeger, H.*, Der Einfluß der Abrundung beim Ziehen von Hohlkörpern aus dünnen Blechen. B. . . . . *1867*
*Drenckhan, E.*, Verwendbarkeit von Schwerölen im Explosionsmotor . . . . . 725
*Droste, W.*, Seifenbildung in Anstrichen. B. . . . . *1371*
*Dubbel, H.*, Taschenbuch für den Maschinenbau. B. . . . . *1007*
*Duffing, G.*, Grenzreibung bei gleichförmiger Geschwindigkeit . . . . . *1329**
— Beurteilung der Schmierfähigkeit von Ölen . . . . . *1702**
*Dulmann, G.*, Untersuchungen an Bremsdruckreglern . . . . *971**
— desgl. Z. . . . . *1226*
*Durand* s. Audubert.
*Durrer*, Konstante Brucharbeit als Erklärung für den Bruch durch Ermüdungs- und andere Belastungen . . . . . 830*
*Dyrenfurth*, Der Bau städtischer Milchversorgungsbetriebe. B. . *1596*

**E***berlein* s. Campe.
*Ebermann* s. Föppl.
*Eck, B.*, und *Kearton, W. J.*, Turbo-Gebläse und Turbo-Kompressoren. B. . . . . *1214*
*Eck, H.*, s. Jakob.
*Eckenberg* s. Fraenkel.
*Eckhardt*, Hafenbau in Helgoland 735
*Eggers, G.*, Neuere Bauarten motorischer Wassermesser. A. . 557*
*Eggert, J.*, Lehrbuch der physikalischen Chemie in elementarer Darstellung. B. . . . . 833
*Eisenmenger, H. E.*, und *A. G. Arnold*, Die Stromtarife der Elektrizitätswerke. B. . . . . *1627*
*Eisner, Fr.*, Hydraulische und mechanische Fragen . . . . . 233
— Widerstandsmessungen an umströmten Zylindern von Kreis- und Brückenpfeilerquerschnitt. B. . . . . *1179*
— Vergleichende Modell-Schleppversuche . . . . . *1249**
— Internationale Tagung der Vertreter der Aerodynamik in Aachen . . . . . *1625*
*Elster, A.*, Urheber- und Erfinder-, Warenzeichen- und Wettbewerbsrecht. B. . . . . 480
*Emperger, F.*, Handbuch für Eisenbetonbau. Bd. 6. B. . . 660
*Endres, W.*, Der Verbrennungsvorgang im Gas- und Vergaser-Motor. B. . . . . 771
*Engelbrecht, L.*, Zur Wirtschaftlichkeit der Kraftschlepper für Landmaschinen . . . . *1169**
*Engler*, Versuchsanlage des Städtischen Wasserwerkes Stuttgart zur Aufbereitung von huminhaltigem Oberflächenwasser . *1620*
*Erdmann, G.*, Neue Straßenreinigungsmaschinen. A. . . . . *1193**
*Erhard, L.*, Der Weg des Geistes in der Technik. B. . . . . *1692*
*Erhart*, Die Sängerbundesfesthalle in Wien 1928 . . . . *1001**
*Erk, S.*, s. Jakob.
— Von der Tätigkeit des National Physical Laboratory im Jahre 1928 . . . . . *1796*
*Erkens, A.*, Werkstattgerechtes Konstruieren. B. . . . . *1628*
*Erlinghagen*, Die Arbeiten des Deutschen Normenausschusses und ihre Zusammenhänge mit dem deutschen Eisenbau . . 139
*v. Escher, H.*, 800 t-Hochofen der Australian Iron and Steel Ltd. 329
*Eucken, A.*, *Lummer, O.* und *E. Waetzmann*, Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. B. . . 175
— Energie- und Wärmeinhalt. B. *1867*
*Everling, E.*, Wege der Luftfahrtforschung. A. . . . . 145*
— 18. Hauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt . . . . . *1829*
— und *B. Splanemann*, Metalle im Flugzeugbau . . . . . 587*

Seite

*Fabricius, G.* und *H. Schulze,* Ein neuer Schuppenspeicher für Stückgut im Seehafen Stettin. A. . . . . 1453*
*Fahl,* Gütertriebwagen für Bahnunterhaltung . . . . . 377
*Faßbender, H.,* Die Hochfrequenztechnik im Dienste der Verkehrssicherung . . . . . 1406
— Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung. A. . . . 1581*
— Arbeiten der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. im Jahre 1928/29 . . 1823
*Faust, O.,* Über Entwicklung und Ziele der Kunstseidenindustrie 1369
*Fehling* s. Rosin.
*Ferrari, F.,* Elektrizitätszähler und Tarif-Meßeinrichtungen. A. 17*
*Feyerabend, E., H. Heidecker, Fr. Breisig* und *A. Kruckow,* Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens. B. . . . . 738
*Fick,* Schmiedespannungen, Vergütungsspannungen und Wärmespannungen . . . . 1260
— Prüfung von Seildrähten durch Zug- und Biegeversuche . . . 1404
— Dauerversuche mit sechslitzigen Drahtseilen von etwa 50 mm Dmr. . . . . 1623*
*Findeisen,* Versuche über Lochleibungsdruck . . . . . 94
*Finsterwalder* s. Dischinger.
*Fischer,* Verdunstungsversuche . 84
*Fischer, Fr.,* Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle. 8. Bd. 1924 bis 1927. B. . . 1563
*Fischer, G.,* Landmaschinen . . 860*
*Fischer, V.,* Gaskompressoren für die Ammoniaksynthese. A. . . 1533*
*Föppl, O.,* Feststellung der Dämpfung von Porzellan mittels der Drehausschwingungsmaschine 766*
— Der augenblickliche Stand der Drehschwingungsmaschinen in Deutschland . . . . . 1004*
— *H. Strombeck und L. Ebermann.* Schnelllaufende Dieselmaschinen. B. . . . . 1451
*Foerster, E.,* Hilfsbuch für den Schiffbau. B. . . . . 415
*Foerster, M.,* Taschenbuch für Bauingenieure. B. . . . . 239
*Föttinger,* Die hydrodynamische Arbeitsübertragung durch Transformatoren . . . . . 1862
*Foex* s. Audubert.
*Fraenkel, K. H.* und *W. Eckenberg,* Neue Hilfsmittel bei Zeitaufnahmen und Betriebsüberwachung . . . . . 1591*
*Frank, R.,* Aus der neueren Entwicklung der Fördertechnik. Z. . . . . 1104
*Franke, W.,* Fortbewegungsmittel amerikanischer Baumaschinen 140*
— Amerikanische Riesenlöffelbagger . . . . . 577*
— Kohlenförderanlagen für ein amerikanisches Gaswerk . . 1325*
— Die neuere Entwicklung der Raupenkettenbagger . . . . 1406*
*Freeman, J. R.,* Hydraulic laboratory practice. B. . . . . 1371
*Frenzen, P.,* Die Kohlenlöschanlage für das neue Großkraftwerk in Buenos-Aires . . . . . 1560*
— und *O. Neugebauer,* Ein schnellfahrender Schwimmkran mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb. A. . . . . 1668*
*Freund, A.,* Versuche mit Drahtseilen und Seilscheibenlagern für das Schiffshebewerk Niederfinow. A. . . . . 73*
*Frey, E.,* Luegers Lexikon der gesamten Technik. B. . . . . 1659
*Frey, H.* und *R. Frey,* Spannungsermittlung in Druckstäben . . 66*
*Freyberg, M.,* Neuerungen im Bau von Elektrohängebahnen . . 190*
*Freymann, A.,* Verhütung von Motorrückschlägen an Kraftwagen. Rückschlagsichere Andrehkurbeln. A. . . . . 87*
— desgl. Z. . . . . 448
*Freyssinet,* Brücke bei Plougastel 94
*Fricke, R.,* Lehrbuch der Algebra. B. . . . . 1331
*Friebel, P.,* Schwedische Vollbahnlokomotiven. Z. . . . . 52
*Friedrich* s. Pfohl.
*Frisch* und *Seldmair,* Auftauen von Wasserleitungen mit elektrischem Strom . . . . . 1062
*Fritz, H.,* Aus der Werkstelle der Zeitschriften des Vereines deutscher Ingenieure. A. . . 1165*
*Fritz, W.,* s. Jakob.
*Fritzsche,* Bergeversatzwirtschaft des Ruhrkohlenbergbaues . . 443
*Froitzheim,* Luftfilter und Filterwirkung . . . . . 1447*
*Fromm, H.,* Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder kegeligen Rädern. A. . . . . 957, 1029*
*Frommer, L., W. Kuntze* und *G. Sachs,* Der Einfluß von Poren auf die Festigkeit von Spritzguß. A. . . . . 1609*
*Füchsel,* Ziele und Grenzen des Schweißens. Bildbl. 11. A. . 1725*
*Fulda, E.,* Das Kali. B. . . . . 1215
*Funk, A.,* Farbspritzen mit 0,05 at Überdruck . . . . . 625*

*Gaber, E.,* Versuche über die Schubfestigkeit von Holz. A. 932*
*Gaertner, A.,* Abbau mit Selbstversatz. . . . . 992
*v. Gäszler, Th.,* Die Entwicklung der Gasgeräte in der letzten Zeit. A. . . . . 513
*Garbotz, G.,* Leistungsversuche an Betonmischmaschinen . . . 734
— desgl. A. . . . . 773*
*Gardner, H. A.,* Untersuchungsmethoden der Lack- und Farben-Industrie. B. . . . . 1292
*Gascard, E.,* Einachsschleppkran . 728*
*Gau, R.,* Die neue Zentralkokerei auf Zeche Emil, Essen-Altenessen. A. . . . . 437*
*Gayler, M. L. F.,* und *G. D. Preston,* Das Alterungshärten einiger Aluminiumlegierungen 797
*Gehler, W.,* Sicherheitsgrad und Beanspruchung . . . . . 93
— Versuche mit geschweißten Fachwerkträgern. A. . . . 1747*
*Gehlhoff, G.,* Physik der Stoffe. B. 1595
*Geiger, C.,* Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei. Bd. 3. B. . 627
— Die Ausbildung von Gießereifachleuten . . . . . 1142
*Geipert, R.,* Gasindustrie . . . 864*
*Geisler, K. W.,* Asbest und seine Verarbeitung. A. . . . . 716*
— Technische Fortschritte in der Bierbrauerei . . . . . 973
— Ununterbrochen arbeitende Filter und Walzentrockner . . . 1035*
— Schnellgerbverfahren . . . . 1286*
— Natürliche Technik. A. . . . 1617*
— Wirtschaftliche Kartoffeltrocknung. A. . . . . 1711*
*Giesl-Gieslingen, A.,* Die 1 D 2-Heißdampf-Zwillings-Schnellzuglokomotive R 214 der Österr. Bundesbahnen . . . . . 441*
— Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive. Z. . . . . 1793
*Gilles, Chr.,* Die Entwicklung des Gußeisenschmelzbetriebes und des Gattierungswesens während der letzten 50 Jahre . 1141
*Gillrath, J.,* Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- und Auslandes. B. . . 975
*Girkmann, K.,* Knickfestigkeit der Pfosten von K-Fachwerken . 573*
*Gläser,* Motorsägen in der Forstwirtschaft. A. . . . . 1319*
*Glafey, H.,* Mechanische Hilfsmittel zur Veredlung der Baumwolltextilien. B. . . . . 596
*Glauert, H.,* Die Grundlagen der Tragflügel- und Luftschraubentheorie. B. . . . . 1291
*Glinz,* Bau von Gasfernleitungen in den Vereinigten Staaten . . 1437*
*Glocker,* Das Röntgenlaboratorium an der Technischen Hochschule Stuttgart. A. . . . . 637*
*Gödecken, E.,* und *B. Bleicken,* „St. Louis" und „Milwaukee". Die beiden neuen Zweischrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie. A. . . 1045, 1095*
*Goederitz, F.,* Zur Kenntnis der gegossenen Zinn-Kupfer-Legierungen . . . . . 1097*
*Goerner,* Das Technische und das Kaufmännische in der Rationalisierung . . . . . 116
*Goetzcke,* Hindenburgschleuse — Maschinelle Anlagen. A. . . 403*
*Goldmerstein, J.* und *K. Stodieck,* Thermenpalast. B. . . . . 1531
*Goldschmidt, V. M.,* Die Naturgeschichte der Eisenfamilie . . 1101
*Gollmer,* Erfahrungen auf neuzeitlichen Kokereianlagen des Ruhrgebiets . . . . . 111
*Goos,* Schiff- und Schiffsmaschinenbau . . . . . 875
*Gossow, E.,* Heinrich Ehrhardt † . 356*
— Deutsche Verkehrsflugzeuge. A. . . . . 597*
— Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute . . . . . 1099
— Das Dornier-Flugschiff Do X . 1845*
— und *Seidel,* 70. Jahresversammlung des deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern. E. V. . . . . 1317
*Gottschalk, M.,* Fördermittel zum Bekohlen und Besanden von Lokomotiven. B. . . . . 1071
*Gottwein, K.,* Schlosserei und Montage-Arbeitzeitermittlung. B. . . . . 55
*Graetz, L.,* Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. B. . . . . 70
*Graf, O.,* Die wichtigsten Ergebnisse der Versuche mit Betonmischmaschinen. A. . 734, 782*
— Aus neueren Versuchen über die Widerstandfähigkeit von Eisenbetonbalken gegen Schubkräfte . . . . . 1245*
— Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente. B. . . . . 1351
— Aus neueren Versuchen mit Zement, Zementmörtel und Beton. A. . . . . 1401*
— Die Festigkeitseigenschaften des Holzes und ihre Prüfung . 1608
*Grammel, R.,* Kritische Drehzahl und Kreiselwirkung . . . . 1114*
*Griesel, H.,* Rationalisierung und Standardisierung in der Bauindustrie der Vereinigten Staaten von Amerika. A. . . 369*
— Der Bau des Kraftwerks Kearny bei Newark. A. . . . 1119*

Seite

*Grinenko, R.,* und *O. Jsaakian,* Neuere Versuche mit russischen Dampflokomotiven. A. 339*
*Gröber, H.,* H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. B. . . . . 627
*Groß, E.,* Handbuch der Wasserversorgung. B. . . . . 239
*Grün, R.,* Der Hochofenzement und seine Verwendung. B. . 1596
*Grünewald, H.,* Der Kathodenstrahl-Oszillograph und Untersuchungen an Überspannungs-Schutzapparaten . . . . . 30*
— Der gegenwärtige Stand des Blitzschutzes . . . . . 732
*v. Gruenewaldt* s. Ammann.
*Grumbrecht, A.,* Druckluft als Antriebmittel in Steinkohlenbergwerken. A. . . . . 1493*
*Güntherschulze, A.,* Elektrische Gleichrichter und Ventile. B. 1371
*Guertler, W.* und *W. Leitgebel,* Vom Erz zum metallischen Werkstoff. B. . . . . 1372
*Güttner,* Karosseriebau unter besonderer Berücksichtigung der Nichteisenmetalle . . . . . 137
*Guilleaume, A.,* Beziehungen zwischen den Eigenschaften und der Verwendung von Schleifscheiben . . . . . 1832
*Guillemin, J.,* Précis de construction, calcul et essais des avions et hydravions. B. . . . 628
*Guillery,* Die Rhein Main-Donau-Großschiffahrtsstraße . . . 169*
*Gutsche, A.,* Rückwärts arbeitende Schlepperschrauben . . . . 1137*

*de* **H***aas-Lorenz* s. Bremerkamp.
*Haas, M.,* 21. Jahresversammlung des Institute of Metals . . . 797
*Haas, R.,* Speicherbecken und Seenregelung. A. . . . . 1203
*Habann, E.,* Die neuere Entwicklung der Hochfrequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen. B. . . . . 1563
*Haber, F.,* Verbrennungs- und Explosionsvorgänge . . . . . 1619
*Hacker,* Der Ausbau des Hafens II in Bremen . . . . . 1837*
*Hälbig, H.,* Eisenerz-Röstofen mit Gasheizung . . . . . 65*
*Haller, R.,* Chemische Technologie der Baumwolle. B. . . . . 596
*Hanauer, J.,* Gesamtinhaltsverzeichnis der Elektrotechnischen Zeitschrift. B. . . . . 1180
*v. Hanffstengel, G.,* Die Förderung von Massengütern. B. . . . 1722
*Hardy, A. C.,* Motorshipping. B. 739
*Harm,* Holz und Schule . . . . 1634
*Harms* s. Wien.
*Harnisch, G.,* Langlochfräsen in Holz. A. . . . . 1538*
— desgl. B. . . . . 1722
*Harras, O.,* Verpacken leichtzerbrechlicher Waren in Wellpappe. A. . . . . 1063*
*Harriman, N. F.,* Standards and standardization. B. . . . . 771
*Hartmann, Fr.,* Ästhetik im Brückenbau . . . . . 92
*Hartmann, O. H.,* Die Hochdrucklokomotive für 60 at „Bauart „Winterthur". Z. . 1037, 1400, 1680
*Hartner-Seberich,* Der Zündverzug bei flüssigen Brennstoffen. B. 511
*Haßler, Fr.,* Franz Reuleaux . . 1382
*Hatschek, E.,* Die Viskosität der Flüssigkeiten. B. . . . . 1331
*Hausen, H.,* Wärmeaustausch in Regeneratoren . . . . . 431*
*Hausen, J.,* Selbsttätige optische Zugsicherung . . . . . 654*

Seite

— Prüftechnik und Betriebskontrolle in der Zellstofferzeugung . . . . . 1035
*Haußner, K.,* Das Feldgeschütz mit langem Rohrrücklauf. B. . 272
*Hay, A.,* Die Photographie in Wissenschaft und Praxis. B. . 1835
*Hebel, M.,* Selbstanschlußtechnik. B. . . . . 416
*Hecker, E.,* Der Einfluß des Wärmeüberganges auf den indizierten Wirkungsgrad der Gasmaschine. B. . . . . 738
— desgl. . . . . 1357*
*Hedde, P.,* Die Entwicklung der bremischen Hafenanlagen bis 1928. B. . . . . 975
*Hegelmann, E.,* Grundfragen der Physik im Lichte Goethescher Erkenntnisart. B. . . . . 271
*Heidebroek, E.,* Maschinenteile — Neue Forschungen und Erfahrungen . . . . . 357*
— Die Hochschultagung Dresden 1235
— Christoph Eberle † . . . . 1710*
*Heideck, E.,* Die Neu- und Umbauten im Kabelwerk der AEG. A. . . . . 1849*
*Heidecker* s. Feyerabend.
*Heilmann,* Kommunale Technik . 878*
*Heinrich,* Eisenbahnbetriebslehre. B. . . . . 35
*Heinze, R.* und *A. Thau,* Der gegenwärtige Stand der Kohlenschwelung in Deutschland. A. 524*
*Heitmann, E.,* Theorie und Technik der Flugaschenabscheidung. B. . . . . 1799
*Heller, A.,* Vorderachsantrieb für Kraftwagen. A. . . . . 85*
— Stand der Hochdruckdampftechnik . . . . . 345
— Kraftfahrzeuge . . . . . 874
— Durchbildung der Kolben für Kraftwagenmotoren. . . . . 1388*
— Wechselgetriebe französischer Kraftwagen. A. . . . . 1586*
— Gemischvorwärmung bei Motoren für Kraftfahrzeuge . . 1674*
*Hellwig, W.,* Manuskript und Korrektur. B. . . . . 1072
*Helm, G.,* Neuerungen und Fortschritte in der keramischen Industrie. A. . . . . 985*
— 10. Hauptversammlung der Deutschen Keramischen Gesellschaft . . . . . 1831
*Helmuth, S.,* Das Schleudergußverfahren in der Metallgießerei . . . . . 1176
*Hempel, F.,* Verbesserungen an Kammgarnkrempeln. A. . . 301*
*Hengerveld, H., C. P. Disney* und *W. J. Miskella,* Practical railway painting and lacquering. B. 1531
*Henning, F.,* Über Messungen zur Schmelzkurve des Heliums . 1002
*Hentschel,* Aufbereitung von Bastfasern . . . . . 293
*Hentschel, K.,* Normung im Textilmaschinenbau. A. . . . 1232*
*Hentze, J.,* Der Wasserbau. B. . 1492
*Herbst,* Dauerbiegeversuche mit Drahtseilen . . . . . 1623*
*Herberg, G.,* Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes. B. . . . . 351
*Herold, W.,* Über die Beziehungen der Dauerbiegefestigkeit zu den statischen Festigkeitswerten. A. . . . . 1261*
*Herr* s. Kantner.
*Hertle'n, H.,* Das Schaltwerk-Hochhaus Siemensstadt. A. . 1023*
*Herttrich,* Versuchsanlagen für Maschinen und Maschinenteile 361*
*Herwig, B.,* Psychotechnische Methoden im Verkehrswesen. B. 1411

Seite

*Herzenberg, E.,* Die deutsche Mineralöl- Industrie. B. . . . . 1144
*Herzog, A. L.,* Neuere Prüfverfahren für Kunstseide . . . . 1370
*Herzog, E.,* Die Entwicklung der Bauart und Betriebsweise der Roheisenmischer in der Nachkriegszeit . . . . . 1099
*Hetzel, Fr.,* Über die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten . . . . . 1427
— desgl. B. . . . . 1722
*Hetzell, G.,* und *O. Wundram.* Die Grundbautechnik und ihre maschinellen Hilfsmittel. B. . . 1451
*Heyning, C. T. C.,* Die neue Schleuse in Ymuiden. A. . . 741*
*Hickernell, W. F.,* Financial and business forecasting. B. . . 71
*Hilpert, A.,* Werkstoffübergang im Schweißlichtbogen . . . 798*
— und *O. Bondy,* Geschweißte Rohrkonstruktionen. A. . . 805*
*Hoepfner, K. A.,* Grundbegriffe des Städtebaues. B. . . . . 1835
*Höring, O.,* Elektrische Bahnen. B. 1835
*Hoff, H.,* Die Beschickanlagen der Hochöfen und ihr Einfluß auf die Betriebsführung . . . 1099
*Hoff, W.,* Luftfahrt . . . . . 876*
—, *O. v. Dewitz* und *G. Madelung,* Jahrbuch 1929 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof. B. . . . . 1595
*Hoffmann* s. Buchholz.
*Hofmann, W.,* Über Transportwesen in keramischen Betrieben . . . . . 1831
*Holfelder,* Schnellaufender Dieselmotor, Bauart Ricardo . . . 620*
*Hollbach, O,* Neuer Schwingständer für photographische Kammern . . . . . 939*
*Holldack,* Neuerungen im Landmaschinenbau . . . . . 109*
— desgl. Z. . . . . 187, 269
*Holm, O.,* Selbstsaugende Brennstoffpumpe mit kettenschlüssigem Antrieb für Dieselmotoren 410*
*Holz, F.,* Verladen und Lagern umladeempfindlicher Schüttgüter. Z. . . . . 1037
*Honda, K.,* Magnetic properties of matter. B. . . . . 35
*Honegger, E.,* s. a. Twyman.
— Festschrift Prof. Dr. A. Stodola. B. . . . . 658
*Horn, E.,* Handtachometer . . . 347*
*Hort, H.,* Stoßdämpfeinrichtung für Förderseile . . . . . 507*
*Hort, W.,* s. a. Auerbach.
— Physikertagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte . . . . . 408
— Tagung des Schwingungssausschusses des Vereines deutscher Ingenieure in Göttingen 1487
— Bekämpfung des Verkehrslärms . . . . . 1650
*v. Hossle, F., Korn, Fr. Mosel, E. Opfermann* und *L. E. Walter,* Geschichte des Papiers. Die Roh- und Halbstoffe. B. . . 1868
*Hottinger, M.,* Die Heizungs- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudearten. B. . 627
*Hund, A.,* Hochfrequenzmeßtechnik. B. . . . . 107
*Huppert, O.,* Kohlenauswahl und Kokseigenschaften. A. . . . 1293*

***I****llies, H.,* Sondermaschine für die Herstellung von Gebäudesäulen . . . . . 1136*
— Die Ausbesserung von Hochofenschächten bei der Société Cockerill . . . . . 1796*

Seite

*Immerschitt, E.*, Ein neues Trio-Block- und Brammenwalzwerk *1243**
— Halbkontinuierliches Walzwerk für Bandeisen. A. . . . . *1333**
*Immler, W.*, Leitfaden der Flugzeugnavigation. B. . . . . 383
*Isaakian* s. Grinenko.
*Isermann, F.*, Englische Verkehrs- und Kriegsflugzeuge auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung London 1929. A. . . *1541**

*Jäger, E.*, Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit. Z. *972**
*Jaekel, W.*, Kabelprüfwagen der Deutschen Reichsbahn . . . *971**
*Jahncke, O.*, Die ostpreußische Elektrizitätsversorgung. A. . 849*
*Jakob, M.*, Thermische Eigenschaften und thermodynamische Vorgänge. A. . . . . 82*
— Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen von Sattdampf für Temperaturen bis 210 °C 82, 504*
— desgl. B. . . . . 176
— Arbeiten im Ausschuß für Wärmeforschung . . . . . *1202*
— Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1928 . . . . . *1570*
— Rahmentafeln für Wasserdampf . . . . . *1856*
— und *S. Erk*, Der Wärmeübergang beim Kondensieren von Heiß- und Sattdampf. B. . . 176
— desgl. . . . . 761*
— *S. Erk* und *H. Eck*, Der Wärmeübergang in einem waagerechten Rohr beim Kondensieren von Satt- und Heißdampf. A. *1517**
— und *W. Fritz*, Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen von Sattdampf zwischen 210 und 250 °C. A. . . . . 629*
— und *Fr. Kretzschmer*, Die Durchflußzahlen von Normaldüsen und Normalstauröndern für Rohrdurchmesser von 100 bis 1000 mm . . . . . 935*
*Jellinek, K.*, Lehrbuch der physikalischen Chemie. B. . . . 239
*Jendrassik, G.*, Verfahren zum Anlassen kleiner Dieselmotoren. A. . . . . *1027**
*Joachimssohn* s. Buchholz.
*Johannsen, O.*, Textile Rationalisierungsfragen. A. . . . . 274
*Joosting, Jr.*, Die Hubbrücke über den Koningshaven in Rotterdam. A. . . . . *1597**
*Josse, E.*, Untersuchungen am Bensonkessel. A. . . . . *1815**
*Jühne, E.*, Spritzpistole für Metallpulver . . . . . *1350**
*Jünger, E.*, Luftfahrt ist not! B. . 352

*Kühne*, Toleranzen bei elekschen Maschinen und Apparaten *1654**
*Kamm, W.*, Über Fesselballone und kleine Lenkballone. A. . *1355**
*Kammer*, Tagung des deutschen Eisenbauverbandes . . . . 138
*Kammerer, O.*, Franz Reuleaux als Hochschullehrer. A. . . *1769**
*Kantner, C.*, s. a. Rimarski.
— und *A. Herr*, Röntgenverfahren zur räumlichen Ausmessung von Fehlstellen in Werkstoffen. A. . . . . 811*
*Karas*, Näherungsrechnung für kritische Drehzahlen. Z. . . 205*
*Karsten, A.*, Feuerlöschen mittels Schaum und Kohlensäureschnee . . . . . *1322**
*Kayser, H.*, Über Fundamentschwingungen. A. . . . . *1305**
*Kearton* s. B. Eck.

Seite

*Keinath*, Die Fernmessung im Betriebe der Elektrizitätswerke . *1260*
*Keller, H.*, Karl Keller † . . . 91*
*Kempf*, Formgebung der Schnelldampfer . . . . . *1862*
*v. Kerpely*, K., Qualitätsfragen im Elektrostahlwerk . . . . . *1140*
*Kersten, C.*, Die „Lehrschau Holz" in Königsberg . . . *1085**
— Russische Brückenuntersuchungen . . . . . *1327*
— Die neuzeitlichen Holzbauweisen und ihre Beziehungen zum Unterricht der höheren Baugewerkschulen . . . . *1634*
*Kickebusch*, Betriebswirtschaftliche Überwachung einer Zeche 443
*Kiehne, F.*, Instandsetzung und Verlängerung des Trockendocks VI der Deutschen Werke A.-G., Kiel . . . . . 735
*Kießkalt, S.*, Neuere Ergebnisse über die Druckzähigkeit von Ölen . . . . . *1502**
*Kippenberger, A.*, Die Kunst der Ofenplatten. B. . . . . 802
*Kirchhoff, R.*, Die Statik der Bauwerke. B. . . . . 512
*Kirstein, W.*, Elektrische Arbeit in der amerikanischen Landwirtschaft . . . . . *1118*
*Kissinger, H.*, Kreiselpumpensätze für ein Höchstdruck-Kraftwerk. A. . . . . 393*
*Klaiber, E.*, und *W. Lippart*, Die elektrische Ausrüstung des Kraftfahrzeuges, 1. T.: Zündung. B. . . . . 415
*Klebs*, Verhütung von Doppelfäden an Spinnmaschinen . . *1653**
*Klein, L.*, Vorträge über Hebezeuge. B. . . . . 596
— Reibung in Gleit-, Rollen- und Kugellagern bei aussetzendem Betrieb. A. . . . . *1499**
*Klein, P.*, Lufthydraulische Nietmaschine . . . . . *992**
*Kleinlogel, A.*, und *G. Sigmann*, Der durchlaufende Träger. B. *1179*
*Klüsener O.*, Untersuchungen zur Dynamik des Zündvorganges. B. . . . . 143
*Kluge, J.*, und *H. E. Linckh*, Piezoelektrische Messungen von Druck- und Beschleunigungskräften. A. . . . . *1311**
*Knoch, C.*, Handbuch der neuzeitlichen Milchverwertung. B. . 36
*Köhler, E.*, Betriebserfahrungen in der Kunstseidenindustrie . *1529*
*Köhler, W.*, Moderne Lichttechnik in Wissenschaft und Praxis . 473
*Koenig, O.*, Wasserbedarf und Wasserbeschaffung. A. . . . 548
— Neuerungen auf dem Gebiete der chemischen Trinkwasserreinigung und über die jetzige Anwendung von aktiver Kohle und Erde . . . . *1318*
*Königs*, Der internationale Vertrag zum Schutze des menschlichen Lebens auf See . . . *1861*
*Körber, Fr.*, Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung. B. . . . . *1106*
*Köttgen, C.*, Grundsätzliches über Fließarbeit . . . . . 125
— Vom Berufsgewissen des Ingenieurs. A. . . . . *1073**
*Koppe*, Aufgaben und Möglichkeiten der Anwendung ultraroter Strahlen im Verkehrswesen . *1859*
*Koppenhöfer, A.*, Geschweißte Konstruktionen im Flugzeugbau. A. . . . . *1727**
*Korn* s. v. Hossle.
*Kosack, E.*, Elektrische Starkstromanlagen. B. . . . . 479

Seite

*Kothe, E.*, Sicherheit im Betrieb. Zur Reichs-Unfallverhütungswoche, 24. Februar bis 3. März 1929. A. . . . . 241*
— Technisches Schulwesen. Ausbildungsfragen . . . . . *1288*
— Holz in Betrieb und Konstruktion . . . . . *1585*
— Arbeitsführung nach gesundheitlichen Gesichtspunkten . . *1616*
*Kraemer, M. H.*, Hochfrequenzofen mit umlaufender Funkenstrecke und veränderlicher Schwingungszahl . . . . . 170*
— Der eisenlose Induktionsofen unter besonderer Berücksichtigung von Sonderausführungen *1140*
*Kraft*, Die Höchstdruckturbine, eine Baustofffrage . . . . . 345
*Krau, K. F.*, Betriebskennziffern amerikanischer Elektroöfen . *1141*
*Krauß*, Erfahrungen aus dem Betriebe von Kurbelmaschinen 360
*Krebs, P.*, Die Verwertung von Zellpech in Staubfeuerungen. A. . . . . *1115**
*Krekeler* s. Wallichs.
*Kretzschmar, B.*, Die Londoner Brennstofftagung 1928. Rostfeuerungen für Dampfkessel. A. 261*
*Kretzschmer* s. Jakob.
*Krohne, E.*, Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten. B. . *1799*
*Kron, O.*, Plattenbehälter für Flüssigkeiten . . . . . 100*
*Kruckow* s. Feyerabend.
*Krüger, F. A. O.*, Über Farbenmessung . . . . . 465*
*Krüger, O.*, Die Illustrationsverfahren. B. . . . . *1723*
*Krug, C.*, Die Stahlbauweise im Maschinenbau. A. . . . . 14*
— Schwere Flächenschleifmaschine 346*
— Bestimmung der Brucheigenschaften gekörnter Schleifmittel. A. . . . . *1707**
*Krumme, W.*, Gleitwiderstände in Fadenführungen. A. . . . . 303*
*Kübler* und *Niethammer*, Verwertung von Zellpech in Staubfeuerungen. Z. . . . . *1474*
*Kühne, G.*, Das Landmaschinenwesen als Lehrgebiet für Ingenieure. Landmaschinen-Laboratorium der Technischen Hochschule, München. A. . . 449*
*van Kuffeler, de Bloco, V. J. P.* Der Abschlußdamm der Zuidersee. A. . . . . *1041**
*Kuhn, O.*, Das neue Fernamt in Berlin. A. . . . . 709*
*Kulka, H.*, Der Eisenwasserbau, 1. Bd.: Theorie und Konstruktion der beweglichen Wehre. B. . . . . 415
*Kuntze*, s. a. Frommer.
— Zur Festigkeit im Schraubengewinde . . . . . 469*
*Kurrein, M.*, Aufzeichnung schneller Schwingungen. Z. . . *1155**
*Kusminski* s. Martens.
*Kutzbach*, Praktische Riemenversuche . . . . . 363

*Laas*, Schwimmfähigkeit der Fahrgastschiffe nach Havarien und ihre internationale Regelung . . . . . 376
*Landsberg, Fr.*, Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen. B. . . . *1692*
*Landsberg, W.*, Die Wanderausstellung „Technik im Heim" 523
— Die deutschen Ingenieure in Danzig und Königsberg. Verlauf der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, 21. bis 24. Juni 1929. A. . . . . *1082**

Seite

*Langbein*, Moderne Abwasserreinigungsanlagen in England und Amerika . . . . . 29
*Lange, O.*, Technik der Emulsionen. B. . . . . 771
*Larchevêque, M.*, Fabrication industrielle des porcelaines. B. 240
*Larsen, B. M., F. W. Schroeder, E. N. Bauer* und *J. W. Campbell*, Feuerfeste Baustoffe in Siemens-Martin-Öfen. B. . . *1800*
*v. Laßberg*, Wärmewirtschaft in der Zellstoffindustrie. A. . . *1380**
*Laudien, K.*, Erziehung zum werkstattgerechten Konstruieren. A. 757*
*Lehmann, L.*, Die deutschen Forschungsstätten. B. . . . . 383
*Leitgebel* s. Guertler.
*Leitner*, Die 1 D 2-Tenderlokomotive der tschechoslowakischen Staatseisenbahn . . . . . *1136**
*Lenard, P., F. Schmidt, R. Tomaschek* und *A. Becker*, Phosphoreszenz und Fluoreszenz. B. 382
*Lenhart, E.*, Dampfkesselfeuerungen für Braunkohle. B. . . . 271
*Leo*, Erweiterung der Straßenbrücke über die Norderelbe . 139
*Lessels* s. Timoshenko.
*Levy, F.*, Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren . . . *1512*
— desgl. B. . . . . *1722*
*Lewinnek*, Gleichstrom-Doppelmaschinen für 12 000 kW . . . 765*
*Lich, O.*, Das mechanische Schaben . . . . . *1207**
*Lichtenberger, B.*, Neuzeitliche städtische Milchversorgung. A. 787*
— Die Planung städtischer Milchversorgungsbetriebe. B. . . *1216*
*Lihotzky, E.*, Photographische Objektive. Z. . . . . 962
*Lilley, E. R.*, The geology of petroleum and natural gas. B. . *1252*
*Linckh* s. Kluge.
*Lindemann, H. W.*, und *F. Loewenberg*, Hochdruck-Dampfomnibus . . . . . *1138**
*Lindner, W.*, Optische Untersuchungen von Explosionsvorgängen . . . . . 83
— Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme in Gasgemischen 648*
*Link, E.*, Wasserreinigung und Wasseraufbereitung. A. . . 553
— Aufgaben der deutschen Wasserversorgung . . . . . *1671**
*Lippart* s. Klaiber.
*Lippisch* s. Stamer.
*Lischka, A.*, Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen? B. . . *1371*
*List, H.*, Kurbelkastenspülung für Zweitaktmotoren. A. . . . 225*
*Lister, B.*, Practical steelmaking. B. . . . . 771
*Loch, R.*, Staubexplosionen. A. . 247
*Lochtkemper* s. Teleky.
*Lockhart, L. B.*, American lubricants . . . . . 659
*Löffl, K.*, Neue Anwendungsmöglichkeiten des Dispersoid-Druckverfahrens in der Fabrikation von Speiseölen und Fetten . . . . . *1620*
*Löwe, Fr.*, Atlas der letzten Linien der wichtigsten Elemente. B. *1411*
*Loewenberg, F.*, s. a. Lindemann.
— Die Kräfte im Triebwerk von Dreizylinderlokomotiven. A. . *1417**
*Löwenstein*, Die Verwendung der Nichteisenmetalle im Kühlerbau . . . . . 137
*Löwy, R.*, Druckschwankungen in Druckrohrleitungen. B. . . 382
*Lohse, U.*, Gegenwartsfragen der Gießereien . . . . . *1140*
— Die Druckluft-Formpresse. A. *1181**

Seite

— Versuche an einer Naßputzanlage . . . . . *1516*
*Lohrisch, W.*, Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche. B. . . . *1722*
— desgl. . . . . *1780**
*Lomonossoff, G.*, Diesellokomotiven. B. . . . . *1039*
*Lorch, W.*, und *F. Sommer*, Rechnungswesen und technischer Betrieb B. . . . . *1143*
*Lorenz, M.*, Aluminiumlegierungen im Motorenbau . . . . 267*
*Lorenz, R.*, Hochdrucklokomotiven „Schmidt" und „Winterthur". Z. . . . . *1400*
*Lottes, H.*, Die Herstellung von Kakaopulver. A. . . . . 60*
— Die Herstellung von Schokolade. A. . . . . 364*
*Luchsinger, E.*, Hochdruck-Wasserkraftanlage Vermunt . . . 827*
— Druckölsteuerung für Dampfmaschinen . . . . . *1559**
*Lucke, M.*, Höhere Leistungen an gewaschener Feinkohle bei Schwimmaufbereitung der Schlammkohle. A. . . . . *1345**
*Ludwig, B.*, Was bringt uns die Ausstellung im Gasfach? . . *1317*
*Ludwig, L.*, Ein neuartiger Holzgreifer . . . . . *1174**
— Neuer Wippkran von Mohr und Federhaff . . . . . *1716**
*Ludwik, P.*, Dauerversuche an Werkstoffen . . . . . *1801**
*Lübcke, E.*, Akustik neuzeitlicher Sprechmaschinen. A. . . . 333*
*Lüssenhop, R.*, Das Unterpatent . 250
*Luft, W.*, Zellenbeton als hochwertiger Isolierstoff . . . . 998*
*Lummer*, s. Eucken.
*Lutze*, Technisches Schulwesen in Ostpreußen . . . . . *1634*

***M****adelung* s. Hoff.
*Mäder, M.*, Bordgeräte im neuzeitlichen Verkehrsgroßflugzeug . . . . . 733*
*Maercks, J.*, Die Streckenbewetterung durch Lutten mit selbständigem Bewetterungsantrieb. A. . . . . *1549**
*Mangold, Gg.*, Leistungs- und Zugkraftkurven der Diesellokomotive. A. . . . . 729*
*Mann, A.*, Untersuchungen von Räumnadeln mit verschiedenen Schnittwinkeln und Fahnebreiten. B. . . . . *1867*
*Mann, V.*, Rohre. Unter besonderer Berücksichtigung der Rohre für Wasserkraftanlagen. B. . . . . 447
*Marcus, A.*, Grundlagen der modernen Metallwirtschaft. B. . *1332*
*Marguerre, F.*, Technisches und Wirtschaftliches über die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim . . . . 345
— desgl. A. . . . 913, *993*, *1069**
*Mark, H.*, Struktur der Zellulose und ihre technische Auswirkung . . . . . *1369*
*Martens, Wolfsohn, Weiß* und *Kusminski*, Technische Enzyklopädie. B. . . . . *1564*
*Masing, G.*, Technische Probleme bei der Erstarrung der Metalle *1176*
— Zur umgekehrten Blockseigerung bei Duralumin. . . . *1177*
*de Massacré* s. Audubert.
*Matejka, E. A.*, Ursachen von Oberflächenrissen an Blechen und deren Vermeidung . . *1100*
*Matschoß, C.*, Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. B. . . . . *1834*

Seite

*Mattern, E.*, Erd- und Wasserbau 871*
*Matthias, Th.*, Der große Duden. B. . . . . *1143*
*Matula* s. Oppenheimer.
*Maul, F.*, Getriebepraxis bei Verpackmaschinen. A. . . . . 481*
— desgl. Z. . . . . *1213*
*Mauz, E.*, Neuere Webverfahren, Bildbl. 1. A. . . . . 285*
— Faserstoffindustrie . . . . 870*
*Mecke*, Straßenbahn-Leichtgewichtmotor . . . . . 708*
*Mehne, E.*, Handbuch für Luftfahrt und Luftfahrt-Industrie. B. . . . . 942
*Meineke, F.*, Leerlaufeinrichtungen an Lokomotiven. A. . . 726*
— Eisenbahnfahrzeuge . . . . 874*
— Die Anforderungen des Lokomotivbaues an den Dieselmotor. A. . . . . *1509**
*Meißner, F.*, Eisenschwamm nach dem Smith-Verfahren . . . *1328*
*Meister, E.*, Textiltechnik. A. . 273
— Die Bedeutung der Luftbefeuchtung in Baumwoll-Spinnereien und -Webereien . . 308
— Fragen der Kunstseidenindustrie . . . . . *1369*
*Melan, H.*, Näherungsrechnung für kritische Drehzahlen . . . . 205*
*Meldau, R.*, Staubbeseitigung in Textilbetrieben. A. . . . . 310*
— Eigenschaften und Verwertung von Holzstaub und Holzmehl. A. . . . . *1315**
*Meller, E. M.*, Getreidemühlen. A. . . . . 37, 131*
*Memmler, K.*, M. Rudeloff † . . *1267**
*Menzel, W.*, Ein neuer Kernofen. *1286**
*Merkel, F.*, Gustav Anton Zeuner und die technische Wärmelehre. A. . . . . 45*
— und *Fr. Bošnjakovic*, Diagramme und Tabellen zur Berechnung der Absorptions-Kältemaschinen. B. . . . . *1251*
*Merz, L.*, Feuerschutz in Häusern und Betrieben. B. . . . . 596
*Metzeltin, E.*, Neuere Bestrebungen im amerikanischen Lokomotivbau. A. . . . . *1087*, *1059**
*Meyer, P.*, Mischungsverhältnis und Verbrennungsvorgänge im Ölmotor. A. . . . . 824*
— desgl. . . . . *1055*
*Meyer, P.*, und *W. Stollenwerk*, Poröse Steine zum Reinigen von Gasen . . . . . 412*
*Meyersberg, G.*, Edelguß. B. . . *1722*
*Michaelis* s. Wolf.
*Michenfelder, C.*, Aus der neueren Entwicklung der Fördertechnik. A. . . . . 251*
— desgl. Z. . . . . *1104*
*Miozzi, E.*, Manufatti stradali. B. *1412*
*v. Mises, R.*, Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit. B. . 352
*Miskella* s. Hengerveld.
*Modersohn*, Praktische Berechnung von Pleuelstangen . . 360
*Mörsch, E.*, Der Eisenbetonbau. B. . . . . *1452*
*Moll, F.*, Das Schiff in der bildenden Kunst. B. . . . . *1723*
*Mollier, R.*, Das *ix*-Diagramm für Dampfluftgemische. A. . . *1009**
*Momm, O.*, Das Gruppenwasserwerk der Bürgermeisterei Lutzerath, Kreis Cochem an der Mosel. B. . . . . *1595*
*Mosel* s. v. Hossle.
*Moyer, J. A.*, Steam turbines. B. *1143*
*Müller, A. E.*, Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben. B. . . . *1627*
— desgl. . . . . *1656**

Seite

*Müller, C.,* Die praktischen Aussichten der Benutzung ultraroter Strahlen für das Verkehrswesen vom Standpunkte der Wissenschaft und Forschung . . . . . *1859*
*Müller, E.,* Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Bd. 2. B. . . *1291*
*Müller, F.,* Die Fortschritte im Steinzeugmaschinenbau . . . *1832*
*Müller, F. O.,* Beschleunigungsverhältnisse beim sphärischen Kurbeltrieb und verwandten Mechanismen. A. . . . . 117*
*Müller, H.,* Einiges über Lagermetalle auf Blei-Antimon-Zinn-Basis . . . . . *1177*
*Mueller, H.,* und *H. Peters,* Durchflußzahlen der Normaldüse . 966*
*Müller, H. R.,* Neuere Hubwagen 799*
*Müller, W.,* Doppelquellen in der ebenen Strömung . . . . . *1022*
*Müller, Wilh.,* Mathematische Strömungslehre. B. . . . . *1070*
*Münzinger,* Wirtschaftlicher Dampfdruck für Elektrizitätswerke unter Berücksichtigung des Löfflerkessels . . . . 345
*Mundt, R.,* Ermüdungsbruch und zulässige Belastung von Wälzquerlagern. A. . . . . 53*
— desgl. Z. . . . . 116

*Naderer,* Fahrleitungen für Vollbahnen. Bildbl. 3 und 4. A. . 697*
*Nägel, A.,* Wärmekraftmaschinen . 853
*Nagel,* Die Bauverfahren für Landstraßen. Z. . . . . 136
*Nahnsen, J.,* Die Praxis der planmäßigen Entwässerung im Braunkohlenbergbau. B. . . 659
*Naske, C.,* Neuerungen in der Hartzerkleinerung. A. . . . *1781**
*Nathusius,* Die Erzeugung von synthetischem Grauguß im Elektroofen . . . . . *1141*
*Neese, H.,* Schweißen im Maschinenbau. A. . . . . *1738**
*Neesen* s. Akademischer Verein Hütte.
*Nettmann, P.,* Vergleichende Versuche mit Farbspritzpistolen . 828*
— desgl. B. . . . . *1371*
*Neuberg, E.,* Technik im Warenhaus. Der neue Karstadtbau in Berlin-Neukölln. A. . . *1693**
*Neugebauer* s. Frenzen.
*Neumann, K.,* Untersuchungen an der Dieselmaschine. B. . . . 143
*Nicthammer, F.,* s. a. Kübler.
— Selbsttätige Lichtbogen-Schweißmaschinen. A. . . . 209*
— Elektrotechnik . . . . . 856*
— desgl. Z. . . . . *1098*
— Neue elektrische Großmaschinen . . . . . *1247**
— Deion-Luftschalter . . . . . *1287**
— Elektrizität im Hause. B. . . *1292*
*Nikuradse, I.,* Strömung des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen . . . . *1423**
— desgl. B. . . . . *1658*
*Nippert, H.,* Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen . . . . . *1391*
— desgl. B. . . . . *1658*
*Noack, F.,* Neuerungen im Funkwesen . . . . . 95*
— Die Schwächung drahtloser Wellen über Städten . . . . 378*
— Elektrisches Nachrichtenwesen 877*
— Ultrakurze Wellen . . . . . *1005**
— Die Ergebnisse der Funktagung im Haag . . . . . *1673*
— Das Fernsehen in Deutschland. A. . . . . *1703**

Seite

*Nordmann, H.,* Die Kohlenstaublokomotive. Die beiden deutschen Bauarten und die bisherigen Versuchsergebnisse der AEG-Lokomotive. A. . . 951*
— Die Leistungstheorie der Lokomotive in ihrer Entwicklung. A. . . . . *1413*
*Nugey, A. L.,* Oil refinery specifications. B. . . . . 738
*Nullau,* Der Linealspinnregler. A. 318*
*Nußelt, W.,* Wärmeleitung pulverförmiger Körper . . . . 82*
— Der Stoßverlust an plötzlichen Erweiterungen in Rohren beim Durchfluß von Gasen und Dämpfen . . . . . 763*
— desgl. Z. . . . . *1588**
— Die Wärmeabgabe eines waagrecht liegenden Drahtes oder Rohres in Flüssigkeiten und Gasen. A. . . . . *1475**

*Obermüller, H.,* Über Kokillenguß. A. . . . . 613*
— desgl. B. . . . . *1491*
*Oberste-Brink,* Das Wesen der Einwirkung des Bergbaues auf die Erdoberfläche . . . 445
*Oertel, F.,* Über die Geschwindigkeitsregelung bei den Ringspinnmaschinen. A. . . . . 313*
*Oesterlen,* Wasserkraftmaschinen und -anlagen . . . . . 855*
*Oetken, F. A.,* Spülgasschwelung. A. . . . . 229*
*Ohl,* Elektrische Industrielokomotiven . . . . . 704*
*Ohmann, O.,* Zwei Explosionen durch Wasserstoff-Stahlflaschen 264*
— Die Gasbehälterexplosion am Wedding zu Berlin . . . . 349
*Ollendorff* s. Carson.
*Olsen,* Untersuchungen über die Zugfestigkeit von Zementmörtel und Beton . . . . . 734
*Opfermann* s. v. Hossle.
*Oppenheimer, C.,* und *J. Matula,* Kurzes Lehrbuch der Chemie in Natur und Wirtschaft. B. 447
— und *L. Pincussen,* Die Methodik der Fermente. B. . . 71. 628
*Ornstein, M.,* The rôle of scientific societies in the seventeenth century. B. . . . . *1723*
*Ossberger, F.,* Verhütung von Motorrückschlägen an Kraftwagen. Z. . . . . 448
*Ostertag, P.,* Die Entropie-Diagramme der Verbrennungsmotoren. B. . . . . 511
— Pumpen und Kompressoren . 859*
*Ostwald, W.,* Grundsätzliches zur Geschichte der Technik. A. . 1*
— Der biologische Faktor in der Technik. A. . . . . *1149*
*Otto, P.,* Technischer Literaturkalender. B. . . . . *1071*
*Ower, E.,* The measurement of air flow. B. . . . . 143

*Pabst, W.,* Aufzeichnen schneller Schwingungen nach dem Ritzverfahren. A. . . . . *1629**
*Pacher, F.,* Das Gießen von Stahlblöcken . . . . . *1099*
*Pactzold, M.,* 50 Jahre deutscher Aufzugtechnik. A. . . . . 945*
*Parey,* Hochschulkursus Darmstadt, 2. bis 11. April 1929 . *1035*
— Besuch der Technischen Hochschulen und Bergakademien im Winterhalbjahr 1928/29 . . *1067**
— Weltfernsprechverkehr / Großkraftversorgung, Elektrotagung Aachen . . . . . *1365**
— Sondereinrichtungen im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule München *1832**

Seite

*Paschke, M.,* Die Ausbildung von Gießereifachleuten. . . . *1142*
*Paseukas, V.,* Wirtschaftliche Überlegungen bei Anschaffung und Betrieb elektrischer Widerstandöfen . . . . . *1287*
*Pauling, H.,* Elektrische Luftverbrennung. B. . . . . *1215*
*Peiseler, G.,* Richtige Akkorde. B. . . . . 833
*Pelekmann, Fr.,* Neuzeitliche Riemenprüfung. A. . . . *1425**
*Peters, H.,* s. Mueller.
*Peters, J.,* Sechsstellige Tafel der trigonometrischen Funktionen. B. . . . . 383
*Petersen, O.,* Fortschritte in den metallurgischen Hüttenbetrieben . . . . . *1460*
*Pfleiderer, C.,* Der gegenwärtige Stand des Kreiselpumpenbaues. Formgebung und Berechnung der Schaufeln. A. . . . . 126*
— Besonders kennzeichnende Bauformen. A. . . . . 177*
*Pfohl, E.,* und *E. Friedrich,* Die Deutsche Wirtschaft in Karten. B. . . . . 660
*Picard, A.,* Précis de brevetabilité. B. . . . . *1412*
*Pidoux* s. Rey.
*Pietzker, E.,* Patentgesetz und Gebrauchsmusterschutzgesetz. B. *1332*
*Pigeaud, G.,* Bemessung zentrisch und exzentrisch gedrückter Stäbe auf Knickung . 93
*Pincussen* s. Oppenheimer.
*Pirath,* Verkehrsproblem der Gegenwart . . . . . *1405**
*Piwowarsky, E.,* Wie ist der basische Stahlschmelzofen gegenüber dem sauer zugestellten metallurgisch zu bewerten? . *1142*
*Planck, M.,* Aus der neuen Physik. A. . . . . 353
*Plank, R.,* Wärmediagramme für feste, flüssige und gasförmige Kohlensäure . . . . . 82
— Herstellung und industrielle Verwertung fester Kohlensäure. A. . . . . 221*
— Kältetechnische Forschung . . *1002*
— Messungen der Zähigkeit von Salzlösungen bei verschiedenen Temperaturen und Konzentrationen . . . . . *1002*
*Ploppa, Th.,* Aufgaben des Betriebsingenieurs in Heilanstalten. A. . . . . 753*
*Pockrandt, W.,* Mechanische Technologie für Maschinentechniker. B. . . . . *1179*
*Pötter,* Einfluß der Kopfform von Schaufelprofilen bei Kreiselrädern auf die Kavitation. . *1123**
*Pohlhausen* s. Carson.
*Pollok, O.,* Elektrischer Antrieb von Karusselldrehbänken . . *1324**
*Pomp, A.,* Mechanische Eigenschaften von Stahlguß bei erhöhten Temperaturen . . . 102*
— Festigkeits- und Gefügeuntersuchungen an kaltgewalzten und geglühten Bandstählen verschiedener Vorbehandlung . *1448**
— Einfluß der Stichabnahme und der Glühtemperatur auf kaltgewalzte Feinbleche . . . . *1488**
— Blankglühen von Stahl im elektrischen Ofen . . . . . *1526**
*Porstmann, W.,* Das Handbuch der Karteitechnik. B. . . . . *976*
*Prandtl, L.,* Einfluß stabilisierender Kräfte auf die Turbulenz *1625*
*Pressel, K.,* Die Vorausbestimmung der Gesteintemperatur im Innern von Gebirgsmassiven. A. . . . . 162

Seite

*Preston* s. Gayler.
*Preuß*, Abwasserrückgewinnung in Walzwerken . . . . . 105*
*Probst, E.*, Eisenbeton im Industriebau. A. . . . . 977*
— und *H. Brandt*, Probleme des Betonstraßenbaues. B. . . . *1070*
*Prockat*, Die Pittsburgher Internationale Kohlentagung . . 235
— Neuerungen in der Gewinnung und Veredlung von Torf . . 407
— Die Gaswirtschaft auf deutschen Hüttenwerken . . . 538
— Ölbergbau in den Vereinigten Staaten von Amerika . . . 592*
— Fortschritte der Kohlenaufbereitung . . . . . 801
— Bergbau und Brennstoffe . . 861*
— Braunkohlentrocknung nach dem Verfahren von Fleißner . *1299*
— Schrappereinrichtungen für Unter- und Übertagebetriebe. A. . . . . *1789**
*Puppe, J.*, Entwicklungslinien der Walzenstraßen . . . . . *1100*

*Quigley, H.*, Power resources of the world. B. . . . . *1143*

*Rasche, A.*, Lehrbuch für Installateure und Techniker des Gasfaches. B. . . . . *1215*
*Rausch, E.*, Neuzeitliche Flaschenkellereimaschinen. A. . . . *1253**
*Redlich, K. A., K. v. Terzaghi* und *R. Kampe*, Ingenieurgeologie. B. . . . . *1692*
*Rehbock, A.*, Wassermessung mit scharfkantigen Überfallwehren 817*
*Reiche*, Die Ausbildung des Schubtransformators für Spannungsregelung in Großkraftnetzen . 1260
*Reithinger*, Saisonschwankungen und Vertriebsplanung . . . *1444*
— Die Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich im Jahre 1928 . . . . . *1478*
*Reitmeister*, Die Entwicklung eines neuen Desoxydations- und Schmelzverfahrens für Metalle, insbesondere für Kupferlegierungen . . . . . *1141*
*Retterath, V.*, Der Praktiker in der Werkstatt. B. . . . . 384
*Reudler* s. Bruins.
*Rey, A. A., J. Pidoux* und *Ch. Barde, La* science des plans de villes. B. . . . . *1331*
*Richter, L.*, Verbrennungsmotoren und ihre Brennstoffe . . *1021*
— Geschwindigkeit der Entzündung brennbarer Flüssigkeiten in der Luft . . . . . *1241**
*Richter, O.* und *R. v. Voß*, Bauelemente der Feinmechanik. B. 382
*Rieppel, P.*, Wirtschaftlichkeitszahlen einiger Flugzeuge. A. *1513*
*Rimarski, W.*, Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf das Schweißen *1467**
— *C. Kantner* und *E. Streb*, desgl. B. . . . . *1451*
*Ring, H.*, Mischmaschinen für den Straßenbau. A. . . . . 461*
*Ritter, H.*, Kostenberechnung im Ingenieurbau. B. . . . . *1659*
*Ritz, C.*, Die Lichtbogenschweißung im Elektro-Maschinenbau. A. . . . . *1740**
*Rötscher, F.*, Einheitliche Beziehungen der Festigkeitsbegriffe . . . . . 362
— Ermittlung der Gegenflanke bei gegebenem Zahnprofil. A. *1469**
— Die Maschinenelemente. 2. Bd. B. . . . . *1563*

Seite

*Rosenberg, E.*, Elektrisch geschweißte Eisenkonstruktionen. A. . . . . *1742**
*Rosenthal-Deussen* s. Teleky.
*Rosin, P.*, Die Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz, London 22. September bis 6. Oktober 1928. A. . . . . 9
— Thermodynamik der Staubfeuerung. A. . . . . 719*
— und *R. Fehling*, Das It-Diagramm der Verbrennung. B. *1070*
*van Rossum*, Technische Tagung des Vereins für die bergbaulichen Interessen des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaus . . . . . 442
*Rothhaas, L.*, Verkehrsprobleme der Gegenwart . . . . . *1405**
— Elektrische Omnibusse mit Fahrdrahtbetrieb . . . . . *1828**
— Ultrarote Strahlen zur Signalgebung und Orientierung im Nebel . . . . . *1859*
*Rothmann*, Drucklufterzeugung vor Ort. A. . . . . *1647**
*Rubin, A.*, Kabelkrananlage mit Betongießbühne beim Bau der Staumauer Spitallamm des Grimselspeicherbeckens. A. . 427*
*Rüdenberg, R.*, Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen. B. . *1867*
*Rühl, A.*, und *O. Ulrichs*, Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel. B. . *1564*
*Rühl, K. H.*, Die nordamerikanische Luftfahrt im Jahre 1928 593*
— Der amerikanische Verkehrsflugzeugbau. A. . . . . *1603**
*Ruffer, W.*, Industriebeleuchtung. A. . . . . *1361**
*Rupp, E.*, Das Wesen des Elektrons. A. . . . . *1109**
*Ryba, G.*, Handbuch des Grubenrettungswesens. 1. Bd. B. . . 942

*Sachs, G.*, s. a. Frommer.
— Die Bruchgefahr spröder Körper . . . . . 161
*Sachs, K.*, Fortschritte im Bau elektrischer Lokomotiven. A. 677, 921*
*Sachsenberg, E.*, Leistungsuntersuchungen bei der Fließarbeit. A. . . . . *1227**
*Sändig* s. Schreiber.
*Salingré*, Beanspruchung von Schrauben an Marineköpfen . 358*
*Salkowski, E.*, Vorlesungen über darstellende Geometrie. B. . *1372*
*Samesreuther, R.*, Die Kupferschweißung insbesondere an Lokomotiv-Feuerbüchsen. A. . *1731**
*Sander, A.*, Gasprüfung. A. . . 531*
— Wie entgiftet man Leuchtgas? . . . . . *1206*
*Saß, Fr.*, Ein Lötverfahren zur Herstellung von Zylinderdeckeln aus Stahl für Dieselmotoren. A. . . . . *1811**
*Sauerwald, F.*, Einiges über die Schwindung der Metalle . . *1176*
— Lehrbuch der Metallkunde. B. *1659*
*Saurau, F. H.*, Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen. B. . . . . 207
*Schack* s. v. Batocki.
*Schächterle*, Holz als Baukonstruktionsmittel. A. . . *1585*, *1771**
*Scharschmidt, A.*, Antiklopfmittel und ihre Abhängigkeit vom Brennstoff . . . . . *1620*
*Schaub*, Chemische Industrie . . 868*
*Schaudt, G.*, Härteprüfungen in der Fließarbeit . . . . . 471*
— Getriebepraxis bei Verpackmaschinen. Z. . . . . *1212*

Seite

*Schenck*, Vorspannungen an Zylinderdeckeln . . . . . 362*
*Schenk, J.*, Die Lehre von der schöpferischen, Produkte schaffenden Arbeit, die grundlegende Erziehung für den Maschineningenieur. B. . . . . 107
*Schiebel*, Einfluß der Ausführungsfehler und Abnutzung auf die Festigkeitsbeanspruchung der Zähne an Zahnrädern . . . . . 362
*Schiffner, G.*, Eine leichte Seilrolle für den Aufzugbau . . 104*
*Schildberger*, Über Gesenkstähle . 505
*Schimank, H.*, Bildungswerte der Technik . . . . . 509*
*Schlegel*, Drehlaufkran als Kleinfördermittel . . . . . 171*
— Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke . . . *1622**
*Schlemmer* s. Tetzlaff.
*Schlesinger, G.*, Leistung und Sparsamkeit . . . . . 116
— Die Kräfte in der Werkzeugmaschine. A. . . . . *1565**
*Schlomann, A.*, Technologisches Handbuch der Elektrotechnik und der Elektrochemie. B. . . *1691*
*Schmaltz, G.*, Über Glätte und Ebenheit als physikalisches und physiologisches Problem. A. . . . . *1461**
*Schmid, E.*, Gußtexturen von Metallen und Legierungen . . . *1176*
*Schmid, G. C.*, Tagesfragen des Maschinenbaues für die Ausrüstungsindustrie. A. . . . 294*
*Schmidt, E.*, Versuche über den Wasserumlauf in Dampfkesseln. A. . . . . 83, *1151**
*Schmidt, E. K. O.*, Untersuchungen an Alclad-Blechen . . . *1612*
*Schmidt F.*, s. Lenard.
*Schmidt, F.*, Der indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmaschine. B. . . 240
— desgl. . . . . 617*
— Spannung und Dehnung in Gestellen mit Zugankern . . *967**
*Schmidt, W.*, Das Kapillarphänomen . . . . . 8
— 29. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft . . . . . 376*
— Physikalisch-technische Forschung . . . . . 880
— Über Drahtseile . . . . . 940*
— Die englischen Schnellboote „Miss England“ und „Miss Alacrity“ . . . . . *1003**
— 30. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft . . . . . *1861**
*Schmidtmann*, Die strafrechtliche Verantwortlichkeit der Baupolizeibeamten . . . . . 30
*Schmied, J.*, Die Wasserbewegung im Dammkörper. B. . . 108
*Schmitz, W.*, Wirkereilehre. B. . *1835*
*Schmuckler, H.*, Vorzüge des Eisenbaues unter besonderer Berücksichtigung des Skelettbaues 139
— Wand-Füllbaustoffe für Stahlskelettbauten. A. . . . . 385*
— Die Halle der Baumesse in Leipzig. A. . . . . *1635**
*Schnadel*, Über Knickung von Platten . . . . . 377*
*Schneider, L.*, Hauptformen des zweiachsigen Lokomotiv-Laufgestells. A. . . . . 492*
— desgl. Z. . . . . 642
*Schnell, H.*, Der indizierte Wirkungsgrad der Gasmaschine. B. 738
— desgl. . . . . *1349*
*Schnutenhaus*, Die Analyse der Vertriebskosten . . . . . *1443**

Seite

*Schöne*, Hochdruck-Dampfkraftanlage für 120 at . . . . . 346
*Schoene, K.*, Schnellaufende Kolbenpumpe für Wasserwerke . *1208**
*Schönfeld, P.*, Hafenverladung der Zeche „Fürst Hardenberg" der Vereinigten Stahlwerke A.-G. bei Dortmund. A. . . . . 191*
*Schönherr, H.*, Elektrowerkzeuge. Entwicklung und Aufbau. A. *1681**
*Scholz, W.* und *E. Valentin*, Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie. B. . . . *1532*
*Schoof, B.*, Das Vergleichsverfahren im Betriebe der Spinnereien und Webereien. A. . . 330*
*Schreiber, E.*, Handbuch für deutsche Binnenschiffahrt 1929/30. B. . . . . *1492*
*Schreiber, G.*, Einfluß des Gießvorganges auf die Festigkeitseigenschaften verschiedener Metalle . . . . . *1176*
*Schreiber, J.* und *K. Sändig*, Die künstlichen Harze. B. . . . *1179*
*Schroeder, F. W.*, s. Larsen.
*Schröder, P.*, Entladen von Getreideschiffen . . . . . *1278**
*Schulmann, H.*, Die Spinnzentrifuge in Theorie und Praxis. A. *1393**
*Schultheiß, L.*, Heimtechnik. B. . 679
*Schulz, E. H.*, Rostschutz und schwerrostende Stähle . . . 138
— Fortschritte in der Metallurgie des Stahles für Schiffskörper und Kessel . . . . . 377
— und *H. Buchholtz*, Hochwertige Baustähle für den Großstahlbau. A. . . . . *1573**
*Schulz, W.*, Das Förderhöhenverhältnis der Kreiselpumpen für die ideale und wirkliche Flüssigkeit. B. . . . . 143
— Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Kreiselpumpenforschung . . . . . 454*
— desgl. Z. . . . . 596
*Schulze, A.*, Die thermische Ausdehnung von Magnesium und Magnesiumlegierungen . . . 195
— Über die Haltbarkeit von Thermoelementen im Betrieb . . 246
— Über die Struktur des Systems Eisen-Chrom-Kohlenstoff . . 477
— Über das Monel-Metall . . . 767*
— Streckgrenze von Stahl bei höheren Temperaturen . . . *1032*
— Über den Zusammenhang zwischen Härte und magnetischen Eigenschaften von Legierungen . . . . . *1360**
— Das Zustandsdiagramm der Magnesium-Zinklegierungen . *1624**
— Magnetische Eigenschaften technisch wichtiger Legierungen . . . . . *1715*
— Über Kupfer-Aluminium-Legierungen . . . . . *1720*
*Schulze, H.*, s. Fabricius.
*Schulze, L.*, Geschweißte Drehlaufkatzen. A. . . . . *1755**
*Schwab, G. M.*, Physikalisch-chemische Grundlagen der chemischen Technologie. B. . . . 35
*Schwalbe, C. G.*, Sulfitlauge und Naßverkohlung . . . . . *1036*
— Die physikalisch-chemischen und chemischen Eigenschaften des Holzes. A. . . . . *1521*
*Schwartz*, Die Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager. Z. *1471*
*v. Schwarz, M.*, Metall- und Legierungskunde. B. . . . . *1722*
*Schwarz, O.*, Zugfestigkeit und Härte bei Metallen. B. . . . 238
— desgl. . . . . 792*

Seite

*Schwenninger, O.*, Bügelmaschinen 101*
— Wägen und Mischen in der Glashütte . . . . . 508*
— Selbsttätig arbeitende Reismühlen . . . . . 623*
— Berylliumherstellung, Brennstoffchemie und Abwasserfragen . . . . . *1619*
— Trägheitslose Zerspanungsmessung . . . . . *1688**
— Gerät zum Messen des Bohrwiderstandes . . . . . *1826**
*Schwilling, H.*, Die Talsperre „Calles" in Mexiko . . . . *1557**
*Schwinning, W.*, Beurteilung von Werkstoffen nach Kerbversuchen. A. . . . . 321*
*Scotari, T.*, Elektrische Zugförderung auf der Mailänder Nordbahn . . . . . 696*
*Seewald, F.*, Die Luftschraubenfrage . . . . . 138
*Seidel, H.*, s. a. Gossow.
— Vom Bau des Schiffshebewerkes Niederfinow . . . . 149*
*Seidl, O.*, Die 1 D 2-Drillings-Schnellzuglokomotive der österreichischen Bundesbahnen. A. *1641**
*Seifert, H.*, Die Energiequellen Brasiliens . . . . . *1135*
*Seiliger, M.*, Kompressorlose Dieselmotoren und Semidieselmotoren. B. . . . . *1411*
*Seldmair* s. Frisch.
*Seyderhelm, K.*, Die Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager. A. . . . . *1237**
*Siebel*, Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen *1241**
— Über den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten . . . . . *1284**
*Sieglerschmidt, H* und *J. Stamer*, Elastische Formänderungen gezogener Holzstäbe . . . . *1649**
*Siemann*, Aufgaben und Fortschritte der Dehnungsmessung am Schiff im Seegang . . . 377
*Sigmann* s. Kleinlogel.
*Simon, H.*, Das Schleudergußverfahren in der Metallgießerei . *1176*
*Sisco, F. T.*, Das Elektrostahlverfahren. B. . . . . *1178*
*Skinner* s. Waddell.
*Smith* s. Twyman.
*Smithells, C. J.*, Impurities in metals. B. . . . . 511
*Smonker, H.*, Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. A. . . . . *1275**
*Sommer, F.*, s. a. Lorch.
— Grundzüge der Plankostenrechnung . . . . . *1443**
*Sommer, F.*, Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte. A. . . . . *1764**
*Sommerfeld, A.*, Atombau und Spektrallinien. B. . . . . *1008*
*Sonntag, R.*, Torsionsspannung in runden Wellen . . . . . *1101**
*Sorge* s. Aeuer.
*Spackeler*, Neueste Erkenntnisse auf dem Gebiete der Gebirgsdruckerscheinungen . . . 443
— Die Grubenlokomotivbahnen in der Nachkriegzeit. A. . . *1339**
*Späth, W.*, Dynamische Untersuchungen an technischen Gebilden. A. . . . . *963**
*Spangenberg*, Weitgespannte Wölbbrücken . . . . . 94

Seite

*Spannhake, W.*, Das Institut für Strömungsmaschinen an der Technischen Hochschule Karlsruhe. A. . . . . *1280**
*Spiers, H. M.*, Technical data on fuel. B. . . . . 479
*Spinka, R.*, Der Webstuhlantrieb. Z. . . . . 72
*Spindel*, Hochwertiger Beton unter Berücksichtigung der Darstellung im Vierstoffparallelogramm . . . . . 734
*Splanemann* s. Everling.
*Stamer, F.* und *A. Lippisch*, Gleitflug und Gleitflugzeuge. B. . 144
*Stamer, J.*, s. a. Sieglerschmidt.
— Untersuchungen an zugfesten Anschlüssen im Holzbau . . 584*
*Stauch* s. Akademischer Verein Hütte.
*Stegemann*, Ankermast für Luftschiffe in Kanada . . . . . 379*
— Kühlung von großen Stromerzeugern . . . . . *1560**
*Steinhagen*, Betriebserfahrungen mit Oberleitungsomnibussen . *1717*
*Stenger, H.*, Einzelantrieb für Webstühle alter und neuer Bauart . . . . . 332*
*Stern, G.*, Die Beanspruchung des Menschen bei den einzelnen Arbeitsvorgängen in der Gießerei . . . . . *1141*
*Steudel*, Die Metalle im Aufbau des Flugzeuges . . . . . 137
*Steuding, H.*, Beschleunigungsmesser von Galitzin . . . . 263*
*Stier, E.*, Spülung und Aufladung bei Zweitaktmotoren. A. . . *1389**
*Stillmann, Th. B.*, Engineering chemistry. B. . . . . 659
*Stock, A.*, Beryllium . . . . . *1619*
*Stodieck* s. Goldmerstein.
*Stoerk, C.*, Das Höchstspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin . . . . *969**
*Stollenwerk* s. Meyer.
*Strauß, S.*, Das Röhren-Elektrometer „Mecapion" . . . . . *1014**
*Streb* s. Rimarski.
*Strombeck* s. Föppl.
*Sturm, Fr.*, Kraftgasverwendung im Luftschiff „Graf Zeppelin". A. . . . . *1303**
*Sturzenegger, P.*, Maste und Türme in Stahl. B. . . . . *1007*
*Süberkrüb, M.*, Fahrzeuggetriebe. B. . . . . *1723*
*Swain, G. F.*, Festigkeitslehre B. 176
*Swoboda, J.*, Lagerung und Transport des Erdöls und seiner Produkte zu Lande. B. . . . 942
*v. Sybel* s. Vormfelde.

***T**amm, W.*, Die Abkühlung von Fleisch . . . . . *1002*
*Tammann, G.*, Die Entstehung der Gußstruktur . . . . . *1175*
*Teleky, Lochtkemper, E. Rosenthal-Deussen* und *Derdack*, Staubgefährdung und Staubschädigungen der Metallschleifer. B. . . . . 271
*v. Terzaghi* s. Redlich.
*Tetzlaff* und *Schlemmer*, Neuere elektrische Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn, Taf. 1 und 2. A. . . . . 667, *1718**
*Thau* s. Heinze.
*Thoma, H.*, Aufzeichnung schneller Schwingungen. A. . . . . 639*
— desgl. Z. . . . . *1155**
— Untersuchungen an der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin". A. . . . . *1383**
*Thomann, R.*, Professor Dr. Prášil † . . . . . 401

Seite

*Thum, A.*, Neuere Anschauungen über die technischen Eigenschaften des Gußeisens . . . *1516*
— und *W. Wiß*, Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen *1787**
*Thun, R.*, Photographische Objektive. A. . . . . 49*
— desgl. Z. . . . . *962*
*Tiemann, R.*, Kinetik pseudoharmonischer Reibungsschwingungen . . . . . *1318*
*Tils*, Die Senkkastengründungen der neuen Rheinbrücken bei Düsseldorf, Köln und Duisburg . . . . . 734
*Timoshenko, S.*, Vibration problems in engineering. B. . . *1071*
— und *J. M. Lessels*, Festigkeitslehre. B. . . . . 511
*Toeldte* s. Wolff.
*Toenissen, E.*, Das Walzenstreckwerk in der Baumwollspinnerei. A. . . . . 298*
*Tomaschek* s. Lenard.
*Toussaint, Fr.*, Differential-Greiferwindwerk mit Getriebekasten 234*
*Traenckner, K.*, Gasfernleitungen. A. . . . . 517*
*Treiber, E.*, Erweiterung der Hochdruck-Speicheranlage des Murg-Schwarzenbach-Werkes. A. . . *1156**
*Treptow, E.*, Deutsche Meisterwerke bergmännischer Kunst. B. . . . . *1071*
*Treuherz, P.*, Der Webstuhlantrieb. Z. . . . . 72
*v. Tschudi, G.*, Aus 34 Jahren Luftfahrt. B. . . . . 207
*Twyman, F., E. Honegger* und *D. M. Smith*, Anwendungen des Spektrographen in der Metallindustrie. A. . . . . 196*

***U**llmann, F.*, Enzyklopädie der technischen Chemie. B. . 207, *1835*
*Ulrichs* s. Rühl.
*Unger, Fr.*, Aufgaben des Elektromaschinenbaues. A. . . . . 605*
*Unterweger, M.*, Bruch einer Turbinendruckrohrleitung . . . *1392*
*Utesch, O.*, Die Messung des elektrischen Feldes des Menschen. A. . . . . 575*
*Utler, K.*, Die mehrfach geführten Wellen in mehreren fließenden Mitteln . . . . . 136

***V**alentin* s. Scholz.
*Yancey, L. A.*, Aerial navigation and meteorology. B. . . . . *1595*
*Vassogue, G.*, La pratique des machines frigorifiques. B. . . *1179**
*Voege*, Praktische Erfahrungen im Kriege mit Ultrarotsignalisierung . . . . . *1860*
*Vogdt, R.*, Pumpen und Druckwasseranlagen. B. . . . . *1835*
*Vogt, A.*, Die Entlüftung von Wasserleitungen . . . . . *1408**
*Volkmann, K.*, Kraftfahrzeugunfälle und Kraftfahrzeugrecht. B. . . . . *1492*
*Vollmer*, Talsperren-Wasserversorgung von Mittelsachsen . . . *1318*
*Vormfelde* und *v. Sybel*, Landmaschinenbau in England . . 590*
*v. Voß* s. Richter.
*Voßnack, E.*, Motorrettungsboot „Insulinde". A. . . . . 499*

***W**adell, J. A. L.* und *F. W. Skinner*, Memoirs and addresses of two decades. B. . . . . *1595*
*Waeser, B.*, Der Betriebs-Chemiker. B. . . . . *1291*

Seite

*Waetzmann, E.* s. a. Euken.
— Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik, 11. Aufl. 1. Bd. B. . *1491*
*Wagner, R. P.*, Die neuere Entwicklung des Lokomotivkessels bei der Deutschen Reichsbahn. A. . . . . *1217**
*Walker, R. D.*, The principles of underdrainage. B. . . . . *1659*
*Wallichs, A.*, Bestimmung der Dicke der Härteschicht an Einsatzwerkstücken . . . . . *1590**
— und *K. Krekeler*, Untersuchung der Kühlöle bei der Zahnradbearbeitung. A. . . . . 643*
— Bearbeitbarkeit . . . . . *1527**
*Walter, L. E.*, s. v. Hossle.
*Walther*, Tankanlagen für Kraftfahrzeuge. Z. . . . . 396*
*Walther, A.*, Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen. B. . . . . 739
*Wappes, L.*, Wirtschaftliche Wechselbeziehungen zwischen Forstwirtschaft und Industrie. A. . *1079**
*Warlimont, P.*, Über künstliches Holztrocknen . . . . . 202*
— desgl. . . . . *1585*
*Weber, A.*, Allgemeine Volkswirtschaftslehre. B. . . . . 36
*Wechmann, W.*, Elektrischer Zugbetrieb auf der Reichsbahn. A. 663*
*Wedding, F. W.*, Bedeutung der Normung für die deutsche Wirtschaft . . . . . 444
*Weerts, J.*, Untersuchungen an Einzelkristallen aus Kupfer und Messing . . . . . *1644**
— Dynamische und statische Zugversuche an Aluminiumeinzelkristallen. B. . . . . *1799*
*Weicken*, Verpackungsfragen . . 16
— Verpackungs- und Versandkosten und deren Anteil am Warenpreise . . . . . *1444*
*Weil, S.*, Sonderfräswerk für Rippenplatten . . . . . 201*
— Achsschenkel-Drehbank . . . 477*
— Schleifen von Schraubengewinden . . . . . *1327**
— Plan- und Oberflächenschleifmaschine . . . . . *1408**
*Weinreich, H.*, Bildungswerte der Technik. B. . . . . 509
*Weiß* s. Martens.
*Wesemann, Fr.*, Der Betrieb von Walzwerköfen mit besonderer Berücksichtigung des Walzgutes . . . . . *1099*
*Westphal, W. H.*, Physik. B. . . 772
*Wever, F.*, Über die Zweistoffsysteme Eisen-Bor, Eisen-Beryllium und Eisen-Aluminium *1719**
*Wewerka*, Spannungserhöhung infolge der Kerbwirkung . . 358
— Dauerbrüche an Ventilspindeln . . . . . 358
*Wiegmann*, Die Frage des Phenolabwassers . . . . . *1318*
*Wien, W.*, und *F. Harms*, Handbuch der Experimentalphysik. 9. Bd. 1. T. B. . . . . *1106*
*Wiesner, J.*, Die Rohstoffe des Pflanzenreichs. B. . . . . 239
*Wiesenäcker, H.*, Eine neue Dauerbiege-Prüfmaschine für Flachfedern und Bleche . . . . *1367**
*Will, H.*, Das Trocknen und künstliche Altern des Holzes. A. . *1421**
*Willers, Fr., A.*, Methoden der praktischen Analysis. B. . . 71

Seite

*Windisch, Fr.*, Gewinnung und Verwertung der Gärungskohlensäure. A. . . . . *1300**
*Wiß* s. Thum.
*Witte, R.*, Durchflußbeiwerte der IG-Meßmündungen. Z. . . . *976*
*Wittig*, Die Erschütterungen der Gebäude durch Verkehrseinflüsse und die Maßnahmen zu deren Abwehr . . . . . 30
*Woernle, R.*, Ein Beitrag zur Klärung der Drahtseilfrage. A. 417*
— Hebezeuge und Förderanlagen 858*
— Drahtseilforschung . . . . *1623**
*Woeste, Fr.*, 60 t-Schwimmdrehkran mit einziehbarem Ausleger . . . . . 32*
*Wolf, E.*, Schweißmuffenverbindung in Gasfernleitungen. Z. *1148**
*Wolf, J. W.*, Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde . . . . . 137
— und *W. Michaelis*, Fließarbeit in der Galvanotechnik. A. . 610*
*Wolff, H.*, Die natürlichen Harze. B. . . . . 207
— und *W. Toeldte*, Vergleichende Untersuchung über Öl- und Nitrozelluloselacke. B. . . . *1659*
*Wolff, R.*, Über die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz. B. . 478
— desgl. . . . . *1198**
*Wolfram, H. W.*, Ingenieur und Gemeindeverwaltung . . . 29
— Tagung des Deutschen Vereines für öffentliche Gesundheitspflege . . . . . 67
— Neuerungen im Krankenhausbau . . . . . 67
*Wolfsohn* s. Martens.
*Woolrich, W. R.*, Handbook of refrigerating engineering. B. . *1215*
*Worbs*, Bau und Betrieb von Hochdruck- und Niederdruckgasrohrnetzen . . . . . *1317*
*Würth, K.*, Anstrichchemie und Anstrichtechnik . . . . . 656
*Wunder, W.*, Messing und Sondermessing. A. . . . . 165*
*Wundram, O.*, s. a. Hetzell.
— Neuartige Schwimmkrane im Hamburger Hafen. A. . . . *1547**
*Wuppermann, Th.*, Die elektrische tumpfschweißung (Abschmelzverfahren). A. . . . . *1758**

***Y**ancey, L. A.*, Aerial navigation and meteorology . . . . . *1595*

***Z**eidler, F.*, Kostenplanung und Vertriebsrechnung . . . . *1443**
— Der Kosteningenieur. B. . . *1537**
*Zenneck, J.*, Die Bedeutung der drahtlosen Telegraphie für die Wissenschaft. A. . . . . 565*
*Zerkowitz, G.*, Neuere thermodynamische Fragen des Dampfturbinenbaues . . . . . 84
— Thermischer und thermodynamischer Wirkungsgrad von Dampfkraftmaschinen. A. . *1429**
*Zimmermann, Fr.*, Bremsuntersuchungs-Meldeanlagen . . . 411*
*Zodel*, Die deutschen holztechnischen Fachschulen . . . . *1634*
*Zorn, M.*, Die kurzwelligen Strahlen des Nordlichts . . . . 355*
— Die durchdringende Höhenstrahlung . . . . . 1050
— Fortschritte im Bau von Turbostromerzeugern . . . . . *1134**
*Zschimmer, E.*, Silikathüttenkunde als Chemie-Ingenieurwissenschaft. A. . . . . 434*

# Sachverzeichnis

* = Abbildung im Text; A = Aufsatz; B = Buchbesprechung; Z = Zuschrift oder Berichtigung

Die Seitenzahlen des ersten Halbjahres sind in aufrechten Lettern, diejenigen des zweiten Halbjahres in schrägen Lettern — Kursiv — gedruckt.

**Band I: Heft 1 bis 26 Seite 1 bis 944. Band II: Heft 27 bis 52 Seite 945 bis 1868.**


Seite

**Abbau** s. Versatz.
Abdampf s. Abwärme.
Abnahme s. Werkstoff.
**Abteufen.** Schachtbohrverfahren nach Zäusler . . . . . 349
**Abwärme** s. a. Theater.
— Abgaskessel in einer amerikanischen Gasanstalt . . . 446
— Zusammenarbeit von Herdöfen und Abhitzekesseln . . . . 737
— Abhitzekessel mit Kohlenstaub-Zusatzfeuerung . . . 770
— Dampf als Nebenerzeugnis in Kokereien . . . . . *974*
— Abhitzeverwertung einer Porzellanfabrik, Wärmeflußdiagramm eines Porzellanrundofens mit Abhitzeverwertung . *988**
— Die Abwärmetechnik. Von *H. Balcke*. B. . . . . *1251*
— Abdampfverwertung auf Schiffen . . . . . *1594*
**Abwässerung.** Moderne Abwasserreinigungsanlagen in England und Amerika. Von *Langbein* . . . . . 29
— Abwasserklärschlamm als Düngemittel . . . . . 70
— Abwasserrückgewinnung in Walzwerken. Von *Preuß* . . 105*
— Gewerbliche Abwässer. Von *B. Böhm*. B. . . . . 595
— Die Frage des Phenolabwassers. Von *Wiegmann* . . . . *1318*
— Über neuzeitliche Abwasserkläranlagen amerikanischer Großstädte. Von *W. Hilland* und *Fr. Mieder* . . . . . *1620*
— The principles of underdrainage. Von *R. D. Walker*. B. . *1659*
— Erzeugung elektrischer Energie durch Verwertung von Faulgasen . . . . . *1866*
Achse s. Kraftwagen.
**Ästhetik.** Kunst im Brückenbau. Von *Fr. Hartmann* . . . . 92
**Akkord** s. Betriebswissenschaft.
Akustik s. Schall, Sprechmaschine.
Alclad s. Blech.
**Aluminium** s. a. Blech, Gießen, Glas, Kraftwagen, Legierung.
— Aluminiumlegierungen im Motorenbau. Von *M. Lorenz* 267*
— Das Alterungshärten einiger Aluminiumlegierungen. Von *M. L. V. Gayler* und *G. D. Preston* . . . . . 797*
— Zur umgekehrten Blockseigerung bei Duralumin. Von *G. Masing* . . . . . *1177*
— Dynamische und statische Zugversuche an Aluminiumeinzelkristallen. Von *J. Weerts*. B. *1799*
**Ammoniak** s. a. Kompressor.
— Ammoniaksynthese nach Georges Claude . . . . . *1066**
**Anatomie.** Die Messung des elektrischen Feldes des Menschen. Von *O. Utesch*. A. . . . . 575*

Seite

Anfressen s. Metallschutz, Werkstoff.
Anker s. Luftfahrt.
**Anlassen** s. a. Verbrennungsmaschine.
— Sicherheits-Andrehkurbeln von F. Oßberger, Andrehkurbel von Carl Schürmann, Andrehkurbel und Essener Kurbel der Präwag . . . . . 88*
**Anstrich** s. a. Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse).
— Wege zur Rationalisierung des Schiffsanstriches. Von *E. Asser*. A. . . . . 374
— Farbspritzen mit 0,05 at Überdruck. Von *A. Funk* . . 625*
— Anstrichchemie und Anstrichtechnik. Von *K. Würth* . . 656
— Vergleichende Versuche mit Farbspritzpistolen. Von *P. Nettmann* . . . . . 828*
— desgl. B. . . . . *1371*
— Untersuchungsmethoden der Lack- und Farben-Industrie. Von *H. A. Gardner*. B. . . . *1292*
— Seifenbildung in Anstrichen. Von *W. Droste*. B. . . . . *1371*
— Practical railway painting and lacquering. Von *H. Hengerveld, C. P. Disney* und *W. J. Miskella*. B. . . . . *1531*
— Vergleichende Untersuchung über Öl- und Nitrozelluloselacke. Von *H. Wolff* und *W. Toeldte*. B. . . . . *1659*
Appretur s. Faserstoff.
**Arbeiter** s. a. Fließarbeit.
— Aufgaben und Pläne des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Arbeitsphysiologie. Von *Atzler* . 442
— Psychotechnische Berufseignungsprüfung von Gießereifacharbeitern. Von *W. Bültmann*. B. . . . . 447
— Die Beanspruchung des Menschen bei den einzelnen Arbeitsvorgängen in der Gießerei. Von *G. Stern* . . . . . *1141*
— Arbeitsführung nach gesundheitlichen Gesichtspunkten. Von *Kothe* . . . . . *1616*
**Asbest.** Asbest und seine Verarbeitung. Von *K. Geisler*. A. 716*
— Aufbereitanlage, Krempeln, Doppeldraht-Ringspinnmaschine für feine Asbestgarne, Flügelzwirnmaschine . . . . . 716*
Atom s. Physik.
**Aufbereitung** s. a. Ofen.
— Die Schwimmaufbereitung der Moctezuma Copper Co., Nacozari, Staat Sonora, Mexiko. Von *C. Bruchhold*. A. . . . 26*
— desgl. Z. . . . . 156
— Teersandaufbereitung . . . 175

Seite

**Aufbereitung.**
— Fortschritte der Kohlenaufbereitung. Verhandlungen der Weltkraftkonferenz London 1928. Von *Prockat* . . . . 801
— Höhere Leistungen an gewaschener Feinkohle bei Schwimmaufbereitung der Schlammkohle. Von *M. Lucke*. A. . . *1345**
— Arbeitszelle einer Rührwerksmaschine, Schnellentwässerer von Humboldt . *1347**
— Auswählende Schwimmaufbereitung von Erzen in Mexiko. Von *C. Bruchhold*. A. . *1440**
— Unterluftgerät der Minerals Separation . . . . *1442**
Aufladen s. Verbrennungsmaschine.
Auftauen s. Wasserleitung.
**Aufzug,** s. a. Seil.
— 50 Jahre deutscher Aufzugtechnik. Von *M. Paetzold*. A. *945**
— Aufzugwindwerk mit unmittelbarem Antrieb der Treibscheibe, Treibscheibenwindwerke mit Feineinstellung, Schachttürenverschlüsse, Bremsfangvorrichtung, Fahrtreppe. . . . *946**
Ausbessern s. Werkstatt.
Ausfuhr s. Industrie.
**Ausstellung** s. a. Hochbau.
— Die Wanderausstellung „Technik im Heim". Von *Landsberg* 523
— Ausstellung München 1927 „Das Bayerische Handwerk". B. 934
— Die „Lehrschau Holz" in Königsberg Von *C. Kersten* . . *1085**
— desgl. Z. . . . . *1180*
— Neuerungen im Baumaschinenwesen. Von *A. Bonwetsch*. A. *1269**
— Englische Verkehrs- und Kriegsflugzeuge auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung London 1929. Von *F. Isermann*. A. . . . . *1541**
— Aufgaben der deutschen Wasserversorgung. Von *E. Link* . *1671**
Automobil s. Kraftwagen.

**Bad.** Thermenpalast. Von *J. Goldmerstein* und *K. Stodieck*. B. . . . . *1531*
**Bäckerei.** Die Bäckereimaschinen und Backöfen. B. . . . . *1251*
**Bagger.** Grabenbagger für Dränung . . . . . 478
— Löffelbagger mit 6,5 m³ Löffelinhalt . . . . . 506*
— Amerikanische Riesenlöffelbagger. Von *W. Franke* . . 577*
— Löffelbagger mit 12 m³ Löffelinhalt . . . . . *1290*
— Die neuere Entwicklung der Raupenkettenbagger. Von *W. Franke* . . . . . *1406**
— Amerikanischer Grabenbagger. Von *F. Daumenlang* . . . . *1686**
— Saugbagger für Argentinien . *1834*
Bast s. Faserstoff.

Seite

**Baumaschine** s. a. Bagger, Lager- und Ladevorrichtung, Mischen, Straßenbau.
— Fortbewegungsmittel amerikanischer Baumaschinen. Von *W. Franke* . . . . . 140*
— Rationalisierung und Standardisierung in der Bauindustrie der Vereinigten Staaten von Amerika. Von *H. Griesel.* A. 369*
— Betonieranlage für die Verankerung der Kabel der neuen Hudsonbrücke . . . . . 658
— Neuerungen im Baumaschinenwesen. Von *A. Bonwetsch.* A. *1269**
— Einheitliche Betonmischanlage für verschiedene Baustellen . *1450*
Bearbeitbarkeit s. Werkstoff.
**Behälter** s. a. Flasche
— Plattenbehälter für Flüssigkeiten. Von *O. Kron* . . . . 100*
— Hochbehälter der Stadt Kaiserslautern, Wasserturm Lutherplatz in Halle a. S. . . 546*
— Geschweißte Hochdruckgasbehälter . . . . . *974*
— Prüfung von Heliumgasbehältern . . . . . *1563*
— Die Ölbunkeranlage auf der Columbuskaje in Bremerhaven *1685**
— Englische Untersuchungen an geschweißten Druckgefäßen. Von *Adrian* . . . . . *1737**
**Beleuchtung.** Moderne Lichttechnik in Wissenschaft und Praxis. Von *W. Köhler* . . . 473
— desgl. Z. . . . . 786
— Industriebeleuchtung. Von *W. Ruffer.* A. . . . . *1361**
— Beleuchtung und Abschluß eines Schaufensters im Warenhaus Karstadt . . . . . *1700**
Benzol s. Brennstoff.
Beregnen s. Bewässern, Düse.
**Bergbau** s. a. Abteufen, Aufbereitung, Betriebswissenschaft, Bremse, Brennstoff, Druckluft, Gebläse, Geologie, Gewerbeaufsicht, Hammer, Holz, Lager- und Ladevorrichtung, Lokomotive, Lüftung, Petroleum, Schrämmaschine, Unfallverhütung, Versatz, Versuchsanstalt, Wasserhaltung, Werkstatt.
— Med hammare och fackla. B. 143
— Die Vorausbestimmung der Gesteintemperatur im Innern von Gebirgsmassiven. Von *K. Pressel.* A. . . . . 162
— Das Wesen der Einwirkung des Bergbaues auf die Erdoberfläche. Von *Oberste-Brink* 445
— Sandgefüllte Stützen für den Streckenausbau in Bergwerken 626
— Bergbau und Brennstoffe. Von *Prockat* (Chronik) . . . . . 861*
— desgl. Z. . . . . *1040*
— Maschinenarbeit im englischen Bergbau . . . . . *1038*
— Deutsche Meisterwerke bergmännischer Kunst. Von *E. Treptow.* B. . . . . *1071*
— Das Kali. Von *E. Fulda.* B. . *1215*
— Der elektrische Widerstand von Erzen und Gesteinen . . *1834*
Berufseignung s. Arbeiter.
**Beryllium.** Die Gewinnung von Beryllium . . . . . *1282**
— Beryllium. Von *A. Stock* . . *1619*
Beschicken s. Lager und Ladevorrichtung.
**Beton** s. a. Brücke, Dock, Eisenbahnoberbau, Hochbau, Lager- und Ladevorrichtung, Mast, Talsperre, Zement.
— Zerstörungen an Beton durch Moorwasser . . . . . 34

Seite

**Beton.**
— Anweisung für Mörtel und Beton der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. B. . . . . 71
— Untersuchungen über die Zugfestigkeit von Zementmörtel und Beton. Von *Olsen* . . . 437
— Handbuch für Eisenbeton. Von *F. Emperger.* Bd. 6. B. . 660
— Tagesfragen im Eisenbetonbau. Von *K. Bernhard* . . . 734
— Hochwertiger Beton unter Berücksichtigung der Darstellung im Vierstoffparallelogramm. Von *Spindel* . . . 734
— Leichtbeton . . . . . 734
— Eisenbeton im Industriebau. Von *E. Probst.* A. . . . . *977**
— Zellenbeton als hochwertiger Isolierstoff. Von *W. Luft* . . *998**
— Aus neueren Versuchen über die Widerstandsfähigkeit von Eisenbetonbalken gegen Schubkräfte. Von *O. Graf* . . . . *1245**
— desgl. Z. . . . . *1492*
— Aus neueren Versuchen mit Zement, Zementmörtel und Beton. Von *O. Graf.* A. . . . . *1401**
— Der Eisenbetonbau. Von *E. Mörsch.* B. . . . . *1452*
— Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten. Sonderheft VII. B. . . . . *1531*
— Die wirtschaftliche Betonmischung. Von *K. Brausewetter.* B. . . . . *1723*
**Betriebswissenschaft** s. a. Buchführung, Eisenbahn, Fließarbeit, Heimtechnik, Krankenhaus, Zeitstudie.
— Das Technische und das Kaufmännische in der Rationalisierung. Von *Goerner* . . . . 116
— Betriebswirtschaftliche Überwachung einer Zeche. Von *Kiekebusch* . . . . . 443
— Richtige Akkorde. Von *G. Peiseler.* B. . . . . 833
— Kostenplanung und Vertriebsrechnung. Von *Zeidler* . . . *1443**
— Neue Hilfsmittel bei Zeitaufnahmen und Betriebsüberwachung. Von *K. H. Fraenkel* und *W. Eckenberg* . . . *1591**
**Bewässern** s. a. Bagger, Pumpe, Talsperre.
— Großfeldregner . . . . . 656*
— Die künstlich bewässerte Fläche der Erde . . . . . *1039*
— Anales del Primer Congreso de Irrigación y Colonización del Norte. B. . . . . *1836*
Bewettern s. Lüftung.
**Biegen.** Rollenrichtmaschine für Larsseneisen . . . . . *1379**
Bier s. Brauerei.
Biologie s. Technik.
Binnenschiffahrt s. Schiffahrt.
**Blech** s. a. Ofen.
— Einfluß der Stichabnahme und der Glühtemperatur auf kaltgewalzte Feinbleche. Von *A. Pomp* . . . . . *1488**
— Prüfen von Feinblechen . . . *1594**
— Untersuchungen an Alclad-Blechen. Von *E. K. O. Schmidt* *1612*
Bleichen s. Faserstoff.
**Blitzschutz.** Der gegenwärtige Stand des Blitzschutzes. Von *H. Grünewald* . . . . . 732
— Blitzforschung . . . . . 738
Bohren s Werkzeug.
Bordgerät s. Messen.
Braunkohle s. Feuerung, Gas, Trocknen.

Seite

**Brauerei** s. a. Kellereimaschine, Kohlensäure.
— Technische Fortschritte in der Bierbrauerei. Von *K. W. Geisler* . . . . . *973*
**Bremse.** Untersuchungen an Bremsdruckreglern. Von *G. Dulmann* . . . . . *971*
— desgl. Z. . . . . *1226*
**Brennstoff** s. a. Aufbereitung, Bergbau, Feuerung, Gas, Kohle, Kohlenstaub, Koks, Petroleum, Torf.
— Die Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz. London, 22. September bis 6. Oktober 1928. Von *P. Rosin.* A. . . 9
— Das Jnstill-Benzol-Raffinierverfahren . . . . . 130*
— Tankanlagen für Kraftfahrzeuge. Von *Walther.* Z. . . 396*
— Technical data on fuel. Von *H. M. Spiers.* B. . . . . 479
— Der Zündverzug bei flüssigen Brennstoffen. Von *Hartner-Seberich.* B. . . . . 511
— Behandlung und Bewertung von flüssigen Brennstoffen. Von *Aufhäuser* . . . . . 651
— Bergbau und Brennstoffe. Von *Prockat* (Chronik) . . . . 861*
— Verbrennungsmotoren und ihre Brennstoffe. Von *L. Richter* *1021*
— Sulfitlauge und Naßverkohlung. Von *C. G. Schwalbe* . . *1036*
— Die Energiequellen Brasiliens. Von *H. Seifert* . . . . . *1135*
— Geschwindigkeit der Entzündung brennbarer Flüssigkeiten in der Luft. Von *Richter* . . *1241**
— Antiklopfmittel und ihre Abhängigkeit vom Brennstoff. Von *A. Scharschmidt* . . . . *1620*
Brennstoffpumpe s. Pumpe.
Bronze s. Legierung.
**Brücke** s. a. Ästhetik, Baumaschine, Gründung, Seil.
— Weitgespannte Wölbbrücken. Von *Spangenberg* . . . . . 94
— Brücke bei Plougastel. Von *Freyssinet* . . . . . 94
— Erweiterung der Straßenbrücke über die Norderelbe. Von *Leo* . . . . . 139
— Straßenbrücke mit durchlaufendem Fachwerkträger von 276 m Länge . . . . . 206
— Belastungsprüfung an einer ausgeführten Betonbrücke . . 238
— Vom Bau der Brücke bei Plougastel . . . . . 770*
— Brücken- und Baukonstruktionen. Von *K. Bernhard* (Chronik) . . . . . 871*
— Untersuchungen an Eisenbahnbrücken in England . . *974*
— Hängebrücke über den Ohio . *1038*
— Russische Brückenuntersuchungen. Von *C. Kersten* . . . *1327*
— Neue Klappbrücken in Amsterdam. Von *C. Biemond.* A. . . *1351**
— Die erste Hudson-Brücke bei New York mit 1,067 km weit gespannter Mittelöffnung. Von *R. Bernhard.* A. . . . . *1504**
— Schneller Bau einer Klappbrücke in Chikago . . . . *1562*
— Memoirs and addresses of two decades. Von *J. A. L. Waddell.* B. . . . . *1595*
— Die Hubbrücke über den Koningshaven in Rotterdam. Von *Jr. Joosting.* A. . . . . *1597**
— Neue große Straßenbrücke in New York . . . . . *1658*
— Dauerversuche an genieteten und geschweißten Brücken. Von *R. Bernhard.* A. . . . *1675**

Seite

**Brunnen** s. a. Wasserversorgung.
— Rohrbrunnen. Von *E. Bieske*. B. . . . . *1452*

**Buchhaltung.** Überwachung der Rationalisierung durch das industrielle Rechnungswesen. Von *Le Coutre* . . . . . 116
— Das Handbuch der Karteitechnik. Von *W. Porstmann*. B. . *976*
— Rechnungswesen und technischer Betrieb. Von *W. Lorch* und *Fr. Sommer*. B. . . . . *1143*
— Grundzüge der Plankostenrechnung. Von *Sommer* . . . *1443**
— Der Kosteningenieur. Von *F. Zeidler*. B. . . . . *1537**
— Kostenberechnung im Ingenieurbau. Von *H. Ritter*. B. . *1659*

**Bücherei.** The Aslib directory. Von *G. F. Barwick*. B. . . . *1628*
— Vermittlungsstelle für den technisch - wissenschaftlichen Quellennachweis . . . . . *1780*

Bügeln s. Faserstoff.

Büromaschine s. Druckerei, Schreibmaschine.

**Chemie** s. a. Öl, Wörterbuch.
— Physikalisch-chemische Grundlagen der chemischen Technologie. Von *G. M. Schwab*. B. . . . . 35
— Die Methodik der Fermente. Von *C. Oppenheimer*, und *L. Pincussen*. B. . . . 71, 628
— Enzyklopädie der technischen Chemie. Von *F. Ullmann*. B. 207
— Lehrbuch der physikalischen Chemie. Von *K. Jellinek*. B. 239
— Technische Elektrochemie. Von *J. Billiter*. B. . . . . 383
— Kurzes Lehrbuch der Chemie in Natur und Wirtschaft. Von *C. Oppenheimer* und *J. Matula*. B. . . . . 447
— Engineering chemistry. Von *T. B. Stillmann*. B. . . . . 659
— Technik der Emulsionen. Von *O. Lange*. B. . . . . 771
— Lehrbuch der physikalischen Chemie in elementarer Darstellung. Von *J. Eggert*. B. . 833
— Ubbelohdes Handbuch der Chemie und Technologie der Öle und Fette. B. . . . . *1215*
— Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie. B. . . . . *1452*
— Verbrennungs- und Explosionsvorgänge. Von *F. Haber* *1619*
— Enzyklopädie der technischen Chemie. Von *Fr. Ullmann*. B. *1835*

**Chemische Industrie** s. a. Ammoniak, Kohle, Kompressor, Öl, Stickstoff.
— Chemische Industrie. Von *Schaub* (Chronik) . . . . . 868*
— Der Betriebs-Chemiker. Von *B. Waeser*. B. . . . . *1291*

**Chronik** s. a. Bergbau, Brennstoff, Brücke, Chemische Industrie, Eisenbahn, Eisenbau, elektrisches Nachrichtenwesen, Elektrotechnik, Fabrik, Faserstoff, Gas, Hüttenwesen, Kompressor, Kraftmaschine, Kraftwagen, Lager- und Ladevorrichtung, Landmaschine, Lokomotive, Luftfahrt, Normen, Pumpe, Schiff, Städtewesen, Versuchsanstalt, Wasserbau, Wasserkraft, Werkstoff, Werkzeugmaschine.
— Jahresschau der Technik 1928/29, Bildblatt 5 bis 8 . . 853*

**Damm** s. Wehr.

**Dampf** s. a. Kraftwagen, Mechanik, Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse).
— Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen von Sattdampf für Temperaturen bis 210 °C. Von *M. Jakob* . . . . . 82, 504*
— desgl. B. . . . . 176
— Verdunstungsversuche. Von *Fischer* . . . . . 84
— Der Wärmeübergang beim Kondensieren von Heiß- und Sattdampf. Von *M. Jakob* und *S. Erk*. B. . . . . 176
— desgl. . . . . 761*
— Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen von Sattdampf zwischen 210 und 250 °C. Von *M. Jakob* und *W. Fritz*. A. . 629*
— Das ix-Diagramm für Dampfluftgemische. Von *R. Mollier*. A. . . . . *1009**
— Heiß- oder Sattdampf für Heizanlagen . . . . . *1474*
— Der Wärmeübergang in einem waagerechten Rohr beim Kondensieren von Satt- und Heißdampf. Von *M. Jakob*, *S. Erk* und *H. Eck*. A. . . . . *1517**
— Rahmen-Tafeln für Wasserdampf. Von *M. Jakob* . . . *1858**

**Dampfkessel** s. a. Abwärme, Dampfkesselexplosion, Elastizität, Feuerung, Kraftwagen, Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse), Weltkraftkonferenz.
— Wasserumlauf in Siederohrkesseln. Von *E. Schmidt* . . 83
— Versuche an Elektro-Dampfkesseln . . . . . 106
— Hochdruck - Lokomotivkessel für 60 at, Bauart „Winterthur", Verbindung von Kesseltrommel und Wasserwänden . . 153*
— Wirtschaftlicher Dampfdruck für Elektrizitätswerke unter Berücksichtigung des Löfflerkessels. Von *Münzinger* . . 345
— Große Hochdruckkesseltrommeln . . . . . 413
— Neue Kessel für das Hell Gate-Kraftwerk . . . . . 657
— Ein neuer Rauchröhrenkessel 802
— Hanomag-Kessel mit Brennkammer und Kohlenstaubfeuerung der Kohlen-Scheidungs - Ges., Kessel der Maschinenbauanstalt Humboldt mit Brennkammer der AEG für die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim . 913*
— Der „Chalk"-Wasserrohrkessel *1069*
— Dampfkessel für einen Dampfomnibus . . . . . *1139**
— Versuche über den Wasserumlauf in Dampfkesseln. Von *E. Schmidt*. A. . . . . *1151**
— Versuchskessel mit 6,8 m Rohrlänge der Lokomotivfabrik J. A. Maffei . . . . *1225**
— Kessel für Betriebs- und Versuchszwecke . . . . . *1290*
— Warmhalten von Bereitschaftkesseln mit Rauchgasen . . *1370*
— Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel. Von *A. Rühl* und *O. Ulrichs*. B. . . . . *1564*
— Risse in einem Schlammablaßstutzen . . . . . *1634*
— Dampfkessel mit vereinigter Öl- und Abgasheizung . . . *1657*

Seite

**Dampfkessel.**
— Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln. Von *K. Cleve* . *1709*
— desgl. B. . . . . *1722*
— Rohrführung im Bensonkessel und an den Meßstellen . . . *1815**

**Dampfkesselexplosion.** Explosion einer Kesseltrommel . . . 594
— Die Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich im Jahre 1928. Von *Reithinger* . . . *1478*
— Explosion eines geschweißten Heizkessels . . . . . *1626*

**Dampfmaschine** s. a. Steuerung, Wärme.
— Die dreizylindrige Dampfmaschine der Hochdrucklokomotive „Winterthur" . . . 153*
— Antriebdampfmaschine für einen Dampfomnibus . . . . *1140**

**Dampfturbine** s. a. Dynamomaschine, Wärme.
— Neuere thermodynamische Fragen des Dampfturbinenbaues. Von *G. Zerkowitz* . . 84
— Dampfturbine für sehr niedrige Drücke . . . . . 174
— Die Höchstdruckturbine, eine Baustofffrage. Von *Kraft* . . 345
— 6000 kW - Turbodynamo mit einem Gehäuse . . . . . 413
— Die Vorschaltturbine als Druckminderventil . . . . 478
— Wirtschaftlichkeit einer neunstufigen 37 000 kW-Turbine . 737
— Hochdruckturbine von Brown, Boveri & Cie. . . . . *996**
— Neuartige Anordnung von Turbodynamos . . . . . *1006*
— Steam turbines. Von *J. A. Moyer*. B. . . . . *1143*
— Versuche an einer 14 000 kW-Entnahmeturbine. Von *H. Baer*. A. . . . . *1472**
— Inbetriebnahme einer 208 000 kW-Turbodynamo . . . . *1690*
— Ljungström-Dampfturbinen für große Leistungen . . . . . *1798*

Dehnung s. Elastizität.

Diesellokomotive s. Lokomotive.

Dieselmaschine s. Verbrennungsmaschine.

**Dock.** Instandsetzung und Verlängerung des Trockendocks VI der Deutschen Werke A.-G., Kiel. Von *S. Kiehne* . . . . 735
— Trockendock bei Philadelphia *1006*

Dränung s. Abwässerung, Bagger, Bewässern.

**Draht** s. a. Seil.
— Über den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten. Von *Siebel* . . . . *1284**

Drehen s. Werkzeugmaschine.

Drehschwingungsmaschine s. Werkstoff.

**Druckerei.** Das Tiefdruckverfahren. Von *R. Krug*, *Fr. Rothe* und *H. Wenzel*. B. . . . . 660
— Manuskript und Korrektur. Von *W. Hellwig*. B. . . . . *1072*
— Einführvorrichtungen und Stapelgreifer an Büromaschinen. Von *R. Berger*. A. . . *1131**
— Aus der Werkstelle der Zeitschriften des Vereines deutscher Ingenieure. Von *H. Fritz*. A. . . . . *1165**
— Die Illustrationsverfahren. Von *O. Krüger*. B. . . . . *1723*

**Druckluft** s. a. Kompressor, Schalter.
— Druckluft als Antriebmittel in Steinkohlenbergwerken. Von *A. Grumbrecht*. A. . . . . *1493**
— Drucklufterzeugung vor Ort. Von *Rothmann*. A. . . . . *1647**

Seite

Drucköl s. Steuerung.
Druckstollen s. Wasserleitung.
Druckwasseranlage s. Pumpe.
Dünger s. Abwässerung.
**Düse.** Schema und Wirkungsweise der Quadratdüse von Lanninger für Beregnungsanlagen, Hüdig-Drehstahlregner für Kreisberegnung . . . . 113*
— Die Durchflußzahlen von Normaldüsen und Normalstauändern für Rohrdurchmesser von 100 bis 1000 mm. Von *M. Jakob* und *Fr. Kretzschmer* . . . 935*
— Durchflußzahlen der Normaldüse. Von *H. Mueller* und *H. Peters* . . . . . *966**
— Durchflußbeiwerte der J. G.-Meßmündungen. Z. . . . . *976*
Duralumin s. Aluminium.
**Dynamomaschine** s. a. Kühlen.
— Stromerzeuger im Freien . . 447
— Mit Wasserstoff gekühlter Stromerzeuger . . . . . 737
— Gleichstrom-Doppelmaschinen für 12 000 kW. Von *Lewinnek* 765*
— Fortschritte im Bau von Turbostromerzeugern. Von *M. Zorn* . . . . . *1134**
— Neue elektrische Großmaschinen. Von *F. Niethammer* . . *1247**
— Senkrechter Drehstromerzeuger der Maschinenfabrik Oerlikon, von Brown, Boveri & Cie. . . . . *1247**
— Belastungsbild in Polarkoordinaten . . . . . *1594*

**Ebene** s. Messen.
Edelguß s. Werkstoff.
Eis s. Kohlensäure.
**Eisenbahn** s. a. Anstrich, Brücke, Eisenbahnoberbau, Eisenbahnwagen, elektrische Bahn, Fähre, Hochbau, Kraftwagen, Lokomotive, Messen, Signal.
— Eisenbahnbetriebslehre. Von *Heinrich*. B. . . . . 35
— Bahnlinie für 40 t Achsdruck . 107
— Das Eisenbahnwesen. Von *Blum* . . . . . 219
— Die Eisenbahnen der Erde . . 595
— Eisenbahnwesen. Bau und Betrieb. Von *Blum* (Chronik) . 873
— Schnellzüge in England . . *1069*
— Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen. Von *Fr. Landsberg*. B. . . . . *1692*
— Schweißen im Eisenbahnwesen. Von *Bardtke*. A. . . *1733**
**Eisenbahnoberbau** s. a. Elektrische Bahn, Kraftwagen, Walzen.
— Längskräfte im Eisenbahngleis. Von *Ammann* und *v. Gruenewaldt*. A. . . . . 157*
— Fahrbare Gleisschotter-Reinigungsanlage . . . . . 237
— Holzschwellen auf Betonbettung für Schnellbahngleise . 414
— Schmiervorrichtung zur Verminderung der Spurkranzabnutzung . . . . . 802
— Einfluß der Walztemperatur auf die Eigenschaften der Schienen . . . . . *984*
— Ebene Berührungsfläche zwischen Rad und Schiene . . . *1029**
— Holz- und Stahlschwellen im Eisenbahnoberbau Englands . *1410*
— Versuche an verschweißten Eisenbahngleisen . . . . . *1478*
— Maschineller Gleisumbau . . *1562*
**Eisenbahnwagen** s. Kältetechnik, Kohlenstaub, Kupplung, Schiff.
— Amerikanischer Eisenbahnwagenbau . . . . . 142

Seite

**Eisenbahnwagen.**
— Beförderung flüssigen Roheisens auf 16,5 km Entfernung 446
— Öffnen und Schließen von Selbstentladewagen mittels Druckölzylinders . . . . . 833
— Schwierige Eisenbahnbeförderung von Riesentransformatoren . . . . . *1290*
— Sonderwagen zur Bahnbeförderung eines Umspanners für 220 kV. . . . . *1485**
— Neue Wagen der Untergrundbahn in Philadelphia . . . *1558*
**Eisenbau** s. a. Brücke, Hochbau, Mast, Messen, Normen, Wasserbau.
— Tagung für Brücken- und Hochbau in Wien. Von *K. Bernhard* . . . . . 92
— Geschweißte Rohrkonstruktionen. Von *A. Hilpert* und *O. Bondy*. A. . . . . 805*
— Brücken- und Baukonstruktionen. Von *K. Bernhard* (Chronik) . . . . . 871*
— Sondermaschine für die Herstellung von Gebäudesäulen. Von *H. Illies* . . . . . *1136**
— Elektrisch geschweißte Eisenkonstruktionen. Von *E. Rosenberg*. A. . . . . *1742**
— Versuche mit geschweißten Fachwerkträgern. Von *W. Gehler*. A. . . . . *1747**
Eisenbeton s. Beton, Brücke.
**Eisenhüttenwesen** s. a. Abwässerung, Blech, Eisenbahnwagen, Glas, Hochofen, Koks, Ofen, Schere, Walzen, Zement, Ziegelei.
— Roheisen- und Rohstahlerzeugung 1928 . . . . . 350
— Die Gaswirtschaft auf deutschen Hüttenwerken. Von *Prockat* . . . . . 538
— Practical steelmaking. Von *W. Lister*. B. . . . . 771
— Die Entwicklung der Bauart und Betriebsweise der Roheisenmischer in der Nachkriegszeit. Von *E. Herzog* . . *1099*
— Fortschritte in den metallurgischen Hüttenbetrieben. Von *O. Petersen* . . . . . *1100*
— Wie ist der basische Stahlschmelzofen gegenüber dem sauer zugestellten metallurgisch zu bewerten? Von *E. Piwowarsky* . . . . . *1142*
— Eisenschwamm nach dem Smith-Verfahren. Von *F. Meißner* . . . . . *1328*
— Fahrbarer Roheisenmischer . *1626**
— Die unmittelbare Erzeugung des Eisens nach dem Musso-Verfahren . . . . . *1866*
**Elastizität** s. a. Holz, Zylinder.
— Spannungsermittlung in Druckstäben. Von *H. Frey* und *R. Frey* . . . . . 66*
— Sicherheitsgrad und Beanspruchung. Von *Gehler* . . 93
— Bemessung zentrisch und exzentrisch gedrückter Stäbe auf Knickung. Von *G. Pigeaud* . 93
— Die Bruchgefahr spröder Körper. Von *G. Sachs* . . . . 161
— Festigkeitslehre. Von *G. F. Swain*. B. . . . . 176
— Spannungserhöhung infolge der Kerbwirkung. Von *Wewerka* . . . . . 358
— Einheitliche Bezeichnungen der Festigkeitsbegriffe. Von *Rötscher* . . . . . 362

Seite

**Elastizität.**
— Aufgaben und Fortschritte der Dehnungsmessung am Schiff im Seegang. Von *Siemann* . 377*
— Über Knickung von Platten. Von *Schnadel* . . . . . 377
— Festigkeitslehre. Von *S. Timoshenko* und *J. M. Lessels*. B. . . . . 511
— Bestimmung der Dauerfestigkeit von Metallen durch Messung des elektrischen Widerstandes . . . . . 595
— Konstante Brucharbeit als Erklärung für den Bruch durch Ermüdungs- und andre Belastungen. Von *Durrer* . . 830*
— Dynamische Untersuchungen an technischen Gebilden. Von *W. Späth*. A. . . . . *963**
— Schwingungsprüfmaschine nach Späth . . . . . *963**
— Spannung und Dehnung in Gestellen mit Zugankern. Von *F. Schmidt* . . . . . *967**
— Torsionsspannung in runden Wellen. Von *R. Sonntag* . . *1101**
— Über die Beziehungen der Dauerbiegefestigkeit zu den statischen Festigkeitswerten. Von *W. Herold*. A. . . . . *1261**
— Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente. Von *O. Graf*. B. . *1331*
— Spannungen in den Zähnen von Zahnrädern . . . . . *1370**
— Ermüdungsversuche an Kesseltrommeln . . . . . *1410*
— Elastische Formänderungen gezogener Holzstäbe. Von *H. Sieglerschmidt* und *J. Stamer* . . . . . *1649**
— Dauerversuche an Werkstoffen. Von *P. Ludwik*. A. . . . *1801**
**Elektrische Bahn** s. a. Eisenbahnwagen, Elektromotor, Lokomotive, Straßenbahn.
— Gutachten über die Elektrifizierung der Strecke Wien—Salzburg. B. . . . . 35
— Die Wiener Stadt- und Vorortbahnen . . . . . 150*
— desgl. Z. . . . . 237
— Elektrische Lokomotive von 4000 PS für die Lötschbergbahn . . . . . 206
— Die Entwicklung der elektrischen Lokomotiven und Triebwagen. Von *F. H. Saurau*. B. 207
— Fünfzig Jahre elektrische Eisenbahn. A. . . . . 661*
— desgl. Z. . . . . 943
— Elektrischer Zugbetrieb auf der Reichsbahn. Von *W. Wechmann*. A. . . . . 663*
— Stand der elektrischen Zugförderung in außerdeutschen Ländern . . . . . 666
— Neue elektrische Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn. Von *Tetzlaff* und *Schlemmer*. Taf. 1 und 2. A. . . . . 667*
— desgl. Z. . . . . 943
— Elektrische Zugförderung auf der Mailänder Nordbahn. Von *T. Scotari* . . . . . 696*
— Fahrleitungen für Vollbahnen. Von *Naderer*. Bildbl. 3 und 4. A. . . . . 697*
— Stromschiene der ersten elektrischen Bahn (1879) Fahrdraht - Querschnitte, Hänger und Seitenhalterklemmen . . . . . 697*
— Selbsttätige Steuerung von Zügen der Berliner Hoch- und Untergrundbahn. Von *Burghardt*. A. . . . . 705*

Seite

**Elektrische Bahn.**
— Neue Vorortstrecken der englischen Südbahn mit elektrischem Betrieb . . . . . 941
— Die Pyrenäenbahn d'Ax les Thermes-Puigcerda . . . . *1214*
— Erweiterung des Schnellbahnnetzes in Paris . . . . . *1250*
— Elektrische Zugförderung in Amerika . . . . . *1721*
— Lärmbekämpfung an Untergrundbahnwagen . . . . . *1721*
— Elektrische Bahnen. Von *O. Höring.* B. . . . . *1835*

**Elektrische Eisenerzeugung.** Qualitätsfragen im Elektrostahlwerk. Von *K. v. Kerpely* . . *1140*
— Der eisenlose Induktionsofen unter besonderer Berücksichtigung von Sonderausführungen. Von *M. H. Kraemer* . . *1140*
— Betriebskennziffern amerikanischer Elektroöfen. Von *K. F. Krau* . . . . . *1141*
— Die Erzeugung von synthetischem Grauguß im Elektroofen. Von *Nathusius* . . . . *1141*
— Das Elektrostahlverfahren. B. *1178*

**Elektrisches Nachrichtenwesen** s. a. Signal.
— Neuerungen im Funkwesen. *F. Noack* . . . . . 95*
— Die Schwächung drahtloser Wellen über Städten. Von *F. Noack* . . . . . 378*
— Selbstanschlußtechnik. Von *M. Hebel.* B. . . . . 416
— Stromverbrauch amerikanischer Rundfunkhörer . . . 478
— Die Bedeutung der drahtlosen Telegraphie für die Wissenschaft. Von *J. Zenneck* . A. 565*
— Das neue Fernamt in Berlin. Von *O. Kuhn.* A. . . . . 709*
— Handwörterbuch des elektrischen Fernmeldewesens. Von *E. Feyerabend, H. Heidecker, Fr. Breisig* und *A. Kruckow.* B. . . . . 738
— Elektrisches Nachrichtenwesen. Von *Noack* (Chronik) 877*
— Ultrakurze Welle. Von *F. Noack* . . . . . *1005**
— Weltfernsprechverkehr. Von *Craemer* . . . . . *1365*
— Die neuere Entwicklung der Hochfrequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen. Von *E. Habann.* B. . . . . *1563*
— Hochfrequenz-Telephonie längs Leitungen . . . . . *1594*
— Die Ergebnisse der Funktagung im Haag. Von *F. Noack* . . . . . *1673*
— Das Fernsehen in Deutschland. Von *F. Noack.* A. . . *1703**

**Elektrizitätswerk** s. a. Dampfturbine, elektrisches Nachrichtenwesen, Elektrizitätswirtschaft, Hochdruckdampf, Kondensation, Lager- und Ladevorrichtung, Messen, Pumpe.
— Hochdruck-Wasserkraftanlage von 780 m Gefälle . . . . 69
— Wasserkraftwerk Lilla Edet. Z. . . . . 161
— Wasserkraftwerk bei Bombay 657
— Bau der großen Elektrizitätswerke. Von *Arndt* . . . . 735
— Erweiterungskosten eines Dampfkraftwerkes . . . . *1069*
— Der Bau des Kraftwerks Kearny bei Newark. Von *H. Griesel.* A. . . . . *1119**
— Erweiterung der Hochdruck-Speicheranlage des Murg-Schwarzenbachwerkes. Von *E. Treiber.* A. . . . . *1156**

Seite

**Elektrizitätswerk.**
— Großes Kraftwerk für ein Warenhaus . . . . . *1213*
— Japans größtes Wasserkraftwerk . . . . . *1530*
— Bauarbeiten am Grimselwerk *1562*
— Ausbau des Kraftwerks Issyles-Moulineaux . . . . . *1572*
— Englands Elektrizitätserzeugung im Jahre 1928/29 . . *1626*
— Vereinheitlichung der Frequenz in Paris . . . . . *1627*
— Die Wasserkraftanlage in Conowingo . . . . . *1627*
— Die Stromtarife der Elektrizitätswerke. Von *H E. Eisenmenger* und *A. G. Arnold.* B. *1627*
— Vorausschätzen der Kraftwerkbelastung . . . . . *1657*
— Die deutsche Elektrizitätserzeugung im Jahre 1928 . . *1690*
— Das Heizkraftwerk der Stadt Winnipeg . . . . . *1721*
— Wasserkraftanlage in Korea (Chosen) . . . . . *1721*
— Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten. Von *E. Krohne.* B. . . . . *1799*
— Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke 1928. B. . *1867*
— Verzeichnis der mit Elektrizität versorgten Orte Deutschlands 1928. B. . . . . *1867*

**Elektrizitätswirtschaft** s. a. Landwirtschaft.
— Englische Elektrizitätswirtschaft. Von *G. Brandt.* B. . 803
— Die Deckung des Winter-Strombedarfs der Schweiz . . . . 832
— Die ostpreußische Elektrizitätsversorgung. Von *O. Jahncke.* A. . . . . 849*
— Schwedens Verbrauch an elektrischer Energie . . . . . *1178*

**Elektromotor** s. a. Faserstoff, Lager, Walzen.
— Berechnung der Kranmotoren für aussetzenden Betrieb. Z. . 352
— Zwillingsmotor der 1 Do 1-Schnellzuglokomotive mit Hohlwellenantrieb . . . . . 671*
— Einphasen-Lokomotivmotor von Bergmann für 3400 PS Stundenleistung, 250 U/min und unmittelbaren Stangenantrieb der 2 C 2-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn, Ausrückvorrichtung für Tatzenlagermotoren der Siemens-Schuckertwerke A.-G., der AEG., Tatzenlager-Einphasenmotor mit Rollenlagern der 1 Bo-Bo 1-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn, Einphasen-Lokomotivmotor mit senkrechter Welle der 1 Do-1-Schnellzuglokomotiven, Reihe 1570 der Österr. Bundesbahnen, Gleichstrom-Zwillingsmotor mit Kompensationswicklung der 1 Do 1-Schnellzuglokomotiven der Tschechoslowakischen Staatsbahnen. Drehstrom-Lokomotivmotor der 1 D 1-Schnellzuglokomotiven der italienischen Staatsbahnen 678*
— Straßenbahn-Leichtgewichtsmotor. Von *Mecke* . . . . 708*
— Umkehr-Walzmotor für 32 400 kW Höchstleistung . . . . *1827**

Elektron s. Physik.

**Elektrotechnik** s. a. Anatomie, Blitzschutz, Chemie, Dampfkessel, Dynamomaschine, Eisenbahnwagen, elektrische Bahn, elektrisches Nachrichtenwesen, Elektrizitätswerk, Elektrizitätswirtschaft, Elektromotor, Fabrik, Gießen, Gleichrichter, Hebezeug, Heizung, Isolieren, Kabel, Kraftübertragung, Kraftwagen, Landwirtschaft, Magnet, Messen, Normen, Ofen, Schalter, Schiffsmaschine, Schweißen, Theater, Verbrennungsmaschine, Versuchsanstalt, Wasserleitung, Werkstoff, Werkzeug, Werkzeugmaschine.
— Handbuch der Elektrizität und des Magnetismus. Von *L. Graetz.* B. . . . . 70
— Siemens-Jahrbuch 1928. B. . 107
— Neue Hochspannungssicherungen . . . . . 392
— Elektrische Starkstromanlagen. Von *E. Kosack.* B. . . . . 479
— Aufgaben des Elektromaschinenbaues. Von *F. Unger.* A. 605
— Elektrotechnik. Von *Nicthammer* (Chronik) . . . . . 856*
— desgl. Z. . . . . *1098*
— Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie. Von *R. Audubert, Ch. rand, G. Foex.* B. . . . . *975*
— Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. B. . . . . *1008*
— Naval electrical manual 1928. B. . . . . *1107*
— Elektrizität im Hause. Von *F. Niethammer.* B. . . . . *1292*
— Elektrische Geräte für 220 kV *1485**
— Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung. Von *J. R. Carson, F. Ollendorff* und *K. Pohlhausen.* B . . . *1563*
— Technologisches Handbuch der Elektrotechnik und der Elektrochemie. Von *A. Schlomann.* B. . . . . *1691*
— Lichtbogenschweißung im Bau elektrischer Maschinen. Von *C. Ritz.* A. . . . . *1740**

Element s. Physik.
Emaille s. Metallschutz.
Emulsion s. Chemie.

**Energiewirtschaft.** Japans Kraftwirtschaft . . . . . 382
— Power Resources of the world. B. . . . . *1143*
— Ausbau der Kraftwirtschaft Sowjet-Rußlands . . . . . *1530*

Entaschen s. Feuerung.
Erdbau s. Baumaschine.
Erz s. Ofen.
Ermüdung s. Elastizität.
Experiment s. Versuchsanstalt.
Explosion s. Unfall.

**Fabrik** s. a. Beleuchtung, Gewerbeaufsicht, Hochbau, Jubiläum, Werkzeugmaschine.
— Das neue Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke. Von *H. Beiersdorf.* A. . . . . 457*
— Organisation und Werkzeugmaschinen. Von *Behrens* (Chronik) . . . . . 866*
— Geschichte der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen 1879 bis 1929. B. . . . . *1071*
— Die Neu- und Umbauten im Kabelwerk der AEG. Von *E. Heideck.* A. . . . . *1849**

**Fähre.** Diesel-Eisenbahnfähre auf dem Bodensee . . . . . *1819**

Fahrleitung s. Elektrische Bahn.
Farbe s. Anstrich, Messen.

**Faserstoff** s. a. Asbest, Lüftung, Normen, Unfallverhütung.
— Der Webstuhlantrieb. Z. . . 72

Seite

**Faserstoff.**
— Bügelmaschinen. Von *Schwenninger* . . . . . 101*
— Die Rohstoffe des Pflanzenreiches. Von *J. Wiesner*. B. . 239
— Textiltechnik. Von *E. Meister*. A. . . . . 273
— Textile Rationalisierungsfragen. Von *O. Johannsen*. A. 274
— Tagesfragen im Bau von Webstühlen und Vorbereitungsmaschinen. Von *F. Birkhofer*. A. . . . . 279*
— Neuere Webverfahren. Von *E. Mauz*, Bildbl. 1. A. . . . . 285*
— Webverfahren nach Gabler, nach Nicolet, Rundwebstuhl von Jabouley . . . . . 285*
— Ausrüstungsmaschinen für Kunstseide. Von *E. A. Anke*. A. . . . . 290*
— Strangfärbemaschine mit Umzughaspel, Jigger-Färbemaschine, Stärkemaschine mit Palmer und Filzkalander, Spannrahm- und Trokkenmaschine mit Stärkemaschine, Appretbrechmaschine für kunstseidene Waren, Dreiwalzenkalander, Färbemaschine für Strümpfe . . . . . 291*
— Aufbereitung von Bastfasern. Von *Hentschel* . . . . . 293
— Tagesfragen des Maschinenbaues für die Ausrüstungsindustrie. Von *G. C. Schmid*. A. . . . . 294*
— Sauerstoff - Kaltbleiche nach Mohr der Zittauer Maschinenfabrik A.-G., Spann- und Trockenmaschine mit neun parallelen Feldern, Zylindertrockenmaschine mit Kugellagerung, Sonderkalander mit 16 Walzen von C. H. Weißbach . . 294*
— Das Walzenstreckwerk in der Baumwollspinnerei. Von *E. Toeniessen*. A. . . . . 298*
— Verbesserungen an Kammgarnkrempeln. Von *F. Hempel*. A. . . . . 301*
— Gleitwiderstände in Fadenführungen. Von *W. Krumme*. A. 303*
— Läufer einer Ringspinnmaschine, Klöppel einer Flechtmaschine, Schütze eines Bandwebstuhles . . 303*
— Über die Geschwindigkeitsregelung bei den Ringspinnmaschinen. Von *F. Oertel*. A. 313*
— Der Linealspinnregler. Von *Nullau*. A. . . . . 318*
— Das Vergleichsverfahren im Betriebe der Spinnereien und Webereien. Von *B. Schoof*. A. 330*
— Einzelantrieb für Webstühle alter und neuer Bauart. Von *H. Stenger* . . . . . 332*
— Handbuch der Appretur. Von *J. Bergmann*. B. . . . . 351
— Chemische Technologie der Baumwolle. Von *R. Haller*. B. 596
— Mechanische Hilfsmittel zur Veredlung der Baumwolltextilien. Von *H. Glafey*. B. . . 596
— Faserstoffindustrie. Von *E. Mauz* (Chronik) . . . . . 870*
— Maschine zum Entfasern von Hanf . . . . . *1290*
— Fragen der Kunstseidenindustrie Von *E. Meister* . . . *1369*
— Über Entwicklung und Ziele der Kunstseidenindustrie. Von *O. Faust* . . . . . *1369*

Seite

**Faserstoff.**
— Neuere Prüfverfahren für Kunstseide. Von *A. Herzog* . *1370*
— Die Spinnzentrifuge in Theorie und Praxis. Von *H. Schulmann*. A. . . . . *1393**
— Betriebserfahrungen in der Kunstseidenindustrie. Von *E. Köhler* . . . . . *1529*
— Verhütung von Doppelfäden an Spinnmaschinen. Von *Klebs* *1653**
— Wirkereilehre. Von *W. Schmitz*. B. . . . . *1835*
**Feder.** Schnellaufende Prüfmaschine für Dauerversuche an Blattfedern . . . . . 174*
**Feinmechanik** s. a: Druckerei, Schreibmaschine, Sprechmaschine.
— Bauelemente der Feinmechanik. Von *O. Richter* und *R. v. Voß*. B. . . . . 382
— Konstruktions-Elemente der feinmechanischen Technik. B. 382
Fernheizwerk s. Heizung.
Fernleitung s. Mast.
Fernsprecher s. elektrisches Nachrichtenwesen.
Festigkeit s. Elastizität, Schraube.
**Festschrift.** Festschrift. Prof. Dr. A. Stodola zum 70. Geburtstag überreicht. Von *E. Honegger*. B. . . . . 658
— Junkers. B. . . . . 942
Feuerbüchse s. Kupfer.
Feuerfester Baustoff s. Ziegelei.
**Feuerschutz** s. a. Kohle.
— Handlöscher für Kraftfahrzeuge. Von *J. Brandl* . . . 172*
— Gasdruckspritze von Minimax und von Radikal, Löschpulvergebläse von Total . . . . . 173*
— Wie schütze ich meinen Betrieb vor Feuerschaden? Von *R. Bethke*. B. . . . . 208
— Feuerschutz in Häusern und Betrieben. Von *L. Merz*. B. . 596
— Brandgefahren durch Unterstellen von Kraftwagen in ungeeigneten Räumen. Von *H. Clausen* . . . . . 609
— Feuerlöschen mittels Schaum und Kohlensäureschnee. Von *A. Karsten* . . . . . *1322**
— Minimax-Schaumgenerator, Schaumakkumulator, Schaummörser, Kohlensäure-Löschanlage des Großkraftwerkes Klingenberg . . . . . *1322**
— Regenwandanlage . . . . . *1458*
**Feuerung** s. a. Abwärme, Gasreinigung, Keramik, Normen, Rauchverhütung, Rost.
— Versuche mit einer neuen Feuerraumauskleidung . . . 34
— Aschenejektor . . . . . 257*
— Rostfeuerungen für Dampfkessel. Die Londoner Brennstofftagung 1928. Von *B. Kretzschmar*. A. . . . . 261*
— Schacht - Kettenrostfeuerung, Scheibenkettenrost für Torf nach Makarieff, selbsttätiger Treppenrost mit Vortrockenschacht, Spezial-Plutofeuerung für feuchte Braunkohle . . . 261*
— Dampfkesselfeuerungen für Braunkohle. Von *E. Lenhart*. B. . . . . 271
— Handbuch der Feuerungstechnik und des Dampfkesselbetriebes. Von *G. Herberg*. B. 351
— Kohlenstaubfeuerung auf Frachtdampfern . . . . . 382

Seite

**Feuerung.**
— Ölfeuerung für die Millars-Mischmaschine . . . . . 463*
— Neuartige Drehrost- und Schrägrostfeuerungen für Dampfkessel . . . . . 626
— Thermodynamik der Staubfeuerung. Von *P. Rosin*. A. 719*
— Selbsttätige Wanderrostfeuerung für Dampfkessel. Von *R. Bosselmann*. A. . . . . *1051**
— Regler für den Rauchgasschieber . . . . . *1053**
— Das It-Diagramm der Verbrennung. Von *P. Rosin* und *R. Fehling*. B. . . . . *1070*
— Dupont - Simplex - Stoker der Standard Stoker Co., Rüttelrosteinrichtung der Franklin Railway Supply Co. . . . . *1090**
— Zusatzfeuerung für Zellpechpulver an Kesseln . . . . . *1117**
— Holzstaubfeuerungen . . . . *1316**
— Zunehmende Verwendung der Kohlenstaubfeuerung zur Krafterzeugung . . . . . *1330*
— Umbau von Wanderrostfeuerungen in Kohlenstaubfeuerungen . . . . . *1410*
— Flugasche-Abscheider im Hotel „New York“ . . . . . *1866*
**Filter** s. a. Gasreinigung.
— Ununterbrochen arbeitende Filter und Walzentrockner. Von *Geisler* . . . . . *1033**
**Flasche** s. a. Kellereimaschine, Unfall.
— Herstellungsfehler an Gasflaschen. Von *E. Aeuer* und *O. Sorge*. A. . . . . *1613**
**Fließarbeit** s. a. Metallschutz, Ofen.
— Grundsätzliches über Fließarbeit. Von *Köttgen* . . . 125
— Leistungsuntersuchungen bei der Fließarbeit. Von *E. Sachsenberg*. A. . . . . *1227**
Floß s. Lager- und Ladevorrichtung.
Flugasche s. Gasreinigung.
Flugmotor s. Verbrennungsmaschine.
Fördermaschine s. Bremse, Seil.
**Formmaschine.** Die Druckluft-Formpresse. Von *U. Lohse*. A. *1181**
Forschung s. Versuchsanstalt.
Forstwirtschaft s. Holz, Landmaschine.
Fräsen s. Werkzeugmaschine.
Fundament s. Gründung, Maschinengründung.

**G**ären s. Kohlensäure.
**Gas** s. a. Abwärme, Abwässerung, Behälter, Brauerei, Chemie, Eisenhüttenwesen, Flasche, Gasanalyse, Gasreinigung, Helium, Kalorimeter, Kohlensäure, Koks, Lager- und Ladevorrichtung, Löten, Mechanik, Messen, Ofen, Rohr, Schweißen, Stickstoff, Unfall.
— Anwendung von Koksofengas in der Eisenindustrie . . 104
— Schwelanlage für ein amerikanisches Gaswerk . . . . 106*
— Spülgasschwelung. Von *F. A. Oetken*. A. . . . . 229*
— Lurgi-Großöfen für 360 t Durchsatz . . . . . 230*
— Versuchs-Verkokungsanlage . 381
— Bussey - Tieftemperatur - Verkokungsverfahren . . . . . 510
— Die Entwicklung der Gasgeräte in der letzten Zeit. Von *Th. von Gászler*. A. . . . . 513
— Gasfernleitungen. Von *K. Traenckner*. A. . . . . 517*

Seite

**Gas.**
— Der gegenwärtige Stand der Kohlenschwelung in Deutschland. Von *R. Heinze* und *A. Thau*. A. . . . . 524*
— Ringteller-Schwelofen von Honigmann-Bartling, Spülgas-Schwelofen für Briketts der Deutschen Erdöl-A.-G. . . . . 526*
— Das neue Entgasungsverfahren beim Städtischen Gaswerk Jena . . . . . 530
— Neues Baseler Gaswerk . . 530
— Gasprüfung. Von *A. Sander*. A. . . . . 531*
— Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flamme in Gasgemischen. Von *W. Lindner* 648*
Gasindustrie. Von *R. Geipert*. (Chronik) . . . . . 864*
— Über Messungen zur Schmelzkurve des Heliums. Von *F. Henning* . . . . . *1002*
— Wie entgiftet man Leuchtgas? Von *Sander* . . . . . *1206*
— Lehrbuch für Installateure und Techniker des Gasfaches. Von *A. Rasche*. B. . . . . *1215*
— Holzstaub-Gaser, Bauart Woodhall-Duckham . . . . . *1316**
— Was bringt uns die Ausstellung im Gasfach? Von *B. Ludwig* . . . . . *1317*
— Braunkohlen-Verschwelung in Oberhessen in Verbindung mit Erzeugung von Gas und Elektrizität. Von *E. Czakò* . . . *1317*
— Bau von Gasfernleitungen in den Vereinigten Staaten. Von *Glinz* . . . . . *1437**
— Zerlegung der Koksofengase und Ausnutzung ihrer Einzelbestandteile. Von *J. Bronn* . *1620*

**Gasanalyse** s. a. Messen.
— Vorrichtung für die technische Gasanalyse nach Dr. Brüggemann, Schwefelprober der Gasmesserfabrik nach H. Raupp, Vorrichtung nach Kattwinkel zur Bestimmung des Benzols im Gase . . . . . 537*

**Gasmaschine** s. Wärme.

**Gasreinigung.** Poröse Steine zum Reinigen von Gasen. Von *P. Meyer* und *W. Stollenwerk* . 412*
— Versuche mit Stoffiltern in Kohlenstaub - Bereitungsanlagen . . . . . 510
— Über Staubabscheider, Bauart Stelz . . . . . 786
— Luftfilter und Filterwirkung. Von *Froitzheim* . . . . . *1447**
— Naßentstaubung von Rauchgasen . . . . . *1594*
— Theorie und Technik der Flugaschenabscheidung Von *E. Heitmann*. B. . . . . *1799*

**Gebirge** s. Bergbau.

**Gebläse** s. a. Kompressor, Kraftwagen, Kriegschiff, Schiffsmaschine.
— Luttengebläse der Maschinenfabrik W. Obertacke, Turbogebläse der Maschinenfabrik Korfmann, der Maschinenfabrik Frölich & Klüpfel, der Maschinenfabrik Flottmann A.-G., Düse und Schaufel . . *1553**

**Geologie.** Neueste Erkenntnisse auf dem Gebiete der Gebirgsdruckerscheinungen. Von *Spackeler* . . . . . 443
— Ingenieurgeologie. Von *K. A. Redlich, K. v. Terzaghi* und *R. Kampe*. B. . . . . *1692*

**Geometrie** s. Mathematik.

**Geräusch** s. Unfallverhütung.

Seite

**Gerben** s. Leder.

**Geschichte** s. a. Aufzug, Bergbau, elektrische Bahn, Fabrik, Festschrift, Lebensbeschreibung, Lokomotive, Museum, Papier, Schiff, Verein.
— Grundsätzliches zur Geschichte der Technik. Von *W. Ostwald*. A. . . . . 1*
Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik. B. . . . . 70
— Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Von *C. Matschoß*. B. . . . . *1834*

**Geschütz.** Das Feldgeschütz mit langem Rohrrücklauf. Von *K. Haußner*. B. . . . . 272

**Geschwindigkeitsmesser.** Handtachometer. Von *E. Horn* . . 347*

**Gesenk** s. a. Stahl.
— Geschweißte Gesenke . . . 769

**Gesetz** s. Patentwesen.

**Gesundheitswesen** s. Abwässerung, Anatomie, Arbeiter, Bad, Krankenhaus, Wasserreinigung.

**Getreide** s. Lager- und Ladevorrichtung, Landwirtschaft, Müllerei.

**Getriebe** s. a. Eisenbahnoberbau, Kurbeltrieb, Zahnrad.
— Offene Scheibenkurve, Doppelscheibenkurve, Rolle an der Stange, Rolle am Hebel, Nutscheibenkurve, geschlossene Trommelkurve, offene Trommelkurve, einfache Scheibenkurve, Formschluß mittels zweier Rollen, Verstellen des Rollenhubes an einer Abfüllmaschine, Leimauftrag in einer gradlinigen Füll- und Schließmaschine, Rollenhub an einer Abfüllmaschine bei unveränderter Kurvenscheibe, Zuführung eines Umschlagblattes bei Revolver - Doppelpaketmaschinen, ruckweiser Vorschub in einer geradlinigen Füll- und Schließmaschine, Blattzuführung vom Stapel mit umlaufenden Leimauftragsegmenten, Blattzuführung von der Rolle, ruckweiser Vorschub der Packung in einer geradlinigen Füll- und Schließmaschine, Getriebe zur Umwandlung der gleichförmigen Drehung einer Welle in eine ungleichförmig erfolgende Drehung, Einschneider für eine Paketmaschine, Einpressen des Füllgutes mit Gegenpreßeinrichtungen in einer gradlinigen Füll- und Schließmaschine, Maschine zum Bearbeiten einer mit gleichförmiger Geschwindigkeit bewegten Stoff- oder Papierbahn, Kolbenabfüllmaschine mit zwei abwechselnd schwingenden Zylindern, Zange zum ruckweisen Vorziehen einer Papierbahn, Tellerabfüllmaschine zum gleichzeitigen Abfüllen zweier Arten von Füllgut . . . . 482*
— Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder kegligen Rädern. Von *H. Fromm*. A. . . *957, 1029**
— Wagnergetriebe und Typenstangengetriebe nach Lind für Schreibmaschinen . . . . . *1481**
— Fahrzeuggetriebe. Von *M. Süberkrüb*. B. . . . . *1723*

Seite

**Getriebe.**
— Die hydrodynamische Arbeitsübertragung durch Transformatoren. Von *Föttinger* . . *1861**

**Gewerbeaufsicht.** Jahresberichte der Gewerbeaufsichtsbeamten und Bergbehörden. B. . . . 659

**Gewinde** s. Normen, Schraube.

**Gießen** s. a. Arbeiter, Formmaschine, Kraftwagen, Ofen, Stahl.
— Sondergießerei für Kolbenringe . . . . . 206
desgl. B. . . . . *1491*
— Über Kokillenguß. Von *H. Obermüller*. A. . . . . 613*
— Handbuch der Eisen- und Stahlgießerei Bd. 3. Von *C. Geiger*. B. . . . . 627
— Die Kunst der Ofenplatten. Von *A. Kippenberger*. B. . . 802
— Kleine Gießerei mit elektrischen Schmelzeinrichtungen . 832
— Das Gießen von Stahlblöcken. Von *F. Pacher* . . . . . *1099*
— Die Entwicklung des Gußeisenschmelzbetriebes und des Gattierungswesens während der letzten 50 Jahre. Von *Chr. Gilles* . . . . . *1141*
— Die Entstehung der Gußstruktur. Von *G. Tammann* . *1175*
— Technische Probleme bei der Erstarrung der Metalle. Von *G. Masing* . . . . . *1176*
— Einfluß des Gießvorganges auf die Festigkeitseigenschaften verschiedener Metalle. Von *G. Schreiber* . . . . . *1176*
Das Schleudergußverfahren in der Metallgießerei. Von *H. Simon* . . . . . *1176*
— Mechanische Technologie für Maschinentechniker. Von *W. Pockrandt*. B. . . . . *1179*
— Lichtbogenöfen in einer Metallgießerei . . . . . *1330*
— Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen? Von *A. Lischka*. B. . *1371*
— Aluminium-Kokillenguß. Von *H. Obermüller*. B. . . . . *1491*
— Versuche an einer Naßputzanlage. Von *Lohse* . . . . *1516*
— Der Einfluß von Poren auf die Festigkeit von Spritzguß. Von *L. Frommer, W. Kuntze* und *G. Sachs*. A. . . . . *1609**

**Glätte** s. Messen.

**Glas.** Einfluß von Aluminium und Magnesium auf die Kristallisationsfähigkeit von Glas . 81
— Regenerativwanne zum Glasschmelzen nach J. Lamort . . 436*
— Wägen und Mischen in der Glashütte. Von *Schwenninger* . . . . . 508*

**Gleichrichter.** Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Von *K. E. Müller*. B. . . . . *1291*
— Elektrische Gleichrichter und Ventile. Von *A. Güntherschulze*. B. . . . . *1371*

**Gleis** s. Eisenbahnoberbau.

**Graben** s. Bagger.

**Grammophon** s. Sprechmaschine.

**Greifer** s. Lager- und Ladevorrichtung.

**Großzahlforschung** s. Werkstoff.

**Grubenlokomotive** s. Lokomotive.

**Grubenrettungswesen** s. Unfallverhütung.

**Gründung** s. a. Biegen, Maschinengründung.
— Die Erschütterungen der Gebäude durch Verkehrseinflüsse und die Maßnahmen zu deren Abwehr. Von *Wittig* . 30

Seite

**Gründung.**
— Ungewöhnliche Gründung eines Kesselschornsteins . . 142
— Senkkasten für die Baugrube des Schiffshebewerks Niederfinow . . . . . 150*
— Die Senkkastengründungen der neuen Rheinbrücken bei Düsseldorf, Köln und Duisburg. Von *Tils* . . . . . 734
— Die Grundbautechnik und ihre maschinellen Hilfsmittel. Von *G. Hetzel, O. Wundram.* B. . *1451*
**Gußeisen** s. Werkstoff.

**Hängebahn** s. Lager- und Ladevorrichtung.
**Härte** s. a. Leder.
— Härteprüfung durch Aufschlagen harter Stahlkugeln . . 174
— Maschinen für Härteprüfungen, technologische Versuche und Verschleißprüfungen an metallischen Werkstoffen. Z. 237
— Zugfestigkeit und Härte bei Metallen. Von *O. Schwarz.* B. 238
— Härteprüfungen in der Fließarbeit. Von *Schaudt* . . . . 471*
— Härteprüfer von Gerber . 471*
— Der Busch-Schumann-Projektor, ein Ablesegerät für Brinellsche Kugeleindrücke. Von *Döhmer* . . . . . 764*
— Zugfestigkeit und Härte bei Metallen. Von *O. Schwarz.* A. 792*
— Über den Zusammenhang zwischen Härte und magnetischen Eigenschaften von Legierungen. Von *A. Schulze* . . . . *1360**
— Bestimmung der Dicke der Härteschicht an Einsatzwerkstücken. Von *A. Wallichs* . *1590**
**Härten.** Härten der Wellen für Kühlwasserpumpen nach dem Nitrierverfahren . . . . . 737
— Warmbehandlung von Flugzeugteilen . . . . . *1397*
**Hafen** s. a. Behälter, Beton, Dock, Lager- und Ladevorrichtung, Luftfahrt, Schleuse.
— Hafenbau in Helgoland. Von *Eckhardt* . . . . . 735
— Port studies. Von *B. Cunningham.* B. . . . . *1107*
— Der Ausbau des Hafens II in Bremen. Von *Hacker.* A. . . *1837**
— Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft. B. . . . *1291*
**Haken.** Ein neuer Schlepphaken mit selbsttätiger Auslösung. Von *W. Brühl* . . . . . *1397**
**Halle** s. Hochbau, Luftfahrt.
**Hammer.** Pickhammer von Flottmann . . . . . *1496**
**Handel.** Grundlagen der modernen Metallwirtschaft. Von *A. Marcus.* B. . . . . *1332*
**Hartzerkleinerung** s. a. Zement.
— Neuerungen in der Hartzerkleinerung. Von *C. Naske.* A. . . . . *1781**
— Backenquetsche zum Feinbrechen von grob vorzerkleinertem Gut, Walzenbrecher für Splitt mit Gleitrahmen . . . . . *1781**
**Harz.** Die natürlichen Harze. Von *H. Wolf.* B. . . . . 207
**Hebezeug** s. a. Aufzug, Elektromotor, Lager- und Ladevorrichtung, Schiffshebewerk. Schwimmkran, Seil.
— Drehlaufkran als Kleinfördermittel. Von *Schlegel* . . . 171*
— Vereinigte Hub- und Katzfahrwinde, Kranfahrbahn, Schleifleitungskanal und Stromabnehmerwagen . . . . . 193*

Seite

**Hebezeug.**
— Differential-Greiferwindwerk mit Getriebekasten. Von *Fr. Toussaint* . . . . . 234*
— Greiferdrehkran mit Kletterkatzen und einziehbarem Ausleger, Flußschiffskran mit Senkvorrichtung für den Ausleger, fahrbarer Auslegerkran für Akkumulatorbetrieb, Elektrokarren mit elektro-hydraulischer Hubvorrichtung . 255*
— Davit für die großen Rettungsboote der neuen Lloyd-Dampfer . . . . . 376*
— Vorträge über Hebezeuge. Von *L. Klein.* B. . . . . 596
— Einachsschleppkran. Von *E. Gascard* . . . . . 728*
— Elektro-Doppelwinde . . . *1486**
— Drehkrane mit Kletterkatzen, Bauart ATG-Bernhard. Von *J. M. Bernhard* . . . . . *1525**
— Neuer Wippkran von Mohr und Federhaff. Von *L. Ludwig* *1716**
— Geschweißte Drehlaufkatzen. Von *L. Schulze.* A. . . . . *1755**
— Einziehkran im Bremer Hafen *1841**
**Heilanstalt** s. Krankenhaus.
**Heimtechnik** s. a. Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse).
— Heimtechnik. Von *L. Schultheiß.* B. . . . . 479
— Die Wanderausstellung „Technik im Heim". Von *Landsberg* 523
**Heizkraftwerk** s. Elektrizitätswerk.
**Heizung** s. a. Beton, Dampf, Dampfkesselexplosion.
— Fernheizwerk für die Technische Hochschule Zürich . 206
— Regeln einer Heizung durch die Außentemperatur . . . 237
— H. Rietschels Leitfaden der Heiz- und Lüftungstechnik. Von *H. Gröber.* B. . . . . 627
— Die Heizungs- und Lüftungsanlagen in den verschiedenen Gebäudearten. Von *M. Hottinger* und *W. v. Gonzenbach.* B. . . . . 627
— Rohrleitungsquerschnitte der Fernheizanlagen Kopenhagen und Aarhus . . . . . *999**
— Fernheizung mit Kühlwasser von Dieselmotoren . . . . *1038*
— Heizwerk für ein großes Treibhaus . . . . . *1105*
— Elektrisches Vorheizen von Zügen . . . . . *1371*
— Elektrischer Herd mit Sandspeicher . . . . . *1702*
**Heizwert** s. Kalorimeter.
**Helium.** Die Gewinnung von Heliumgas . . . . . *1411*
**Hobeln** s. Werkzeugmaschine.
**Hochbau** s. a. Baumaschine, Elektrizitätswerk, Holz, Lager- und Ladevorrichtung, Messen, Städtewesen, Stahl, Statik, Warenhaus.
— Die strafrechtliche Verantwortlichkeit der Baupolizeibeamten. Von *Schmidtmann* . 30
— Vorzüge des Eisenbaues unter besonderer Berücksichtigung des Skelettbaues. Von *Schmuckler* . . . . . 139
— Fachwerk in Rohren . . . 200*
— Taschenbuch für Bauingenieure. Von *M. Foerster.* B. . . . . 239
— Fördern im Hochbau . . . 265*
— Künstliches Austrocknen von Neubauten . . . . . 270

Seite

**Hochbau.**
— Wand-Füllbaustoffe für Stahlskelettbauten. Von *H. Schmuckler.* A. . . . . 385*
— Stahlskelettwand mit Bimsbeton-Hohlplatten, Heka-Bauweise, Bauweise Frank, Bimsbeton von Wayß & Freytag, Decke aus Schima-Gasbeton . . . . . 386*
— Wolkenkratzer von 137 m Höhe 478
— Schweißen der Tragkonstruktion eines vierstöckigen Geschäftshauses . . . . . 658
— Die Großmarkthalle Leipzig. Von *Fr. Dischinger* . . . . 734
— Ingenieurbauten der Deutschen Reichsbahn. B. . . . . *975*
— Die Sängerbundes-Festhalle in Wien 1928. Von *Erhart* . . *1001**
— Das Schaltwerk-Hochhaus Siemensstadt. Von *H. Hertlein.* A. . . . . *1023**
— Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen. B. . . . . *1107*
— Die Großmarkthalle Frankfurt a. M. Von *Fr. Dischinger* und *U. Finsterwalder.* A. . . *1145**
— Autobushof als Rundhaus in einem Hotel . . . . . *1178*
— Das Bauwesen in der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken. Von *B. Barsky.* A. *1435*
— Richtlinien für Prüfung geschweißter Stahlbauten . . . *1530*
— Bauwelt-Katalog 1929 bis 1930. B. . . . . *1532*
— Elektrisch geschweißte Hallenbinder . . . . . *1602**
— Die Halle der Baumesse in Leipzig. Von *H. Schmuckler.* A. . . . . *1635**
— Gebäude der Fernmeldekabelfabrik im Kabelwerk der AEG *1852**
**Hochdruckdampf** s. a. Dampfmaschine, Dampfturbine, Kraftwagen, Lokomotive, Messen, Pumpe, Rohr, Ventil.
— Schema der Hochdrucklokomotive „Winterthur" für 60 at . 152*
— Stand der Hochdruckdampf-Technik. Von *A. Heller* . . 345
— Entwicklung und Aussichten der Hochdruck-Dampfanlagen. Von *Dolzmann* . . . . . 345
— Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim. Von *F. Marguerre.* A. . 345, 913, *993**
— desgl. . . . . *1069*
— Hochdruck-Dampfkraftanlage für 120 at. Von *Schöne* . . 346
— Erfolge des Hochdruck-Dampfbetriebes . . . . . 381
— Wirtschaftlichkeit des Hochdruck-Dampfbetriebes . . . 510
— Neues Hochdruckdampf-Kraftwerk . . . . . 832
— Hochdruckdampf-Kraftwerke in Amerika . . . . . 941
— Amerikanische Hochdruck-Dampfkessel . . . . . *974*
— Sonderheft Hochdruckdampf II. B. . . . . *1292*
— Betriebsergebnisse einer Hochdruckanlage . . . . . *1450*
— Senkung der Betriebskosten durch Umstellen auf Hochdruckdampfbetrieb . . . . . *1562*
— Untersuchungen am Bensonkessel. Von *E. Josse.* A. . . *1815**
**Hochofen** s. a. Lager- und Ladevorrichtung.
— Hochofenwinderhitzer in England . . . . . 59
— 800 t-Hochofen der Australian Iron and Steel Ltd. Von *H. v. Escher* . . . . . 329

Seite

**Hochofen.**
— Hochofen von rd. 920 t Leistung in 24 h . . . . . 378
— Die Ausbesserung von Hochofenschächten bei der Société Cockerill. Von *H. Illies* . . *1796**
**Hochspannung** s. Elektrotechnik.
**Holz** s. a. Eisenbahnoberbau, Elastizität, Feuerung, Gas, Hochbau, Lager- und Ladevorrichtung, Technische Lehranstalt, Trocknen, Werkzeugmaschine.
— Herstellung von Zellstoff aus harzreichem Holz mittels Sulfitverfahrens . . . . . 175
— Holztränkung im Bergbau . . 187
— Über künstliches Holztrocknen. Von *P. Warlimont* . . . . . 202*
— Holztränkung . . . . . 510
— Untersuchungen an zugfesten Anschlüssen im Holzbau. Von *Johs. Stamer*. A. . . . . 584*
— Neuere Forschungen der Holzbearbeitung . . . . . 653
— Versuche über die Schubfestigkeit von Holz. Von *E. Gaber*. A. . . . . 932*
— Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- und Auslandes. Von *J. Gillrath*. B. *975*
— Die „Lehrschau Holz" in Königsberg. Von *C. Kersten* . *1085**
— desgl. Z. . . . . *1180*
— Eigenschaften und Verwertung von Holzstaub und Holzmehl. Von *R. Meldau*. A. . . *1315**
— Über die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten. Von *Fr. Hetzel* . . *1427*
— desgl. B. . . . . *1722*
— Die physikalisch-chemischen und chemischen Eigenschaften des Holzes. Von *C. G. Schwalbe* A. . . . . *1521*
— Langlochfräsen in Holz. Von *G. Harnisch*. A. . . . . *1538**
— desgl. B. . . . . *1722*
— Holz in Betrieb und Konstruktion. Von *Kothe* . . . . . *1585*
— Holz als Konstruktionsmittel. Von *Schächterle* . . . . . *1585*
— Holzprüfung . . . . . *1608*
— Die Festigkeitseigenschaften des Holzes und ihre Prüfung. Von *Graf* . . . . . *1608*
— Die neuzeitlichen Holzbauweisen und ihre Beziehungen zum Unterricht der höheren Baugewerkschulen. Von *Kersten* . . . . . *1634*
— Holz als Baukonstruktionsmittel. Von *K. Schaechterle*. A. . . . . *1771**
**Hotel** s. a. Feuerung.
— Kraft- und Wärmewirtschaft im Hotelbetrieb . . . . . *1866*
**Hütte** s. Taschenbuch.
**Hüttenwesen** s. a. Eisenhüttenwesen, Gießen, Metallhüttenwesen, Stahl, Walzen, Werkstoff.
— Hüttenwesen. Von *Diepschlag*. (Chronik) . . . . 863

**Industrie** s. a. Handel, Statistik.
— Die deutsche Maschinenausfuhr 756
— Ostpreußen und seine deutsche Mission im Osten. Von *P. Blunk*. A. . . . . 841*
— Handbuch für den Außenhandel. B. . . . . *1040*
**Ingenieurerziehung** s. Gießen, Konstrukteur.
**Ingenieurlaboratorium** s. Versuchsanstalt.

Seite

**Ingenieurstand** s. a. Krankenhaus, Städtewesen.
— Vom Berufsgewissen des Ingenieurs. Von *C. Köttgen*. A. . *1073*
**Isolieren** s. a. Beton, Normen.
— Schutzausrüstungen für Isolatorenketten . . . . . *1170**

**Jacht** s. Schiff.
**Jubiläum** s. a. Technische Lehranstalt.
— Anleitung zum Bau von Schwachstrom-Anlagen. Jubiläumsausgabe 1879 bis 1929. B. 416
**Junkers** s. Festschrift.

**Kabel** s. a. Fabrik, Messen.
— Kabelstörungen . . . . . 942
— Starkstromkabel auf Masten . *1250*
**Kabelkran** s. Lager und Ladevorrichtung.
**Kältetechnik** s. a. Fabrik, Kohlensäure, Nahrungsmittel, Wärmeschutz.
— Achtstöckiges Kühlhaus . . 206
— Adsorptions-Kühlmaschine für Eisenbahn-Kühlwagen . . . 351
— Neues Verfahren zum Erzeugen von Eis . . . . . 491
— Kältetechnische Forschung. Von *R. Plank* . . . . . *1002*
— Messungen der Zähigkeit von Salzlösungen bei verschiedenen Temperaturen und Konzentrationen. Von *R. Plank* . *1002*
— La pratique des machines frigorifiques. Von *G. Vassogne*. B. . . . . *1179*
— Handbook of refrigerating engineering. Von *W. R. Woolrich*. B. . . . . *1215*
— Diagramme und Tabellen zur Berechnung der Absorptions-Kältemaschinen. Von *Fr. Merkel* und *Fr. Bošnjakovic*. B. . *1251*
— Kälteerzeugungsanlage im Warenhaus Karstadt . . . . . *1699**
**Kakao** s. Nahrungsmittel.
**Kalander** s. Faserstoff.
**Kali** s. Bergbau.
**Kalorimeter.** Selbsttätiges Junkers-Kalorimeter, Kalorimeter von Graefe, Union-Gaskalorimeter von Dommer, Heizwertschreiber der Union-Apparatebau-G. m. b. H. . . . . 532*
**Kanal.** Die Rhein-Main-Donau-Großschiffahrtstraße. Von *Guillery* . . . . . 169*
**Kapillarität** s. Physik.
**Karosserie** s. Kraftwagen.
**Kartei** s. Buchhaltung.
**Kartoffel** s. Landwirtschaft.
**Kavitation** s. Schaufel.
**Kellereimaschine.** Flaschenfüller mit mechanischer Anpressung, Einweich- und Spritzmaschine für Milchflaschenreinigung, selbsttätige bürstenlose Flaschenreinigungsmaschine, Milchkannen-Waschmaschine . 789*
— Neuzeitliche Flaschenkellereimaschinen. Von *E. Rausch*. A. *1253**
— Bürstenlose Reinigungsmaschine, Bierfüller, Luftdrucksteuerung für die Flaschenbewegung, Verschlußmaschinen Holstein & Kappert . . . . . *1254**
**Keramik** s. a. Abwärme, Lager- und Ladevorrichtung, Mischen, Pressen, Schleifen, Steinzeug, Trocknen, Wärme.
— Fabrication industrielle des porcelaines. Von *M. Larchevêque*. B. . . . . 240
— Verhalten des Mauerwerks bei Kohlenstaub- und Ölfeuerung 381

Seite

**Keramik.**
— Silikathüttenkunde als Chemie-Ingenieurwissenschaft. Von *E. Zschimmer*. A. . . . . 434*
— Neuerungen und Fortschritte in der keramischen Industrie. Von *G. Helm*. A. . . . . *985**
— Reibkupplung für Drehscheibenantriebe, Kollergang mit umlaufender Mahlbahn . . . . . *986**
**Kerbwirkung** s. Elastizität, Werkstoff.
**Kinematik** s. Getriebe, Kurbeltrieb.
**Klopfen** s. Brennstoff, Lager.
**Knickfestigkeit** s. Elastizität, Statik.
**Kochen** s. Heizung, Nahrungsmittel.
**Kohle** s. a. Aufbereitung, Feuerung, Gas, Kohlenstaub, Koks, Lager- und Ladevorrichtung, Müllerei, Schiff, Schrämmaschinen, Trocknen.
— Die Pittsburgher Internationale Kohlentagung. Von *Prockat* . . . . . 235
— Vorrichtung zum Schutz gegen Selbstentzündung gelagerter Kohlen . . . . . 265
— Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle. 8. Bd. 1924 bis 1927. Von *Fr. Fischer*. B. . . . . *1563*
**Kohlensäure.** Wärmediagramme für feste, flüssige und gasförmige Kohlensäure. Von *R. Plank* . . . . . 82
— Herstellung und industrielle Verwertung fester Kohlensäure Von *R. Plank*. A. . 221*
— Gewinnung und Verwertung der Gärungskohlensäure. Von *Fr. Windisch*. A. . . . . *1300**
**Kohlenstaub** s. a. Abwärme, Feuerung, Lokomotive, Unfall.
— Kosten der Kohlenstaubbereitung . . . . . 478
— Beförderung von Kohlenstaub 826
**Kokille** s. Gießen.
**Koks.** Austrocknen und Aufheizen einer Koksofenbatterie mit Öl 278
— Die neue Zentralkokerei auf Zeche Emil, Essen-Altenessen. Von *R. Gau*. A. . . . . 437*
— Kogag-Verbundofen . . . 438*
— Erfahrungen auf neuzeitlichen Kokereianlagen des Ruhrgebiets. Von *Gollmer* . . . 444
— Über den Temperaturverlauf im Koksofen und seine Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit von Kokereianlagen. Von *K. Baum* . . . . . 444
— Kohlenauswahl und Kokseigenschaften. Von *O. Huppert*. A. *1293**
**Kolben** s. a. Kurbeltrieb.
— Kolbenkonstruktion bei Anwendung von Gußeisen . . 268*
— Messung der Kolbentemperaturen an Kraftfahrzeugmotoren . . . . . 350
— Durchbildung der Kolben für Kraftwagenmotoren. Von *A. Heller* . . . . . *1388**
— Kolben mit durch Uerdinger Ringfeder abgefedertem Kolbenboden für einen Lokomotivdieselmotor . . . . . *1509**
— Selbsttätiges Bearbeiten von Kolben . . . . . *1531*
**Kolbenring** s. Gießen.
**Kollergang** s. Keramik.
**Kommunale Technik** s. Städtewesen.

Seite

**Kompressor** s. a. Luftpumpe, Steuerung, Stopfbüchse, Zylinder.
— Pumpen und Kompressoren. Von *P. Ostertag* (Chronik) . 859*
— Turbo-Gebläse und Turbo-Kompressoren. Von *B. Eck* und *W. J. Kearton*. B. . . . . *1214*
— Gaskompressoren für die Ammoniaksynthese. Von *V. Fischer*. A. . . . . *1533**
— Turbokompressor für Koksofengas, Gemischkompressor, einstufiger Umwälzkompressor, fünfstufiger Auffüllkompressor . . . *1535**
— Große Turbokompressoren . . *1562*
— Schnellaufkompressor, tragbarer Zweizylinderkompressor, auf Schienen fahrbare Kompressoranlage von Flottmann A.-G. . . . . *1647**
**Kondensation.** Kühlwasserversorgung eines Dampfkraftwerkes *1490*
— Großer geschweißter Kondensator . . . . . *1799*
**Kongreß.** Die Pittsburgher Internationale Kohlentagung. Von *Prockat* . . . . . 235
**Konstrukteur.** Erziehung zum werkstattgerechten Konstruieren. Von *K. Laudien*. A. 757*
— Werkstattgerechtes Konstruieren. Von *A. Erkens*. B. . . . *1628*
Kostenberechnung s. Buchhaltung.
**Kraftmaschine** s. a. Dampfmaschine, Dampfturbine, Hotel, Turbine, Verbrennungsmaschine.
— Umstellung eines Heizkraftwerkes . . . . . 270
— Wärmekraftmaschinen. Von *A. Nägel* (Chronik) . . . . 853*
**Kraftübertragung** s. a. Kabel, Kupfer, Mast.
— Das Hochspannungsnetz in England . . . . . 657
— Zusammenschluß großer Starkstromnetze . . . . . *1365*
— Statistik der Hochspannungsleitungen in den Vereinigten Staaten von Amerika . . . *1520*
— Blitz- und Wanderwellenuntersuchungen . . . . . *1594*
**Kraftwagen** s. a. Brennstoff, Dampfkessel, Dampfmaschine, Feuerschutz, Hochbau, Kolben, Kühlen, Messen, Straßenreinigung, Unfallverhütung, Verbrennungsmaschine, Werkstatt, Wörterbuch, Zahnrad.
— Der schweizerische Postkraftwagen-Betrieb im Winter . . 44
— Messung der Fahr- und Bremseigenschaften von Kraftwagen 70
— Vorderachsantrieb für Kraftwagen. Von *A. Heller*. A. . 85*
— Treiblenkrad von Voran, Vorderradantrieb nach Rumpler . . . . . 85*
— Leichtmetalle als Baustoff im Kraftwagen. Von *Bergmann* 137
— Karosseriebau unter besonderer Berücksichtigung der Nichteisenmetalle. Von *Güttner* . . . . . 137
— Neuer Dampfkraftomnibus . 156
— Straßenabnutzung durch Lastkraftwagen . . . . . 206
— Elektrokarren mit elektrohydraulischer Hubvorrichtung . . . . . 256*
— Eisenbahnbetrieb mit Öltriebwagen . . . . . 270
— Gütertriebwagen für Bahnunterhaltung. Von *Fahl* . . 377
— Das deutsche Automobilwesen der Gegenwart. B. . . . . 479

**Kraftwagen.** Seite
— Jahrbuch des Deutschen Kraftfahr- und Motorwesens. B. . 803
— Kraftfahrzeuge. Von *A. Heller* (Chronik) . . . . . 874
— Gegossene Rahmen für Kraftwagen . . . . . 941*
— Hochdruck-Dampfomnibus. Von *H. W. Lindemann* und *F. Loewenberg* . . . . . *1138**
— Genormte eiserne Aufbauten für Kraftomnibusse. Von *E. Cramer* . . . . . *1283**
— Dreiachs-Kraftomnibusse im Londoner Verkehr . . . . *1291*
— Fahrgestell für Kraftomnibusse *1450*
— Braunbecks Adreßbuch der Motorfahrzeug- und verwandten Industrie. Von *G. Braunbeck*. B. . . . . *1492*
— Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie. Von *W. Scholz* und *E. Valentin*. B. *1532*
— Betriebserfahrungen mit Oberleitungsomnibussen. Von *Steinhagen* . . . . . *1717*
— Diesel-elektrische Triebwagen *1794**
— Kraftwagen mit Ladegebläse . *1798*
— Tieflade-Kraftwagen von 100 t Ladefähigkeit für Landstraßen *1798*
— Elektrische Omnibusse mit Fahrdrahtbetrieb. Von *Rothhaas* . . . . . *1828**
— Abschmelzschweißung im Karosseriebau . . . . . *1833**
Kraftwerk s. Elektrizitätswerk, Energiewirtschaft, Kraftmaschine, Wasserkraft.
**Krankenhaus** s. a. Normen.
— Neuerungen im Krankenhausbau. Von *H. W. Wolffram* . 67
— Aufgaben des Betriebsingenieurs in Heilanstalten. Von *Th. Ploppa*. A. . . . . 753*
**Kreisel.** Kritische Drehzahl und Kreiselwirkung. Von *R. Grammel* . . . . . *1114**
Kreiselpumpe s. Pumpe.
Krempel s. Faserstoff.
**Kriegschiff.** Französischer Kriegschiffbau . . . . . 738
— Entwicklung der Kriegsmarinen im Jahre 1928 . . 768
— Das Unterseeboot-Mutterschiff „Medway“ . . . . . *1039*
— Stapellauf des Kreuzers „Leipzig“ . . . . . *1621**
— Tauchtankgebläse für Unterseeboote . . . . . *1798**
Kristall s. Werkstoff.
Kritische Drehzahl s. Kreisel, Mechanik.
**Kühlen.** Die Verwendung der Nichteisenmetalle im Kühlerbau. Von *Löwenstein* . . . 137
— Untersuchung der Kühlöle bei der Zahnradbearbeitung. Von *A. Wallichs* und *K. Krekeler*. A. . . . . 643*
— Neues Kühlmittel für Flugmotoren . . . . . *1007*
— Stromerzeuger mit Wasserstoffkühlung . . . . . *1177*
— Kühlung von großen Stromerzeugern. Von *Stegemann* . *1560**
— Neuartiger Lüfter für Stromerzeuger . . . . . *1719**
Kunstseide s. Faserstoff.
**Kupfer** s. a. Legierung.
— Die Brüchigkeit von arsenhaltigem Kupfer. Von *C. Blazey* . . . . . 797
— Die Entwicklung eines neuen Deoxydations- und Schmelzverfahrens für Metalle, insbesondere für Kupferlegierungen. Von *W. Reitmeister* . . *1141*

**Kupfer.** Seite
— Neue Vorschriften für Kupferleitungen . . . . . *1503*
— Die Kupferschweißung, insbesondre Lokomotiv-Feuerbüchsen. Von *R. Samesreuther*. A. *1731**
**Kupplung.** Die selbsttätige Boirault-Kupplung für Eisenbahnfahrzeuge . . . . . 351*
— Gelenkkupplung der Österreichischen Siemens-Schuckert-Werke . . . . . 687*
**Kurbeltrieb** s. a. Pleuelstange.
— Beschleunigungsverhältnisse beim sphärischen Kurbeltrieb und verwandten Mechanismen. Von *F. O. Müller*. A. . . . . 117*
— desgl. Z. . . . . *1103*
— Die praktische Bedeutung der Raumgetriebe Von *H. Alt*. A. 188*
— desgl. Z. . . . . *1103*
— Erfahrungen aus dem Betriebe von Kurbelmaschinen. Von *Krauß* . . . . . 360
— desgl. Z. . . . . 660

**L**ack s. Anstrich.
Lademaschine s. Lager- und Ladevorrichtung.
Lärm s. Schall.
**Lager** s. a. Legierung, Pleuelstange, Schmieren.
— Ermüdungsbruch und zulässige Belastung von Wälzquerlagern. Von *R. Mundt*. A. . 53*
— desgl. Z. . . . . 116
— Kugellagerbefestigung in Gußeisen und Leichtmetall . . . 268*
— Klapptorlager der Hindenburgschleuse . . . . . 405*
— Lagerung einer Drehbankspindel . . . . . 447
— Aus Stahl gepreßte Lagerschalen . . . . . *1178*
— Reibung in Gleit-, Rollen- und Kugellagern bei aussetzendem Betrieb. Von *L. Klein*. A. . . *1499**
— Nadellager für Kolbenbolzen *1655**
— Gekapselte Walzlager für Elektromotoren . . . . . *1810**
Lagermetall s. Legierung.
**Lager- und Ladevorrichtung** s. a. Bagger, Brennstoff, Feuerung, Hochbau.
— Neuerungen im Bau von Elektrohängebahnen. Von *M. Freyberg* . . . . . 190*
— Hafenverladung der Zeche „Fürst Hardenberg“ der Vereinigten Stahlwerke A.-G. bei Dortmund. Von *P. Schönfeld*. A. . . . . 191*
— Fahrbarer und feststehender Drehkran auf fahrbarem Portal, Verladebrücke der Demag . . . 192*
— Aus der neueren Entwicklung der Fördertechnik. Von *C. Michenfelder*. A. . . . . 251*
— Bau- und Größenentwicklung von Abraumförderbrücken, Verladebrücke mit der Fahrbahn auf dem Speicherdach, fahrbare elektrische Winde, Förderer zum Bretterstapeln . 251*
— desgl. Z. . . . . *1104*
— Tiefladewagen von 85 t Ladefähigkeit für Landstraßen . 270*
— desgl. . . . . 638*
— Schaufellader . . . . . 381*
— Kabelkrananlage mit Betongießbühne beim Bau der Staumauer Spitallamm des Grimselspeicherbeckens Von *A. Rubin*. A. . . . . 427*

Seite

**Lager- und Ladevorrichtung.**
— Bandförderung im Braunkohlentiefbau . . . . . 433
— Kabelkrananlage für besonders schwere Lasten . . . . 446
— Klappkübel - Verladeanlagen mit selbstgreifenden Kübelgeschirren . . . . . 735*
— Deckenfördervorrichtungen für Feineisen und Draht in Rollen 770
— Neue Gefäßförderanlage bei der Ilseder Hütte . . . . 770
— desgl. Z. . . . . 943
— Neuere Hubwagen. Von *H. R. Müller* . . . . . 799*
— Kabelkran von rd. 700 m Spannweite . . . . . 832
— Hebezeuge und Förderanlagen. Von *P. Ostertag* (Chronik) . 858*
— Kohlenverladung im Hafen von Buenos Aires . . . . . 938*
— Die Entwicklung der bremischen Hafenanlagen bis 1928. Von *P. Hedde*. B. . . . . *975*
— Verladen und Lagern umladeempfindlicher Schüttgüter. Z. *1037*
— Laufkran für einen Holzlagerplatz . . . . . *1070*
— Fördermittel zum Bekohlen und Besanden von Lokomotiven. Von *M. Gottschalk*. B. . *1071*
— Die Beschickanlagen der Hochöfen und ihr Einfluß auf die Betriebsführung. Von *H. Hoff* *1099*
— Zweirädriger Hubkarren . . *1102**
— Ein neuartiger Holzgreifer. Von *L. Ludwig* . . . . . *1174**
— Kohlenumschlaganlage für 800 t/h . . . . . *1177*
— Schaufellader beim Untergrundbahnbau . . . . . *1250*
— Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. Von *H. Smonker*. A. . . . . *1275**
— Entladen von Getreideschiffen. Von *P. Schröder* . . . . . *1278**
— Kohlenförderanlagen für ein amerikanisches Gaswerk. Von *W. Franke* . . . . . *1325**
— Amerikanische Lademaschinen im deutschen Bergbau . . . *1364*
— Ein neuer Schuppenspeicher für Stückgut im Seehafen Stettin. Von *G. Fabricius* und *H. Schulze*. A. . . . . *1453**
— Umschlageinrichtung für Flösse . . . . . *1524*
— Die Kohlenlöschanlage für das neue Großkraftwerk in Buenos-Aires. Von *P. Frenzen* . *1560**
— Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke. Von *Schlegel* . . . . *1622**
— Ein drehbarer Holzgreifer . . *1640**
— Magnetischer Rollgang für Walzwerke . . . . . *1721*
— desgl. Z. . . . . *1800*
— Die Förderung von Massengütern. Von *G. v. Hanffstengel*. B. . . . . *1722*
— Schrappereinrichtungen für Unter- und Übertagebetriebe. Von *Fr. Prockat*. A. . . . . *1789**
— Über Transportwesen in keramischen Betrieben. Von *W. Hofmann* . . . . . *1831*

**Landmaschine.** Neuerungen im Landmaschinenbau. Von *Holldack*. A. . . . . 109*
— Zapfwellen - Bindemäher, Motorgrasmäher von Krupp, Rübenblattwäscher, Alleszerkleinerer zum Zerkleinern von Rübenblättern der Alexanderwerke, Case-Mähdrescher . . . . . 110*
— desgl. Z. . . . . 187, 269

Seite

**Landmaschine.**
— Das Landmaschinenwesen als Lehrgebiet für Ingenieure. Landmaschinen - Laboratorium der Technischen Hochschule, München. Von *G. Kühne*. A. 449*
— Sämaschinen-Prüfstand . . 453*
— Landmaschinenbau in England. Von *Vormfelde* und *v. Sybel* . . . . . 590*
— Landmaschinen. Von *G. Fischer* (Chronik) . . . . . 860*
— Schlepper mit Vorrichtung zum Dränen mittels Seilzuges . *1143*
— Zur Wirtschaftlichkeit der Kraftschlepper für Landmaschinen. Von *L. Engelbrecht*. A. . . . . *1169**
— Fowler-Seilpflug zum Ausheben von Gräben . . . . *1290**
— Motorsägen in der Forstwirtschaft. Von *Gläser*. A. . . . *1319**
— Zuckerrüben - Erntemaschinen. Von *R. Bernstein*. A. . . . *1373**
— Köpfvorrichtung mit Taster, zweireihiger Köpfer mit Krautförderer und -ablage, Zinkwalze der Reinigungsvorrichtung einer Rübenerntemaschine, amerikanischer Rübenroder und -reiniger, zweireihige, vereinigte Rübenerntemaschine mit Köpf-, Rode- und Reinigungsvorrichtung und Krautsammler, zweireihiger Rübenroder . . . . *1374**
— Untersuchungen an Bindemähern . . . . . *1498**

**Landwirtschaft** s. a. Abwässerung, Bewässern, Heizung, Landmaschine, Milch, Nahrungsmittel, Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse).
— Landwirtschaft, Technik und Industrie. Von *v. Batocki*. A. *1075**
— Wirtschaftliche Wechselbeziehungen zwischen Forstwirtschaft und Industrie. Von *L. Wappes*. A. . . . . *1079**
— Elektrische Arbeit in der amerikanischen Landwirtschaft. Von *W. Kirstein* . . . . . *1118*
— Neuzeitliche Maßnahmen zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion. B. . . . *1215*
— Die Planung städtischer Milchversorgungsbetriebe. Von *B. Lichtenberger*. B. . . . . *1216*
— Technik in der Forstwirtschaft. Von *Brauer* . . . . *1548*
— Bevölkerung und Wirtschaft in Ostpreußen. Von *v. Batocki* und *G. Schack*. B. . . . . 1628
— Wirtschaftliche Kartoffeltrocknung. Von *K. W. Geisler*. A. *1711**
— Kartoffelgrießanlage, Kartoffelflockenfabrik von Datz, Kartoffeltrocknung von Rosin . . . . . *1711**
— Windsichtung des Getreides. Von *W. G. Brenner* . . . *1830**
— Ablenkverfahren und Abwägeverfahren der Windsichtung, Steigsichter-Versuchsanordnung . . . . *1830**
— Landeskultur in Südostitalien *1858*

**Lebensbeschreibung** s. a. Festschrift.
— Gustav Anton Zeuner und die technische Wärmelehre. Von *F. Merkel*. A. . . . . 45*
— Aus 31 Jahren Luftfahrt. Von *G. v. Tschudi*. B. . . . . 207
— Alfred Krupps Briefe 1826 bis 1887. Von *W. Berdrow*. B. . 511
— Deutsches Biographisches Jahrbuch. B. . . . . 804

Seite

**Lebensbeschreibung.**
— Nobel. B. . . . . 942
— Franz Reuleaux. Von *Fr. Haßler* . . . . . *1382*
— Franz Reuleaux als Hochschullehrer. Von *O. Kammerer*. A. . . . . *1769**
— Prof. Ariya Inokuty . . . *1848*

**Leder.** Schnellgerbverfahren. Von *K. W. Geisler* . . . . . *1286**

Leerlaufeinrichtung s. Steuerung.

**Legierung** s. a. Härte, Magnet, Messing.
— Neue Untersuchungen über das NICO-Metall. Von *Ackermann* . . . . . 204*
— Über das Monel-Metall. Von *A. Schulze* . . . . . 767*
— Zur Kenntnis der gegossenen Zinn-Kupfer-Legierungen. Von *F. Goederitz* . . . . . 1094*
— Bronzelegierung . . . . . *1143*
— Einiges über Lagermetalle auf Blei-Antimon-Zinn-Basis. Von *H. Müller*. . . . . *1177*
— Das Zustandsdiagramm der Magnesium-Zink-Legierungen. Von *A. Schulze* . . . . . *1624**
— Zinnfreie Legierung für Kurbelwellenlager . . . . . *1646*
— Über Kupfer-Aluminium-Legierungen. Von *A. Schulze* . *1720*

Leichtmetall s. Aluminium, Kraftwagen, Pleuelstange.

**Lexikon.** Der Große Brockhaus. B. . . . . 480
— Luegers Lexikon der gesamten Technik. Von *E. Frey*. B. . . *1659*

Lichtbild s. Photographie.

**Lichtpause.** Maschinelle Herstellung von Blaupausen . . . *1214*

**Literatur.** Technischer Literaturkalender. Von *P. Otto*. B. . *1071*

**Löten** s. a. Zylinder.
— Selbsttätiges Hartlöten in Wasserstoffatmosphäre . . . 732
— Ein Lötverfahren zur Herstellung von Zylinderdeckeln aus geschmiedetem Stahl für Dieselmotoren. Von *Fr. Saß*. A. *1811**

**Lokomotive** s. a. Dampfkessel, Dampfmaschine, Elektromotor, Kupplung, Kupfer, Lager- und Ladevorrichtung, Pleuelstange, Steuerung, Überhitzer, Verbrennungsmaschine, Vorwärmer, Zahnrad.
— Diesel-elektrische Lokomotive für 2660 PS . . . . . 34
— desgl. Z. . . . . 352
— Englische Tenderlokomotive . 34
— Schwedische Vollbahnlokomotiven. Von *P. Friebel*. Z. . . 52
— 2 D + D 2 - Lokomotive für 51 000 kg Zugkraft . . . . 106
— Die Hochdrucklokomotive für 60 at, Bauart „Winterthur". Von *H. Brown*. A. . . . . 151*
— desgl. Z. . . . . *1037, 1400.* *1680*
— Die 1 D 2 - Heißdampf - Zwillings - Schnellzuglokomotive R 214 der Österr. Bundesbahnen. Von *A. Giesl-Gieslingen* . . . . . 174, 441*
— Neuere Versuche mit russischen Dampflokomotiven. Von *R. Grinenko* und *O. Isaakian*. A. . . . . 339*
— Vierzylindrige 2 C 1-Zwilling - Lokomotive, zweizylindrige 1 C 1 - Lokomotive, zweizylindrige 1 D-Verbundlokomotive für Heißdampf . . . . . 340*
— Diesel- und Benzinlokomotiven 446
— Hauptformen des zweiachsigen Lokomotiv-Laufgestells. Von *L. Schneider*. A. . . . . 492*

Seite

**Lokomotive.**
— Zweiachsige Lokomotiv-Laufgestelle mit Stützzapfen in der Mitte, schrägen Pendeln und Vierpunktaufhängung, mit senkrechten Pendeln, Rückstellfedern und Schwanenhals - Doppelträgern, mit Dreieckpendeln und Schwanenhalsträgern, Laufgestell mit Dreh- und Stützzapfen, Keilstützflächen und Schwanenhalsträger, Laufgestell, Dreh- und Stützzapfen in der Mitte, Dreieckstützen und Vierpunktaufhängung, amerikanische Dreieckstütze und Schwanenhals-Doppelträger, Laufgestell mit Drehzapfen in der Mitte, seitlichen Stützflächen, Rückstellfedern und Schwanenhals-Doppelträgern, mit Vierpunktaufhängung, mit Dreipunktaufhängung . . . . 493*
— desgl. Z. . . . . 642, 740
— Kennzeichnung der Achsfolge und der Antriebart elektrischer Lokomotiven . . . . 666
— Neuere elektrische Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn. Von *Tetzlaff* und *Schlemmer*. Taf. 1 und 2. A. 667*
— 1 Co + Co 1 - Güterzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn, 1 Do 1-Schnellzuglokomotive mit Zwillingsmotoren und Hohlwellenantrieb . . . . . 669*
— desgl. Z. . . . . 943, *1718**
— Fortschritte im Bau elektrischer Lokomotiven. Von *K. Sachs*. A. . . . . 677, 921*
— E-Güterzuglokomotive, 1D1-Schnellzuglokomotive der Italienischen Staatsbahnen, 1 B-B 1 - Personenzuglokomotive der Pennsylvania-Bahn, Einzelachsantrieb für Lokomotiven Bauart AEG - W. Kleinow, 1 Co-Co 1 - Güterzuglokomotive der Lötschbergbahn, von Linke - Hofmann - Busch-Werke A.-G., Krauß-Helmholtz-Drehgestell, Laufrad-Triebrad - Drehgestell mit Adamslaufachse, Zweiachsiges Drehgestell . . 678*
— desgl. Z. . . . . 931, *1040*
— Elektrische Industrielokomotiven. Von *Ohl* . . . . . 704*
— Leistungs- und Zugkraftkurven der Diesellokomotive. Von *Gg. Mangold*. A. 729*
— Die größte Lokomotive der Erde . . . . . 823
— Rocket . . . . . 832
— Eisenbahnfahrzeuge Von *F. Meineke* (Chronik) . . . . 874*
— Die Kohlenstaublokomotive. Die beiden deutschen Bauarten und die bisherigen Versuchsergebnisse der AEG-Lokomotive. Von *H. Nordmann*. A. . . . *951**
— Feuerbüchse der AEG, Brenner der AEG, Gesamtanordnung der Kohlenstaublokomotive der Studiengesellschaft . . . . *952**
— Diesellokomotiven. Von *G. Lomonossoff*. B. . . . . *1039*
— Neuere Bestrebungen im amerikanischen Lokomotivbau. Von *E. Metzeltin*. A. . . *1087, 1159**

Seite

**Lokomotive.**
— Lokomotivreinigung . . . . *1091*
— Amerikanische diesel-elektrische Versuchslokomotive . . . . *1130*
— Die 1 D 2 - Tenderlokomotive der tschechoslowakischen Staatseisenbahn. Von *Leitner* . . . *1136**
— Lokomotivrahmen und Zylinder aus einem Gußstück . . *1214*
— Die neuere Entwicklung des Lokomotivkessels bei der Deutschen Reichsbahn. Von *R. P. Wagner*. A. . . . . *1217**
— Mallet-Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung in den Vereinigten Staaten . . . . *1328*
— Die Grubenlokomotivbahnen in der Nachkriegzeit. Von *Spackeler*. A. . . . . *1339**
— Schweißen im Lokomotivbau . *1344*
— Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive. Von *W. Bauer*. A. . . . . *1398**
— desgl. Z. . . . . *1793*
— Amerikanischer Verschiebedienst . . . . . *1410*
— Die Leistungstheorie der Lokomotive in ihrer Entwicklung. Von *H. Nordmann*. A. . *1413*
— Die Kräfte im Triebwerk von Dreizylinderlokomotiven. Von *F. Loewenberg*. A. . . . *1417**
— Entwurf einer 2 C 2-Diesellokomotive mit anpassungsfähigem Motor . . . . . *1511**
— Lokomotivausnutzung . . . . *1594*
— Bemerkenswerte Leistung einer kanadischen Großdiesellokomotive . . . . . *1627*
— Die 1 D 2-Drillings-Schnellzuglokomotive der Österreichischen Bundesbahnen. Von *O. Seidl*. A. *1641**
— desgl. Z. . . . . *1724*
— Elektrische Lokomotive von 5600 PS für Gleichstrom von 1500 V . . . . . *1691*
— 150 elektrische Schnellzuglokomotiven für die Pennsylvaniabahn . . . . . *1833**

**Lüftung** s. a. Gebläse, Kühlen.
— Die Bedeutung der Luftbefeuchtung in Baumwoll-Spinnereien und -Webereien. Von *E. Meister* . . . . . 308
— Die Streckenbewetterung durch Lutten mit selbständigem Bewetterungsantrieb. Von *J. Maercks*. A. . . . . *1549**

Luftbefeuchtung s. Lüftung.

**Luftfahrt** s. a. Blech, Härten, Helium, Kühlen, Lebenbeschreibung, Mechanik, Messen, Propeller, Verbrennungsmaschine, Verein, Versuchsanstalt.
— Luftverkehr in Kanada 1927 . 70
— Die Metalle im Aufbau des Flugzeuges. Von *Steudel* . . 137
— Gleitflug und Gleitflugzeuge. Von *F. Stamer* und *A. Lippisch*. B. . . . . 144
— Wege der Luftfahrtforschung. Von *E. Everling*. A. . . . . 145*
— Bauvorschriften für Flugzeuge. B. . . . . 175
— Jahrbuch für Luftfahrt 1928. B. . . . . 207
— Taschenbuch der Luftflotten. B. . . . . 272
— Luftfahrt ist not! Von *E. Jünger*. B. . . . . 352
— Ankermast für Luftschiffe in Kanada. Von *Stegemann* . . 379*
— Leitfaden der Flugzeugnavigation. Von *W. Immler*. B. . 383
— Metalle im Flugzeugbau Von *E. Everling* und *B. Splanemann* . . . . . 587*
— desgl. Z. . . . . 740

Seite

**Luftfahrt.**
— Die nordamerikanische Luftfahrt im Jahre 1928. Von *K. H. Rühl*. A. . . . . 593*
— desgl. Z. . . . . 740
— Die in den Vereinigten Staaten von Amerika 1928 gebauten Flugzeuge und Motoren . . 595
— Deutsche Verkehrsflugzeuge. Von *E. Gossow*. A. . . . . 597*
— Précis de construction, calcul et essais des avions et hydravions. Von *J. Guillemin*. B. . . . . 628
— Große Luftschiffhalle in den Vereinigten Staaten von Amerika . . . . . 658
— Große Brennstoffbehälter für Flugzeuge . . . . . 802
— Flughandbuch für das Deutsche Reich. B. . . . . 833
— Luftfahrt. Von *Hoff* (Chronik) 876*
— Handbuch für Luftfahrt und Luftfahrt-Industrie. B. . . . 942
— Amerikanisches Ganzmetall-Luftschiff . . . . . *1039*
— Dornier-Flugboot Baumuster Do X . . . . . *1069**
— Grundsätzliches über Flughafenbau. Von *E. Dierbach*. A. *1125**
— Luftverkehr in Kanada 1928 . *1178*
— Grundsätzliches über die Hilfseinrichtungen von Flughäfen. Von *E. Dierbach*. A. . . . *1189**
— Leistungen, Aufgaben und Aussichten der Weitflugtechnik *1210*
— Die Grundlagen der Tragflügel- und Luftschraubentheorie. Von *H. Glauert*. B. . . . . *1291*
— Die Weltfahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“ . . . . . *1302**
— Kraftgasverwendung im Luftschiff „Graf Zeppelin“. Von *Fr. Sturm*. A. . . . . *1303**
— Über Fesselballone und kleine Lenkballone. Von *W. Kamm*. A. . . . . *1355**
— Motorgondel für Fesselballone . . . . . *1357**
— Untersuchungen an der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin“. Von *H. Thoma*. A. . . . . *1383**
— Ganzmetall-Luftschiff ZMC-2. . *1411*
— Mechanische Schwingungen in der Luftfahrttechnik . . . . *1487*
— Wirtschaftlichkeitszahlen einiger Flugzeuge. Von *P. Rieppel*. A. . . . . *1513*
— Englische Verkehrs- und Kriegsflugzeuge auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung London 1929. Von *F. Isermann*. A. . . . . *1541**
— Flugzeuge in den Vereinigten Staaten von Amerika . . . *1594*
— Aerial navigation and meteorology. Von *L. A. Yancey*. B. . *1595*
— Jahrbuch 1929 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof. Von *W. Hoff, O. v. Dewitz* und *G. Madelung*. B. . . . . *1595*
— Der amerikanische Verkehrsflugzeugbau. Von *K. H. Rühl*. A. . . . . *1603**
— Internationale Tagung der Vertreter der Aerodynamik in Aachen. Von *Eisner* . . . *1625*
— Englisches Kleinluftschiff . . *1721*
— Geschweißte Konstruktionen im Flugzeugbau. Von *A. Koppenhöfer*. A. . . . . *1727**
— Die Flugzeuge des Schneider-Wettbewerbes. A. . . . . *1820**
— Das englische Luftschiff R 100 *1833*
— Das Dornier-Flugschiff Do X. Von *E. Gossow*. A. . . . . *1845**

Seite

**Luftpumpe** s. a. Verbrennungsmaschine.
— Vakuumpumpe für Gaskompressoren . . . . . *1537**
**Luftschraube** s. Propeller.
**Lutte** s. Gebläse, Lüftung.

**Mähen** s. Landmaschine.
**Magnesium** s. a. Glas, Legierung.
— Die thermische Ausdehnung von Magnesium und Magnesiumlegierungen. Von *A. Schulze* . . . . . 195
**Magnet** s. a. Härte.
— Magnetic properties of matter. Von *K. Honda*. B. . . . . 35
— Magnetische Eigenschaften technisch wichtiger Legierungen. Von *A. Schulze* . . . . . *1715*
**Manometer** s. Messen.
**Markthalle** s. Hochbau.
**Marktuntersuchung** s. Vertrieb.
**Maschinenbau** s. Taschenbuch.
**Maschinengründung.** Fundamente für große Turbodynamos . . 34
— Über Fundamentschwingungen. Von *H. Kayser*. A. . . . . *1305**
**Maschinenteil** s. a. Elastizität, Feder, Feinmechanik, Gießen, Getriebe, Haken, Härten, Kolben, Kurbeltrieb, Niete, Pleuelstange, Propeller, Riemen, Rohr, Schieber, Schraube, Schweißen, Seil, Steinzeug, Steuerung, Stopfbüchse, Ventil, Zahnrad, Zylinder.
— Maschinenteile — Neue Forschungen und Erfahrungen. Von *Heidebroek* . . . . . 357*
— Vorlesungen über Maschinenelemente. Von *M. ten Bosch*. B. . . . . *1214*
— Die Maschinenelemente. Von *F. Rötscher*. 2. Bd. B. . . . *1563*
**Maß.** Ein Fortschritt des metrischen Maßsystems . . . . . *1814*
**Mast.** 6 m hoher aus Rohren geschweißter Mast . . . . . 805*
— Untersuchungen an Betonfüßen für Leitungsmasten . . . . 832
— Maste und Türme in Stahl. Von Von *P. Sturzenegger*. B. . . *1007*
— Schleuderbetonmaste . . . . *1174**
**Mathematik.** Methoden der praktischen Analysis. Von *Fr. A. Willers*. B. . . . . 71
— Wahrscheinlichkeit, Statistik und Wahrheit. Von *R. v. Mises*. B. . . . . 352
— Sechsstellige Tafel der trigonometrischen Funktionen. Von *J. Peters*. B. . . . . 383
— Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen. Von *A. Walther* . . . . . 739
— Lehrbuch der Algebra. Von *R. Fricke*. B. . . . . 1331
— Vorlesungen über darstellende Geometrie. Von *E. Salkowski*. B. . . . . *1372*
**Mechanik** s. a. Düse, Elastizität, Getriebe, Kreisel, Kurbeltrieb, Maschinengründung, Messen, Schall, Schiff, Schmieren, Statik, Verbrennungsmaschine, Zahnrad.
— Die mehrfach geführten Wellen in mehreren fließenden Mitteln. Von *K. Uller* . . . 136
— Näherungsrechnung für kritische Drehzahlen. Z. . . . . 205*
— Hydraulische und mechanische Fragen. Von *Eisner* . . . . 233

Seite

**Mechanik.**
— Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Von *F. Auerbach* und *W. Hort*. B. . . . . 383, *1040*
— Vorlesungen über allgemeine Mechanik. Von *A. Brill*. B. . 628
— Die Beeinflussung von Grenzschichten durch Temperaturfelder . . . . . 636
— Aufzeichnung schneller Schwingungen. Von *H. Thoma*. A. . . . . 639*
— desgl. Z. . . . . *1155**
— Der Stoßverlust an plötzlichen Erweiterungen in Rohren beim Durchfluß von Gasen und Dämpfen. Von *W. Nußelt*. A. . . . . 763*
— desgl. Z. . . . . *1588**
— Die reibungslose Strömung im Außengebiet zweier Kreise . *965*
— Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit. Z. . . *972, 1040**
— Doppelquellen in der ebenen Strömung. Von *W. Müller* . . *1022*
— Mathematische Strömungslehre. Von *W. Müller*. B. . . . . *1070*
— Vibration problems in engineering. Von *S. Timoshenko*. B. *1071*
— Einfluß der Kopfform von Schaufelprofilen bei Kreiselrädern auf die Kavitation. Von *Pötter* . . . . . *1123**
— Widerstandsmessungen an umströmten Zylindern von Kreis- und Brückenpfeilerquerschnitt. Von *F. Eisner*. B. . . . . *1179*
— Kinetik pseudoharmonischer Reibungsschwingungen. Von *R. Tiemann* . . . . . *1318*
— Die Viskosität der Flüssigkeiten. Von *E. Hatschek*. B. . . *1331*
— Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen. Von *H. Nippert* . . . . . *1391*
— desgl. B. . . . . *1658*
— Strömung des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen. Von *I. Nikuradse* . . *1423**
— desgl. B. . . . . *1658*
— Tagung des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure in Göttingen. Von *W. Hort* . . . . . *1487*
— Mechanische Schwingungen bei festen Körpern . . . . . *1488*
— Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren. Von *F. Levy* *1512*
— desgl. B. . . . . *1722*
— Einfluß stabilisierender Kräfte auf die Turbulenz. Von *L. Prandtl* . . . . . *1625*
— Grenzschicht, Wirbel in idealer und zäher Flüssigkeit . . *1625*
— Dämpfer für Drehschwingungen . . . . . *1721*
— Die Schwingungen in Luftfahrzeug-Triebwerkanlagen . *1863*
**Messen** s. a. Düse, Eisenbahnoberbau, Gas, Geschwindigkeitsmesser, Härte, Kalorimeter, Kolben, Maß, Seil, Thermometer, Verbrennungsmaschine, Waage, Wassermessung.
— Elektrizitätszähler und Tarif-Meßeinrichtungen. Von *F. Ferrari*. A. . . . . 17*
— Der Kathodenstrahl-Oszillograph und Untersuchungen an Überspannungs-Schutzapparaten. Von *H. Grünewald* . . 30*
— Torsionsdynamometer von Bamag-Vieweg mit Ottscher Schreibvorrichtung . . . . 77*
— Messungen am fertigen Bauwerk. Von *Bühler* . . . . 92

Seite

**Messen.**
— Meßverfahren bei den statischen und dynamischen Brückenmeßgeräten. Von *R. Bernhard* . . . . . 93
— Hochfrequenzmeßtechnik. Von *A. Hund*. B. . . . . 107
— The measurement of air flow. Von *E. Ower*. B. . . . . 143
— Beschleunigungsmesser von Galitzin. Von *H. Steuding* . 263*
— desgl. Z. . . . . 448
— Ferndehnungsmesser für Schiffe . . . . . 377*
— Messen und Wägen. Von *W. Block*. B. . . . . 382
— Über Farbenmessung. Von *F. A. O. Krüger* . . . . . 465*
— Dehnungsmesser, elektrischer Fernmesser, Neigungsmesser für Talsperrenuntersuchungen 475*
— Gerät zur Bestimmung des spezifischen Gewichtes des Gases nach Bunsen-Schilling, Bauart Zipperer, selbstanzeigende Gaswaage von Simmance und Abady, Gasdichteschreiber und Gasdruckschreiber der Union-Apparatebau-Gesellschaft, Vorrichtung für die technische Gasanalyse nach Dr. Brüggemann, Schwefelprober der Gasmesserfabrik Mainz nach H. Raupp 535*
— Neuere Bauarten motorischer Wassermesser. Von *G. Eggers*. A. . . . . 557*
— Flügelrad-Wassermesser, Woltmann-Wassermesser . 559*
— Bordgeräte im neuzeitlichen Verkehrsgroßflugzeug. Von *M. Mäder* . . . . . 733*
— Kabelprüfwagen der Deutschen Reichsbahn. Von *W. Jaekel* . *971**
— Selbsttätiger Zähigkeitsanzeiger für Kraftwagen . . . . *1006*
— Das Röhren-Elektrometer „Mecapion". Von *S. Strauß* . . *1014**
— Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen. Von *G. Berndt*. B. . . . . *1106*
— Meßwagen für Kraftwerke . *1143*
— Walzenständer mit Meßzylinder *1244**
— Vereinigter Lokomotivmeß- und Gleisprüfwagen . . . *1250*
— Die Fernmessung im Betriebe der Elektrizitätswerke. Von *Keinath* . . . . . *1260*
— Schenckscher Schwingungsmesser, Waagerecht-Erschütterungsmesser nach Sauer . . *1307**
— Piezoelektrische Messungen von Druck- und Beschleunigungskräften. Von *J. Kluge* und *H. E. Linckh*. A. . . . *1311**
— Kathodenstrahl-Oszillograph für Innenaufnahmen . . . . *1366**
— Gewichtsmanometer für Hochdruckdampf . . . . . *1370*
— Elektrischer Drehkraftmesser auf der Propellerwelle, elektrischer Verdrillungsmesser für die Kurbelwelle der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin" . . . . . *1384**
— Optisches Pyrometer für die Eisenindustrie . . . . . *1460**
— Über Glätte und Ebenheit als physikalisches und physiologisches Problem. Von *G. Schmaltz*. A. . . . . *1461**
— Meßgeräte im Bürohaus . . *1491*
— Aufzeichnen schneller Schwingungen nach dem Ritzverfahren. Von *W. Pabst*. A. . . . *1629**

Seite

**Messen.**
— Dehnungsmesser mit Ritzschreibgerät, Ritzschreibgerät zum Ermitteln der Bodendrücke eines abfliegenden oder landenden Seeflugzeuges . . . . . *1631**
— Membranmeßgerät für Flüssigkeiten . . . . . *1654**
— Toleranzen bei elektrischen Maschinen und Apparaten. Von *Kähne* . . . . . *1654*
— Trägheitslose Zerspanungsmessung. Von *Schwenninger* . . *1688**
— Federkraftanzeiger für Druck und Drehmoment zur Ermittlung des Bohrwiderstandes . *1826**
— Prüfverfahren für Wärmeschutzmittel . . . . . *1863**
**Messing.** Messing und Sondermessing. Von *W. Wunder.* A. 165*
Metallbearbeitung s. Feinmechanik, Löten, Metallschutz, Schmieden, Schweißen, Stahl, Walzen, Werkzeug, Werkzeugmaschine.
**Metallhüttenwesen** s. a. Handel, Kupfer, Ofen.
— Vom Erz zum metallischen Werkstoff. Von *W. Guertler* und *W. Leitgebel.* B. . . . . *1372*
**Metallschutz** s. a. Anstrich.
— Rostschutz und schwerrostende Stähle. Von *E. H. Schulz* . . 138
— Selbsttätige U-förmige Emaillieröfen . . . . . 238
— Fließarbeit in der Galvanotechnik. Von *J. W. Wolf* und *W. Michaelis.* A. . . . . 610*
— Ringbad, Fördervorrichtung, selbsttätige Fließanlage für Vernicklung . 610*
— Spritzpistole für Metallpulver. Von *E. Jühne* . . . . . *1350**
Metallwirtschaft s. Handel.
**Milch** s. a. Kellereimaschine.
— Handbuch der neuzeitlichen Milchverwertung. Von *C. Knoch.* B. . . . . 36
— Neuzeitliche städtische Milchversorgung. Von *B. Lichtenberger.* A. . . . . 787*
— Röhren - Durchflußerhitzer für 1000 l Milch, Töldt-Milcherhitzer, Doppelrohr-Gegenstromerhitzer, Vierzellen-Dauerheißhalter . . 789*
— Der Bau städtischer Milchversorgungsbetriebe. Von *Dyrenfurth.* B. . . . . *1596*
**Mischen** s. a. Eisenhüttenwesen, Glas, Waage.
— Mischmaschine für den Straßenbau. Von *H. Ring.* A. . . 461*
— Trocken- und Mischanlage, Trommel der Mischmaschine 462*
— Leistungsversuche an Betonmischmaschinen. Von *G. Garbotz.* A. . . . . 734, 773*
— Aufgeben, Durchgang und Entleeren des Mischgutes bei sieben grundlegenden Mischerbauarten, Freifallmischer mit geteilter Trommel der Allgemeine Baumaschinen-Ges. . . . . 774*
— Die wichtigsten Ergebnisse der Versuche mit Betonmischmaschinen. Von *O. Graf.* A. 734, 782*
— Alte, wenig wirksame Rührvorrichtung, einfacher, neuzeitlicher Schraubenquirl . . *985**
— Regulus-Mischer, Konti-Mischer, Wasserabmeßvorrichtung . . . . . *1270**
Motorsäge s. Landmaschine.

Seite

**Müllerei** s. a. Hartzerkleinerung, Packen.
— Getreidemühlen. Von *E. M. Meller.* A. . . . . 37, 131*
— Arbeitsplan einer Weizenmühle für 30 000 kg in 24 h, Mühlenaspirateur, Gesämeausleser, Steinausleser, Schälmaschine mit Schmirgelschlägern, Kammerschälmaschine, Saugschlauchfilter, Wäschereianlage, Anfeuchtvorrichtung, Doppelwalzenstuhl mit schrägliegenden Walzen, Plansichter mit Massenausgleich durch Gegeneinanderschwingen der beiden Hälften, Plansichterbürste mit Rollzapfen, Grießputzmaschine, Auflockerer mit Porzellanmantel und -konus . 37, 131*
— Selbsttätig arbeitende Reismühlen. Von *Schwenninger* . 623*
— Arbeitsplan einer selbsttätig arbeitenden Reismühle, Unterläuferschälgang, Schleifgang . . . 623*
— Richtlinien für Untersuchungen an Kohlenmühlen . . . 768
— Kohlenmühle von Curt v. Grueber für die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim . . . . . 917*
— Vierkammer-Verbundmühle der Amme-Luther-Werke, Hardinge-Mühle mit Luftstromsichtung, verkürzte Rohrmühle mit Luftstromsichtung, Fuller-Mühle mit Luftstromsichtung, Loesche-Ringwalzenmühle mit Luftstromsichtung, Hildebrandt-Mühle für feinste Vermahlung, Kolloplex-Mühle für feinste Vermahlung der Alpine-Maschinenfabrik A.-G., Ventoplexsichter der Maschinenfabrik Gebr. Pfeiffer A.-G. *1783**
**Museum.** Amerikas großes Museum für die Geschichte der Technik . . . . . 415

**Nachruf.** Max Schwab . . . 48
— Emil Schrödter . . . . . 90*
— Karl Keller. Von *H. Keller* . 91*
— Heinrich Ehrhardt. Von *Gossow* . . . . . 356*
— Professor Dr. Prášil. Von *R. Thomann* . . . . . 401
— Erasmus Kittler. Von *E. L. Antz* . . . . . 468
— Martin Kubierschky . . . . 816
— Arthur Scherbius . . . . . 823
— M. Rudeloff. Von *K. Meminler* *1267**
— Carl Freiherr Auer von Welsbach. Von *D'Ans* . . . . . *1268**
— Christoph Eberle. Von *E. Heidebroek* . . . . . *1710**
**Nahrungsmittel** s. a. Bäckerei, Milch, Müllerei.
— Die Herstellung von Kakaopulver. Von *H. Lottes.* A. . 60*
— Brech- und Reinigungsmaschine für Kakaobohnen, Kakaowalzenmühle, Windsichter, Kakaopulverisieranlage von Baumeister, hydraulischer Zweikolbenakkumulator von Hänel, J. M. Lehmann . . . . . 61*
— Die Herstellung von Schokolade. Von *H. Lottes.* A. . . 364*
— Längsreiber mit runden Trögen, mit Luftdurchwirbelung oder Überdruck arbeitender Rundreiber, Einfülltrichter mit Teilkopf

Seite

**Nahrungsmittel.**
einer Eintafelmaschine, Teilvorrichtung einer Formenfüllmaschine . . . . 364*
— Anlage für Fischmehlbereitung auf einem Fischdampfer 582*
— Die Abkühlung von Fleisch. Von *W. Tamm* . . . . . *1002*
— Rationalisierung im Großküchenbetrieb . . . . . *1864**
Natur s. Technik.
**Naturwissenschaft** s. a. Physik.
— Vom Werden der naturwissenschaftlichen Probleme. Von *F. Dannemann.* B. . . . . 383
Nico-Metall s. Legierung.
**Nieten.** Versuche über Lochleibungsdruck. Von *Findeisen* . 94
— Lufthydraulische Nietmaschine. Von *P. Klein* . . . . . *992**
Nordlicht s. Physik.
**Normen** s. a. Kupfer, Verein deutscher Ingenieure (andere Vereine).
— Die Arbeiten des Deutschen Normenausschusses und ihre Zusammenhänge mit dem deutschen Eisenbau. Von *Erlinghagen* . . . . . 139
— Gewindetoleranzen . . . . 224
— Normblattentwürfe für Roststäbe . . . . . 350*
— Bedeutung der Normung für die deutsche Wirtschaft. Von *F. W. Wedding* . . . . . 444
— Normblattentwürfe für chirurgische Geräte . . . . . 755*
— Standards and standardiziation. Von *N. F. Harriman.* B. 771
— Die deutsche Normung. Von *Bürnig* (Chronik) . . . . 882
— Normung und Kosten elektrischer Erzeugnisse in Amerika *974*
— Maschinenelemente und Betriebsnormen. B. . . . . *1107*
— Din-Normblatt-Verzeichnis. B. *1107*
— Normung im Textilmaschinenbau. Von *K. Hentschel.* A. . *1232**
— Standards Yearbook . . . . *1800**
— Regeln für die Prüfung von Wärme- und Kälteschutzanlagen. B. . . . . *1867*

**Oel** s. a. Behälter, Schmieren.
— Die trocknenden Öle. Von *K. H. Bauer.* B. . . . . 803
— Neue Anwendungsmöglichkeiten des Dispersoid-Druckverfahrens in der Fabrikation von Speiseölen und Fetten. Von *K. Löffl* . . . . . *1620*
**Ofen** s. a. Bäckerei, Metallschutz, Trocknen.
— Eisenerz-Röstofen mit Gasheizung. Von *H. Hälbig* . . 65*
— Hochfrequenz-Schmelzofen der Metropolitan-Vickers Electrical Co. . . . . 69*
— Selbsttätig arbeitende Blechglühöfen . . . . . 106
— Hochfrequenzofen mit umlaufender Funkenstrecke und veränderlicher Schwingungszahl. Von *M. H. Kraemer* . . 170*
— Über Wolframöfen. Von *W. M. Cohn* . . . . . 203*
— Wärmeaustausch in Regeneratoren. Von *H. Hausen* . . 431*
— Öfen für Betriebe mit fließender Fertigung (Fließöfen). Von *G. Bulle* . . . . . *1099*
— Wirtschaftliche Überlegungen bei Anschaffung und Betrieb elektrischer Widerstandöfen. Von *V. Paschkis* . . . . . *1284*
— Blankglühen von Stahl im elektrischen Ofen. Von *A. Pomp* . . . . . *1526**

Seite

Ofenplatte s. Gießen.
Omnibus s. Kraftwagen.
Optik s. Photographie.
Ostpreußen s. Industrie, Landwirtschaft.
Oszillograph s. Messen.

**Packen.** Verpackungsfragen. Von *Weicken* . . . . . 16
— Selbsttätige Absackmaschine . 136*
— Getriebepraxis bei Verpackmaschinen. Von *F. Maul.* A. . 481*
— desgl. Z. . . . . *1212*
— Verpacken leichtzerbrechlicher Waren in Wellpappe. Von *O. Harras.* A. . . . . *1063**
— Verpackungs- und Versandkosten und deren Anteil am Warenpreise. Von *Weicken* . *1444*
**Papier** s. a. Druckerei, Packen, Trocknen.
— Die Geschichte des Papiers. Die Roh- und Halbstoffe. Von *F. v. Hossle, Korn, Fr. Mosel, E. Opfermann* und *L. E. Walter.* B. . . . . *1868*
**Patentwesen.** Das Unterpatent. Von *R. Lüssenhop* . . . . . 250
— Urheber- und Erfinder-, Warenzeichen- und Wettbewerbsrecht. Von *A. Elster.* B. . . 480
— Patentgesetz und Gebrauchsmusterschutzgesetz. Von *E. Pietzker.* B. . . . . *1332*
— Précis de brevetabilité. Von *A. Picard.* B. . . . . *1412*
**Petroleum.** Ölbergbau in den Vereinigten Staaten von Amerika. Von *Prockat* . . . . . 592*
— Lagerung und Transport des Erdöls und seiner Produkte zu Lande. Von *J. Swoboda.* 2. T., B. . . . . 942
— Die deutsche Mineralöl-Industrie. B. . . . . *1144*
— The geology of petroleum and natural gas. Von *E. R. Lilley.* B. . . . . *1252*
Pflug s. Landmaschine.
**Photographie** s. a. Lichtpausen.
— Photographische Objektive. Von *R. Thun.* A. . . . . 49*
— desgl. Z. . . . . *962*
— Neuer Schwingständer für photographische Kammern. Von *O. Hollbach* . . . . . 939*
— Bildwerfer im Tisch des großen physikalischen Hörsaales der Technischen Hochschule München . . . . . *1832**
— Die Photographie in Wissenschaft und Praxis. Von *A. Hay.* B. . . . . *1835*
**Physik** s. a. Messen, Strahlung.
— Das Kapillarphänomen. Von *W. Schmidt* . . . . . 8
— Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. Von *A. Eucken, O. Lummer* und *E. Waetzmann.* B. . . . . 175, *1491*
— Kinetische Probleme. Von *E.* —
— Handbuch der Experimentalphysik. Von *W. Wien* und *F. Harms.* B. . . . . 239, *1106*
*D. Bruins* und *J. Reudler.* B. 271
— Äthertheorien und Äthermodelle. Von *H. Bremerkamp* und *de Haas-Lorentz.* B. . . 271
— Grundfragen der Physik im Lichte Goethescher Erkenntnisart. Von *E. Hegelmann.* B. 271
— Aus der neuen Physik. Von *M. Planck.* A. . . . . 353
— Die kurzwelligen Strahlen des Nordlichtes. Von *M. Zorn* . 355*

**Physik.** Seite
— Handbuch der Experimentalphysik. Von *P. Lenard, Ferd. Schmidt* und *R. Tomaschek.* B. . . . . 382
— Physikertagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Aerzte. Von *W. Hort* . 408
— Lehrbuch der Physik. Von *A. Berliner.* B. . . . . 772
— Physik. Von *W. H. Westphal.* B. . . . . 772
— Atombau und Spektrallinien. Von *A. Sommerfeld.* B. . . . *1008*
— Die durchdringende Höhenstrahlung. Von *M. Zorn* . . *1050*
— Das Wesen des Elektrons. Von *E. Rupp.* A. . . . . *1109**
— Atlas der letzten Linien der wichtigsten Elemente. Von *Fr. Löwe.* B. . . . . *1411*
**Pleuelstange.** Leichtmetall-Schubstangen mit schlechtem und gutem Faserverlauf . . 269*
— Beanspruchung von Schrauben an Marineköpfen. Von *Salingré* . . . . . 358*
— Praktische Berechnung von Pleuelstangen. Von *Modersohn* . . . . . 360
— Treibstangen für amerikanische Lokomotiven . . . . . *1162**
— Die Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager. Von *K. Seyderhelm.* A. . . . . *1237**
— desgl. Z. . . . . *1471*
**Porzellan** s. a. Keramik.
— Feststellung der Dämpfung von Porzellan mittels der Drehausschwingungsmaschine. Von *O. Föppl* . . . . . 766*
**Post.** Deutscher Reichspost-Kalender für 1929. B. . . . . 176
**Pressen.** Plattenpresse und Putzmaschine . . . . . *987**
— Einfluß der Abrundung beim Ziehen von Hohlkörpern aus dünnen Blechen. Von *H. Draeger.* B. . . . . 1867
Preisausschreiben s. Schall.
**Propeller.** Die Luftschraubenfrage. Von *F. Seewald* . . 138
— Schraube des Motorrettungsbootes „Jusulinde“ . . . . 501*
— Rückwärts arbeitende Schlepperschrauben. Von *Gutsche* . *1137**
— Propeller, Schaufelradströmung, Kühlerwirkung, Kavitation und Überschallgeschwindigkeit . . . . . *1625*
— Eine neue Schiffsschraube . . *1691*
Prüfstand s. Versuchsanstalt.
**Psychotechnik** s. a. Arbeiter.
— Psychotechnische Methoden im Verkehrswesen. Von *B. Herwig.* B. . . . . *1411*
**Pumpe** s. a. Härten, Luftpumpe, Ventil.
— Der gegenwärtige Stand des Kreiselpumpenbaues, Formgebung und Berechnung der Schaufeln. Von *C. Pfleiderer.* A. . . . . 126*
— Das Förderhöhenverhältnis der Kreiselpumpen für die ideale und wirkliche Flüssigkeit. Von *W. Schulz.* B. 143
— Tiefbrunnenpumpe für 195 m Förderhöhe . . . . . 174
— Der gegenwärtige Stand des Kreiselpumpenbaues. Besonders kennzeichnende Bauformen. Von *C. Pfleiderer.* A. 177*
— Schöpfpumpwerk mit Francis-Laufrad von L. W. Bestenbostel & Sohn, Propellerpumpe der MAN und der Maffei-Schwartzkopff-

**Pumpe.** Seite
werke, Speicherpumpe und sechsstufige Kesselspeisepumpe von Escher, Wyß & Cie., Pumpe für Stufenspeisung von Weise Söhne, Preßwasserpumpe für 2×9 Stufen von Klein, Schanzlin & Becker, Getriebe-Dampfturbopumpe der AEG, Wasserwerkpumpe von Amag-Hilpert, Pumpe der Maffei-Schwartzkopff-Werke, Bohrlochpumpe von Escher, Wyß & Cie., Unterwasserpumpe der Garvenswerke, Schraubenpumpe von Weise Söhne und Klein, Schanzlin & Becker, Säurepumpe der Rheinhütte und von Amag-Hilpert . . . . . 177*
— Kreiselpumpensätze für ein Höchstdruck-Kraftwerk. Von *H. Kissinger.* A. . . . . 393*
— Höchstdruck-Kreiselpumpe von Gebr. Sulzer, Stopfbüchse mit Kühlung von innen, Kondensationspumpengruppe . . . . . 394*
— Selbstsaugende Brennstoffpumpe mit kettenschlüssigem Antrieb für Dieselmotoren. Von *O. Holm* . . . . . 410*
— Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Kreiselpumpenforschung. Von *W. Schulz* . . . 454*
— desgl. Z. . . . . 596
— Geue-Pumpe für Wasserwerke 545*
— Pumpen und Kompressoren. Von *P. Ostertag* (Chronik) . 859*
— Speisepumpen für 100 at von Klein, Schanzlin & Becker, von Gebr. Sulzer, A.-G. . . . *995**
— Speicherpumpe für das Schwarzenbachwerk . . . . *1157**
— Schnellaufende Kolbenpumpe für Wasserwerke. Von *K. Schoene* . . . . . *1208**
— Bewässerungspumpen in Indien 1370
— Hauptschmierpumpe . . . . *1562*
— Pumpen und Druckwasseranlagen. Von *R. Vogdt.* B. . *1835*
Putzen s. Gießen.
Pyrometer s. Messen.

**Quellennachweis** s. Bücherei.

**Rahmen** s. Kraftwagen.
Ramme s. Straßenbau.
Räumnadel s. Werkzeug.
**Rauchverhütung.** Verhütung der Rauch- und Rußplage in St. Louis . . . . . *1007*
Rechtschreibung s. Wörterbuch.
Regenerator s. Ofen.
Reibung s. Getriebe, Mechanik, Pleuelstange, Schmieren.
Reuleaux s. Lebensbeschreibung.
Richten s. Biegen.
**Riemen.** Praktische Riemenversuche. Von *Kutzbach* . . . . 363
— Neuzeitliche Riemenprüfung. Von *Fr. Pelckmann.* A. . . . *1425**
— Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben. Von *A. E. Müller.* B. . . . *1627*
— desgl. . . . . *1656**
Rißbildung s. Werkstoff.
Ritzverfahren s. Messen.
**Röntgen** s. a. Flasche, Werkstoff.
— Versuchsanordnung zur Durchleuchtung von Gasflaschenböden mittels Röntgenstrahlen *1614**
Rösten s. Ofen.
Roheisen s. Eisenhüttenwesen.

Seite

**Rohr** s. a. Eisenbau, Hochbau, Mechanik, Stopfbüchse, Unfall, Wasserleitung.
— Schachtrohr mit fünf Zylinderstützen des Sparbeckens der Hindenburgschleuse . . . . 405*
— Herstellung von Schweißverbindungen bei Gasrohrleitungen . . . . . 426
— Rohre. Unter besonderer Berücksichtigung der Rohre für Wasserkraftanlagen. Von *V. Mann*. B. . . . . 447
— Schweißverbindungen von Gasfernleitungen . . . . . 520*
— Schweißmuffenverbindung in Gasfernleitungen . . . . *950**
— desgl. Z. . . . . *1148**
— Flanschverbindung für 100 at abs. . . . . *993**
— Hohe Tagesleistung beim elektrischen Schweißen von Röhren . . . . . *1105*
— Bau und Betrieb von Hochdruck- und Niederdruckgasrohrnetzen. Von *Worbs* . . . *1317*
— Geschweißte Rohrleitungen in Hochhäusern . . . . . *1730**
Rolle s. Seil.
Rollgang s. Lager- und Ladevorrichtung.
**Rost** s. a .Normen.
— Neue Form für pendelnde Rostglieder, neues Kettenglied für Wanderroste, Wassergekühlter Abstreifer, Geschwindigkeitsregler für Wanderroste . . . . . *1051**
Rosten s. Metallschutz.
Rühren s. Mischen.

**Sack** s. Packen.
**Säge.** Der Zerspanungsvorgang bei Kaltkreissägen . . . . 604*
Schacht s. Abteufen.
**Schall** s. a. Elektrische Bahn.
— Untersuchungen über Raumakustik, Geräusch und Lärmfragen . . . . . *1487*
— Schwingungs- und Schallvorgänge im Wasser . . . . . *1488*
— Preisausschreiben zur Bekämpfung des Verkehrslärms. Ergebnis. Von *W. Hort* . . . . *1650*
**Schalter** s. a. Fabrik, Hochbau.
— Schubtrennschalter . . . . 164*
— Freiluft-Trennschalter für 220 kV . . . . . 765*
— Luftschalter als Lokomotivhauptschalter der Siemens-Schuckertwerke . . . . . 923*
— Schaltgeräte für 200 kV . . *1172**
— Kontakt des AEG-Trennschalters für 200 kV . . . *1173**
— Deïon-Luftschalter. Von *F. Niethammer* . . . . . *1287**
— Löschen des Schaltlichtbogens mit Druckluft . . . . . *1433**
— Gekapselte Hochspannungsanlagen . . . . . *1445**
— Hochleistungsölschalter mit Schmelzsicherung . . . . . *1718**
— Ölschalterversuche in einem 220 kV-Netz . . . . . *1795**
— Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen. Von *R. Rüdenberg*. B. . . . . *1867*
Schaufel s. Mechanik.
**Schere.** Schere zum Schopfen von Bandeisen . . . . . *1338**
**Schieber** s. a. Steuerung.
— Zweiteiliger Absperrschieber für Druckrohrleitungen . . . 106
— Abschlammschieber für hohe Drücke . . . . . *1177**
Schiene s. Schweißen.

Seite

**Schiff** s. a. Behälter, Elektrotechnik, Fähre, Feuerung, Kriegschiff, Lager- und Ladevorrichtung, Messen, Nahrungsmittel, Propeller, Schall, Schiffbau, Schiffshebewerk, Schiffsmaschine, Schwimmkran, Seerettungswesen, Stahl, Vorwärmer.
— Vorschriften für Motorschiffe 28
— Hochwertiger Werkstoff für die obere Gurtung von Schiffen . . . . . 270
— Schwimmfähigkeit der Fahrgastschiffe nach Havarien und ihre internationale Regelung. Von *Laas* . . . . . 376
— Hilfsbuch für den Schiffbau. Von *E. Foerster*. B. . . . 415
— Die Anwendung der Längsspantenbauart nach Isherwood 436
— Elektrisch angetriebene amerikanische Fahrgastschiffe . . 460
— The motor ship reference book for 1929. B. . . . . 479
— Stevenrohr und Tunnel, Hauptspant, Motorräume des Motorrettungsbootes „Insulinde“ . . . . . 501*
— Probefahrtergebnisse eines Dampfers der Maier-Schiffsform . . . . . 574
— Die Fischdampfer „Sergent Gouarne“ und „Aspirant Brun“. Von *C. Bollow*. A. 581*
— Der Holland-Amerika-Dampfer „Statendam“ . . . . . 626
— Japanisches Fischmotorschiff 627
— Tankschiff zur Beförderung von Schmierölen . . . . . 638
— Neue Kanalmotorschiffe . . 658
— Motorshipping. Von *A. C. Hardy*. B. . . . . 739
— Erz- und Kohlendampfer . . 833
— Schiff- und Schiffsmaschinenbau. Von *Goos* (Chronik) . . 875*
— desgl. Z. . . . . *1072*
— Walfischdampfer „Kosmos“ . *975*
— Die englischen Schnellboote „Miss England“ und „Miss Alacrity“. Von *W. Schmidt* . *1003**
— „St. Louis“ und „Milwaukee“. Die beiden neuen Zweischrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie. Von *E. Gödecken* und *B. Bleicken*. A. *1015, 1092**
— Ruder und Rudersteven . *1017**
— Der Schnelldampfer „Bremen“ *1033*
— Dieselmotortankschiff „California Standard“ . . . . . *1065**
— Der Kanaldampfer „Vienna“ . *1105*
— Schiffbau-Kalender 1929. B. . *1107*
— Geschweißte Stahlboote . . . *1178*
— Das Motortankschiff „Calgarolite“ . . . . . *1214*
— Englands größtes Motorschiff *1214*
— Stapellauf des größten und schnellsten holländischen Fahrgastschiffes . . . . . *1231*
— Vergleichende Modell-Schleppversuche. Von *Fr. Eisner* . . *1249**
— Französische Fischereifahrzeuge . . . . . *1330*
— Freibord und Sicherheit der Seeschiffe. Von *W. Brühl* . . *1354*
— Eine neue Schonerjacht . . . *1411*
— Beförderung von Güterwagen im Schiff . . . . . *1490*
— Probefahrt des größten japanischen Fahrgastmotorschiffes *1508*
— Spanisches Fahrgastschiff . . *1531*
— Schiffslieferung nach Innerafrika . . . . . *1562*
— „Hütte“. Bootsbau. Praktischer Schiffbau (Brix). Von *Akademischer Verein „Hütte“* und *A. Neesen*. B. . . . . *1563*

Seite

**Schiff.**
— Das Walfangschiff „Vikingen“ *1589*
— Französisches Fahrgastmotorschiff . . . . . *1658*
— Die Motorjacht „Cyprus“ — erbaut auf der Fried. Krupp-Germaniawerft, Aktiengesellschaft, Kiel —. Von *E. Cords*. Bildbl. 9 und 10. A. . . . *1661**
— Die Schnelldampferfrage. Von *Brühl* . . . . . *1667*
— Das Schiff in der bildenden Kunst. Von *F. Moll*. B. . . . *1723*
— Reihenschiffbau . . . . . *1798*
— Der internationale Vertrag zum Schutze des menschlichen Lebens auf See. Von *Königs* *1861**
— Formgebung der Schnelldampfer. Von *Kempf* . . . *1861**
— Das chinesische Küstenschiff „Hai Hing“ . . . . . *1866*
**Schiffbau.** Schiffbautätigkeit im Jahre 1928 . . . . . 175
**Schiffahrt** s. a. Schiffshebewerk, Seerettungswesen.
— Schiffahrt-Jahrbuch 1929. B. *1215*
— Schiffssicherheitsvertrag 1929 *1274*
— Handbuch für deutsche Binnenschiffahrt 1929/30. B. . . . *1492*
**Schiffshebewerk** s. a. Seil.
— Vom Bau des Schiffshebewerkes Niederfinow. Von *H. Seidel* . . . . . 149*
**Schiffskessel** s. Überhitzer.
**Schiffsmaschine** s. a. Abwärme.
— Doppeltwirkender Zweitakt-Schiffsdieselmotor . . . . . 413
— Fortschritte der Bootsmotoren 446
— Wirtschaftlichkeit neuerer Schiffsdampfanlagen . . . . 625
— Erfahrungen mit großen Schiffsdieselmotoren . . . . 626
— Elektrischer Schiffsantrieb . . *1006*
— Ruderanlage von Motorschiffen . . . . . *1020**
— Elektrischer Schiffsantrieb . . *1142*
— Dieselmotorenanlage mit Ladegebläse nach Rateau . . . . *1213*
— Schiffsdieselmotoren mit verstärkter Aufladung . . . . *1530*
— Umbau einer Schiffsmaschinenanlage . . . . . *1685*
— Der Dieselmotor in der dänischen Küstenfahrt . . . . *1686**
— Antrieb der Schnelldampfer. Von *Bauer* . . . . . *1861**
**Schleifen** s. a. Schraube, Werkzeugmaschine.
— Bestimmung der Brucheigenschaften gekörnter Schleifmittel. Von *C. Krug*. A. . . *1707**
— Beziehungen zwischen den Eigenschaften und der Verwendung von Schleifscheiben. Von *A. Guilleaume* . . . . *1832*
— Hohe Umfangsgeschwindigkeit bei amerikanischen Schleifböcken . . . . . *1834*
**Schleuse** s. a. Lager, Rohr.
— Die Hindenburgschleuse — Maschinelle Anlagen. Von *Goetzcke*. A. . . . . 403*
— Klapptor am Oberhaupt . 404*
— Die neue Schleuse in Ymuiden. Von *C. T. C. Heyning*. A. . . . . 741*
— Die Nordschleusenanlage in Bremerhaven. Von *A. Agatz* . *1097**
Schleppen s. Haken.
Schlepper s. Landmaschine.
Schmelzen s. Gießen.
**Schmieden** s. a. Stahl.
— Schmiedespannungen, Vergütungsspannungen und Wärmespannungen. Von *Fiek* . . . *1260*

Seite

**Schmieren** s. a. Messen, Schiff.
— Über die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz. Von *R. Wolff*. B. . . . . 478
— desgl. . . . . *1198**
— American lubricants. Von *L. B. Lockhart*. B. . . . . 659
— Oil refinery specifications. Von *A. L. Nugey*. B. . . . 738
— Grenzreibung bei gleichförmiger Geschwindigkeit. Von *G. Duffing* . . . . . *1329**
— Neuere Ergebnisse über die Druckzähigkeit von Ölen. Von *S. Kießkalt* . . . . . *1502**
— desgl. Z. . . . . *1660*
— Beurteilung der Schmierfähigkeit von Ölen. Von *G. Duffing* *1702**

Schnelldampfer s. Schiff.

Schokolade s. Nahrungsmittelindustrie.

Schornstein s. Gründung.

**Schrämmaschine.** Ketten- und Stangenschrämmaschinen im Steinkohlenbergbau . . . . *1652*

Schrapper s. Lager- und Ladevorrichtung.

**Schraube** s. a. Pleuelstange, Zylinder.
— Schraubenbefestigung in Gußeisen und Leichtmetall . . . 268*
— Untersuchungen an Schraubengewinden. Von *Berndt* . 357*
— Zur Festigkeit im Schraubengewinde. Von *W. Kuntze*. A. 469*
— Schleifen von Schraubengewinden. Von *Weil* . . . . . *1327**
— Die Festigkeit der Schraubenverbindung in Abhängigkeit von der Gewindetoleranz. B. *1331*

Schraubengetriebe s. Zahnrad.

**Schreibmaschine** s. a. Getriebe.
— Die Büroschreibmaschine. Von *R. Berger*. A. . . . . *1479**
— Schreibmaschine mit Wagner-Hebelgetriebe, geräuschlose Schreibmaschine, Typenwalzmaschine . . . *1480**

Schuppen s. Lager- und Ladevorrichtung.

**Schweißen** s. a. Behälter, Dampfkesselexplosion, Eisenbahn, Eisenoberbau, Eisenbau, Elektrotechnik, Gesenk, Kondensation, Kraftwagen, Kupfer, Lokomotive, Luftfahrt, Rohr, Schiff, Werkzeugmaschine.
— Selbsttätige Lichtbogen-Schweißmaschinen. Von *F. Niethammer*. A. . . . . 209*
Selbsttätige Azetylen-Sauerstoff-Schweißmaschine . . . 414*
— Werkstoffübergang im Schweißlichtbogen. Von *A. Hilpert* . . . . . 798*
— Schweißen im Großmaschinenbau . . . . . *1070*
— Fachtagung für Schweißtechnik gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Danzig-Königsberg. Von *Adrian* *1164*
— Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf die Wirtschaftlichkeit und Güte des Schnittes bzw. der Schweißnaht. Von *W. Rimarski, C. Kantner, E. Streb*. B. . *1451*
— desgl. Von *W. Rimarski* . . *1467**
— Prüfeinrichtung für Schweißnähte . . . . . *1491*
— Ziele und Grenzen des Schweißens. Von *Füchsel*. Bildbl. 11. A. . . . . *1725**

Seite

**Schweißen.**
— Die Kupferschweißung insbesondere an Lokomotivfeuerbüchsen. Von *R. Samesreuther*. A. . . . . *1731*
— Englische Untersuchungen an geschweißten Druckgefäßen . *1737**
— Schweißen im Maschinenbau. Von *H. Neese*. A. . . . . *1738**
— Die elektrische Stumpfschweißung (Abschmelzverfahren). Von *Th. Wuppermann*. A. . *1758**
— Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte. Von *F. Sommer*. A. *1764**
— Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnahten. Von *Adrian* *1768*

Schwelen s. Gas.

Schwelle s. Eisenbahnoberbau.

**Schwimmkran.** 60 t-Schwimmdrehkran mit einziehbarem Ausleger. Von *Fr. Woeste* . 32*
— Neuartige Schwimmkrane im Hamburger Hafen. Von *O. Wundram*. A. . . . . *1547**
— Ein schnellfahrender Schwimmkran mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb. Von *P. Frenzen* und *O. Neugebauer*. A. . . . . *1668**
— desgl. Z. . . . . *1800*

Schwinden s. Werkstoff.

Schwingung s. Gründung, Mechanik, Messen, Seil.

**Seerettungswesen.** Verwendung großer Rettungsboote in Verbindung mit dem Welin-Maclachlan-Davit auf großen Passagierschiffen. Von *Biedermann* . . . . . 376*
— Das Motorrettungsboot „Insulinde". Von *E. Voßnack*. A. 499*
— Schraube, Stevenrohr und Tunnel, Hauptspant, Motorräume . . . . . 501*

**Seil** s. a. Messen.
— Versuche mit Drahtseilen und Seilscheibenlagern für das Schiffshebewerk Niederfinow. Von *A. Freund*. A. . . . . 73*
— Eine leichte Seilrolle für den Aufzugbau. Von *G. Schiffner* 104*
— Ein Beitrag zur Klärung der Drahtseilfrage. Von *R. Woernle*. A. . . . . 417*
— Stoßdämpfeinrichtung für Förderseile. Von *H. Hort* . . . 507*
— Brüche an den Tragkabeln amerikanischer Hängebrücken 579
— Über Drahtseile. Von *W. Schmidt* . . . . . 940*
— desgl. Z. . . . . *1800*
— Prüfung von Seildrähten durch Zug- und Biegeversuche. Von *Fiek* . . . . . *1404*
— Elektromagnetische Überwachung von Förderseilen . . *1592**
— Drahtseilforschung. Von *Woernle* . . . . . *1623**
— Dauerbiegeversuche mit Drahtseilen. Von *Herbst* . . . *1623**
— Dauerversuche mit sechslitzigen Drahtseilen von etwa 50 mm Dmr. Von *Fiek* . . . *1623**

Selbstentlader s. Eisenbahnwagen.

Sicherung s. Elektrotechnik.

Sichten s. Landwirtschaft.

Sieb s. Staub.

**Signal** s. a. Elektrisches Nachrichtenwesen.
— Bremsuntersuchungs-Meldeanlagen. Von *Fr. Zimmermann* . 411*
— Signale an Eisenbahnübergängen . . . . . 510
— Selbsttätige optische Zugsicherung. Von *J. Hausen* . 654*
— Neuartige Überwachung von Weichen- und Fahrsignalen . 770

Seite

**Signal.**
— Vom Zug betätigte Blinklicht-Warnsignale an Eisenbahnübergängen . . . . . *1490**
— Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung. Von *H. Faßbender*. A. . . . *1406, 1581**
— desgl. Z. . . . . *1660**
— Ultrarote Strahlen zur Signalgebung und Orientierung im Nebel. Von *L. Rotthaas* . . *1859*
— Aufgaben und Möglichkeiten der Anwendung ultraroter Strahlen im Verkehrswesen. Von *Koppe* . . . . . *1859*
— Die praktischen Aussichten der Benutzung ultraroter Strahlen für das Verkehrswesen vom Standpunkte der Wissenschaft und Forschung. Von *C. Müller* . . . . . *1859*
— Praktische Erfahrungen im Kriege mit Ultrarotsignalisierung. Von *Voege* . . . . . *1860*

Silikat s. Keramik.

Spant s. Schiff.

Speicher s. Lager- und Ladevorrichtung, Wasserkraft.

Speisewasser s. Vorwärmer, Wasserreinigung.

Spektrograph s. Werkstoff.

Sperrmauer s. Talsperre.

Spinnen s. Faserstoff.

**Sprechmaschine.** Akustik neuzeitlicher Sprechmaschinen. Von *E. Lübcke*. A. . . . . 333*

Spritzen s. Metallschutz.

Spritzguß s. Gießen.

**Städtewesen** s. a. Krankenhaus, Milch, Verkehr, Wasserversorgung.
— Ingenieur und Gemeindeverwaltung. Von *H. W. Wolffram* 29
— Kommunale Technik. Von *Heilmann* (Chronik) . . . . 878*
— La science des plans de villes. Von *A. Rey, J. Pidoux, Ch. Barde*. B. . . . . *1331*
— Grundbegriffe des Städtebaues. Von *K. A. Hoepfner*. B. . . *1835*

**Stahl** s. a. Eisenbahnoberbau, Härte, Hüttenwesen, Lager, Mast, Metallschutz, Ofen, Werkzeugmaschine.
— Bearbeitbarkeitsprüfung von Stählen . . . . . 70
— Die Verwendung hochwertiger Stähle beim Bau großer Brücken und Hochbauten. Von *Bohny* . . . . . 93
— Mechanische Eigenschaften von Stahlguß bei erhöhten Temperaturen. Von *A. Pomp* . 102*
— Herstellung von Stahl nach einem neuen Verfahren . . . 368
— Fortschritte in der Metallurgie des Stahles für Schiffskörper und Kessel. Von *Schulz* . . 377
— Über Gesenkstähle. Von *Schildberger* . . . . . 505
— Physikalische Eigenschaften von Chrom-Eisen- und Vanadium-Eisen-Legierungen . . 752
— Kupferstähle mit hohem Kohlenstoffgehalt . . . . . 801
— Streckgrenze von Stahl bei höheren Temperaturen. Von *A. Schulze* . . . . . *1032*
— Einfluß der Walztemperaturen auf die Eigenschaften der Schienen . . . . . *1072*
— Festigkeits- und Gefügeuntersuchungen an kaltgewalzten und geglühten Bandstählen verschiedener Vorbehandlung. Von *A. Pomp* . . . . . *1448**

Seite

**Stahl.**
— Hochwertige Baustähle für den Großstahlbau. Von *E. H. Schulz* und *H. Buchholtz*. A. . . . *1573**
— desgl. Z. . . . . *1692*
— Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen. Von *A. Thum* und *W. Wiß* . . . . . *1787**
— desgl. Z. . . . . *1868*
**Statik** s. a. Holz.
— Die Statik der Bauwerke. Von *R. Kirchhoff*. B. . . . . 512
— Knickfestigkeit der Pfosten von K-Fachwerken. Von *K. Girkmann* . . . . . 573*
— Der durchlaufende Träger. Von *A. Kleinlogel* und *G. Sigmann*. B. . . . . *1179*
**Statistik** s. a. Technische Lehranstalt.
— Die deutsche Wirtschaft in Karten. Von *E. Pfohl*. B. . . 660
**Staub** s. a. Gasreinigung, Unfall, Unfallverhütung, Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse).
— Siebbewegung und vollkommenes Sieben . . . . . *1070*
— Wissenschaftliche Staubtechnik *1231*
Staudamm s. Wehr.
Staurand s. Düse.
**Steinzeug** s. a. Glas.
— Die Fortschritte im Steinzeugmaschinenbau. Von *F. Müller* *1832*
**Steuerung** s. a. Werkzeugmaschine.
— Vergleichsversuche zwischen Caprotti- und Heusinger-Steuerung . . . . . 142
— Die Wood-Leerlaufeinrichtung für Lokomotivzylinder . . . . 626
— Leerlaufeinrichtungen an Lokomotiven. Von *F. Meineke*. A. 726*
— Druckausgleicher der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, von Müller, für Ventilsteuerung von Rihosek, Druckausgleichschieber von Trofimoff, Meineke, Nicolai, Müller . . . . . 726*
— Drucköl-Ventilsteuerung für Lokomotiven . . . . . *1105*
— Hilfsschiebersteuerung für Gaskompressoren . . . . . *1535**
— Druckölsteuerung für Dampfmaschinen. Von *E. Luchsinger* . . . . . *1559**
— Lenkersteuerung nach Marshall, Ventilkasten mit Leerlaufvorrichtung des mittleren Zylinders für eine Schnellzuglokomotive . . . . . *1642**
— Ventilsteuerung für Lokomotiven . . . . . *1866**
**Stickstoff.** Elektrische Luftverbrennung. Von *H. Pauling*. B. *1215*
— Elektrische Stickstoffgewinnung nach *Tern* . . . . . *1858*
**Stopfbüchse.** Stopfbüchse für Gasfernleitungen . . . . . 521*
— Gasdichte Stopfbüchse für Turbokompressoren . . . . *1535**
**Straßenbahn.** Straßenbahn-Gelenkwagenzüge, Bauart Niesky 695*
— Zweistöckige Straßenbahnwagen in London . . . . . *1330*
— Straßenbahn-Gelenkwagen . . *1330*
**Straßenbau** s. a. Kraftwagen, Mischen, Tunnel.
— Versuche mit Teerung von Landstraßen . . . . . 107
— Die Bauverfahren für Landstraßen. Von *Nagel*. Z. . . . 136
— Der Antrieb von Straßenbaumaschinen . . . . . 238
— Probleme des Betonstraßenbaues. Von *E. Probst* und *H. Brandt*. B. . . . . *1070*

Seite

**Straßenbau.**
— Highway engineering. Von *J. H. Batemann*. B. . . . . *1106*
— Straßenbau in den Vereinigten Staaten . . . . . *1251*
— Straßenstampfmaschine der Dinglerschen Maschinenfabrik, Explosionsramme der Delmag, Baumaschine für Asphaltstraßen von Krupp-Gruson-Werk . . . . . *1272**
— Manufatti stradali. Von *E. Miozzi*. B. . . . . *1412*
**Straßenreinigung.** Neue Straßenreinigungsmaschinen. Von *G. Erdmann*. A. . . . . *1193**
— Straßenkehrmaschine mit benzin-elektrischem Antrieb der Faun-Werke, Nürnberg *1195**
Streckenausbau s. Bergbau.
Sulfitlauge s. Brennstoff.

**T**achometer s. Geschwindigkeitsmesser.
**Talsperre** s. a. Beton, Lager- und Ladevorrichtung, Messen, Wehr.
— Ergebnisse der Versuchssperrmauer am Stevenson Creek in Kalifornien. Von *H. Busch* . 474*
— Konstruktive Einzelheiten der Coolidge-Sperre . . . . . *983**
— Erhöhung der Nil-Staumauer bei Assuan . . . . . *1006*
— Der Lloyddamm in Indien . . *1451*
— Die Talsperre „Calles" in Mexiko. Von *H. Schwilling* . *1557**
Tank s. Behälter, Brennstoff.
Tarif s. Messen.
**Taschenbuch** s. a. Werkstoff.
— „Hütte", Taschenbuch für Betriebsingenieure. Von *Akademischer Verein Hütte* und *A. Stauch*. B. . . . . 415
— Taschenbuch für den Maschinenbau. B. . . . . *1007*
**Technik** s. a. Geschichte, Heimtechnik, Lexikon, Warenhaus.
— Die Lehre von der schöpferischen, Produkte schaffenden Arbeit, die grundlegende Erziehung für den Maschinen-Ingenieur. Von *J. Schenk*. B. 107
— Bildungswerte der Technik. Von *H. Weinreich*. B. . . . 509*
— Der biologische Faktor in der Technik. Von *W. Ostwald*. A. *1149*
— Technische Enzyklopädie. Von *Martens, Wolfsohn Weiß* und *Kusminski*. B. . . . . *1564*
— Natürliche Technik. Von *K. W. Geisler*. A. . . . . *1617**
— desgl. Z. . . . . *1724*
— Der Weg des Geistes in der Technik. Von *L. Erhard*. B. . *1692*
**Technische Lehranstalt** s. a. Elektrotechnik, Heizung, Keramik, Konstrukteur, Landmaschine, Unterricht, Verein deutscher Ingenieure (Fachausschüsse), Versuchsanstalt.
— Deutsche Hochschulstatistik, Sommerhalbjahr 1928. B. . . 207
— Neue Technische Hochschulen? 472*
— 25 Jahre Technische Hochschule Danzig. A. . . . . *991**
— Besuch der Technischen Hochschulen und Bergakademien im Winterhalbjahr 1928/29. Von *Parey* . . . . . *1067**
— Die Ausbildung von Gießereifachleuten Von *M. Paschke* . *1142*
— Die Ausbildung von Gießereifachleuten. Von *C. Geiger* . . *1142*
— Deutsche Hochschulstatistik. B. . . . . *1180*
— Die Hochschultagung Dresden. Von *E. Heidebroek* . . . . . *1235*

Seite

**Technische Lehranstalt.**
— Technisches Schulwesen. Ausbildungsfragen. Von *Kothe* . *1288*
— Abhandlungen und Berichte über Technisches Schulwesen. B. . . . . *1292*
— Festschrift der Technischen Hochschule Stuttgart zur Vollendung ihres ersten Jahrhunderts 1829 bis 1929. B. . *1596*
— Die deutschen holztechnischen Fachschulen. Von *Zodel* . . *1634*
— Technisches Schulwesen in Ostpreußen. Von *Lutze* . . . *1634*
— Ausbildung des technischen Nachwuchses im holzgewerblichen Beruf . . . . . *1634*
— Sondereinrichtungen im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule München. Von *W. Parey* . . . . . *1832**
Teer s. Brennstoff, Straßenbau.
**Theater.** Elektrizität im Theater . *1038*
**Thermometer.** Über die Haltbarkeit von Thermoelementen im Betrieb. Von *A. Schulze* . . 246
— Temperaturmessung durch Farbumschlag . . . . . 612
— Platin-Widerstandsthermometer zur Messung der Dampftemperatur . . . . 631*
Tiefladewagen s. Lager- u. Ladevorrichtung.
Toleranz s. Messen.
**Torf.** Neuerungen in der Gewinnung und Veredlung von Torf. Von *Prockat* . . . . . 407
Träger s. Eisenbau.
Tränken s. Holz.
**Transformator** s. a. Eisenbahnwagen, Getriebe.
— Die Ausbildung des Schubtransformators für Spannungsregelung in Großkraftnetzen. Von *Reiche* . . . . . *1260*
Treppe s. Aufzug.
Triebwerkanlage s. Riemen.
**Trocknen** s. a. Filter, Hochbau, Holz, Landwirtschaft.
— Neuzeitliche Pappentrocknung 172*
— Trocknung von Braunkohle im Röhrentrockner . . . . 349
— Trockenkammer von Benno Schilde A.-G., ununterbrochen arbeitender Trockner . . . . *987**
— Ein neuer Kernofen. Von *W. Menzel* . . . . . *1286**
— Braunkohlentrocknung nach dem Verfahren von Fleißner. Von *Prockat* . . . . . *1299*
— Das Trocknen und künstliche Altern des Holzes. Von *H. Will*. A. . . . . *1421**
— desgl. Z. . . . . *1596*
— Künstliche Holztrocknung. Von *P. Warlimont* . . . . . *1585*
**Tunnel** s. a. Bergbau.
— Ein Jahr Straßenverkehr im Holland-Tunnel . . . . . 142
— Verkehrstunnel unter dem Detroit-Fluß . . . . . *1006*
**Turbine** s. a. Dampfturbine, Unfall.
— Vierdüsige Einrad-Freistrahlturbine von Escher, Wyß & Cie. für die Anlage Maipo in Chile . . . . . 856*
— Propellerturbine für ein Kraftwerk in Schweden . . . . . *1491*
Turbulenz s. Mechanik.

**Überhitzer.** Dampfüberhitzer im Schiffsbetrieb . . . . . *1039*
— Überhitzer des Versuchskessel der Lokomotivfabrik J. A. Maffei . . . . . *1223**
Umschlag s. Lager- und Ladevorrichtung.

Seite

**Unfall** s. a. Dampfkesselexplosion.
— Staubexplosionen. Von *R. Loch.* A. . . . . 247
— Zwei Explosionen durch Wasserstoff - Stahlflaschen Von *O. Ohmann* . . . . . 264*
— Die Gasbehälterexplosion am Wedding zu Berlin. Von *O. Ohmann* . . . . . 349
— Bruch einer Turbinendruckrohrleitung. Von *M. Unterweger* . . . . . *1392*
— Schwere Kohlenstaubexplosion *1451*
— Kraftfahrzeugunfälle und Kraftfahrzeugrecht. Von *K. Volkmann.* B. . . . . *1492*

**Unfallverhütung** s. a. Anlassen, Blitzschutz, Gewerbeaufsicht, Seerettungswesen, Versuchsanstalt.
— Verhütung von Motorrückschlägen an Kraftwagen. Rückschlagsichere Andrehkurbeln. Von *A. Freymann.* A. . 87*
— desgl. Z. . . . . 448
— Sicherheit im Betrieb. Von *E. Kothe.* A. . . . . 241*
— Staubgefährdung und Staubschädigungen der Metallschleifer. Von *Teleky, Lochtkemper, E. Rosenthal-Deussen* und *Derdack.* B. . . . . 271
— Jahresberichte der gewerblichen Berufsgenossenschaften über Unfallverhütung für 1927. B. . . . . 271
— Geräuschverhütung in Webereien. Von *Denker* . . . . 278
— Staubbeseitigung in Textilbetrieben Von *R. Meldau.* A. . 310*
— Handbuch des Grubenrettungswesens. Von *G. Ryba.* 1. Bd. B. . . . . 942
— Konstruktiver Unfallschutz in der mechanischen Werkstatt. Von *B. Buxbaum.* A. . . . *1056**
— Unfallschutz und Unfallverhütung . . . . . *1068*

**Unterricht** s. a. Keramik, Landmaschine.
— Hochschulkursus Darmstadt, 2. bis 11. April 1929. Von *Parey* . . . . . 1035

**Unterseeboot** s. Kriegschiff.

**Ventil.** Dauerbrüche an Ventilspindeln. Von *Wewerka* . . 358
— Sicherheitsventil für Gaskompressoren . . . . . 378*
— Sparbeckenventile der Sparschleuse der Hindenburgschleuse . . . . . 406*
— Schnellschlußventil mit freiem Durchgang. Von *H. Bund* . . 624*
— Schnellschlußventil von Borsig *994**
— Großes Abflußventil . . . . *1142*
— Druckventil einer schnellaufenden Kolbenpumpe . . . . *1209**

**Ventilator** s. Gebläse.

**Verbrennung** s. Feuerung.

**Verbrennungsmaschine** s. a. Aluminium, Brennstoff, Chemie, Elastizität, Heizung, Kolben, Kühlen, Lager, Legierung, Löten. Messen, Pumpe, Schiffsmaschine, Unfallverhütung, Versuchsanstalt, Zündung.
— Optische Untersuchungen von Explosionsvorgängen. Von *Lindner* . . . . . 83
— Untersuchungen an der Dieselmaschine. Von *K. Neumann.* B. . . . . 143
— Untersuchungen zur Dynamik des Zündvorganges. Von *O. Klüsener.* B. . . . . 143
— Kurbelkastenspülung für Zweitaktmotoren. Von *H. List.* A. 225*

Seite

**Verbrennungsmaschine.**
— Der indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmaschine. Von *F. Schmidt.* B. 240
— desgl. . . . . 617*
— Begrenzung der Leistungssteigerung der schnellaufenden Verbrennungsmaschine durch den Steuervorgang. Von *M. Christian.* B. . . . . 240
— degl. . . . . *1211**
— Zweitakt-Dieselmotor mit neuartiger Lufteinspritzung . . 510
— Die Entropie-Diagramme der Verbrennungsmotoren. Von *P. Ostertag.* B. . . . . 511
— Messung der Einspritzdrücke bei Dieselmotoren . . . . 594
— Dieselmotoren-Anlage für ein Warenhaus . . . . . 594
— Schnellaufender Dieselmotor, Bauart Ricardo. Von *Holfelder* . . . . . 620*
— Einfluß der Länge der Saugleitung bei Verbrennungsmotoren . . . . . 650
— Verwendbarkeit von Schwerölen im Explosionsmotor. Von *E. Drenckhan* . . . . . 725
— desgl. Z. . . . . 840
— Der indizierte Wirkungsgrad der Gasmaschine Von *H. Schnell.* B. . . . . 738
— desgl. . . . . *1349*
— Der Einfluß des Wärmeüberganges auf den indizierten Wirkungsgrad der Gasmaschine. Von *E. Hecker.* B. 738
— desgl. . . . . *1357**
— Der Verbrennungsvorgang im Gas- und Vergaser-Motor. Von *W. Endres.* B. . . . . 771
— Mischungsverhältnis und Verbrennungsvorgänge im Ölmotor. Von *P. Meyer.* A. 824, *1055**
— Verbrennungsmotoren und ihre Brennstoffe. Von *L. Richter* . *1021*
— Verfahren zum Anlassen kleiner Dieselmotoren. Von *G. Jendrassik.* A. . . . . *1027**
— Der Packard-Dorner-Dieselflugmotor . . . . . *1213*
— Eignung des schnellaufenden Dieselmotors für Maschinenantriebe . . . . . *1250**
— Doppeltwirkender Zweitakt-Dieselmotor von 4000 PS . . *1330*
— Eingekapselter Kurbelkasten als Luftverdichter bei Zweitaktmotoren für Grubenlokomotiven . . . . . *1342**
— Der indizierte Wirkungsgrad der Gasmaschine. Von *H. Schnell* . . . . . *1349*
— Der Einfluß des Wärmeüberganges auf den indizierten Wirkungsgrad der Gasmaschine. Von *E. Hecker* . . *1357**
— Volumetrischer Wirkungsgrad eines Zweitakt-Zweizylindermotors mit Kurbelkammergemischpumpe. Von *Fr. Buchholz, L. Hoffmann* und *K. Joachimssohn* . . . . . *1366**
— Anordnung der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin“ . . . . . *1383**
— Spülung und Aufladung bei Zweitaktmotoren. Von *E. Stier.* A. . . . . *1389**
— Kompressorlose Dieselmotoren und Semidieselmotoren. Von *M. Seiliger.* B. . . . . *1411*
— Schnellaufende Dieselmaschinen. Von *O. Föppl, H. Strombeck, L. Ebermann.* B. . . . *1451*
— Schwingungen in den Brennstoffleitungen von Maschinen. *1488*

Seite

**Verbrennungsmaschine.**
— Neue amerikanische Flugmotoren . . . . . *1490*
— Die Anforderungen des Lokomotivbaues an den Dieselmotor. Von *F. Meincke.* A. . *1509**
— Zweitakt-Dieselmotoren mit gesonderter Auspuffsteuerung *1530*
— Personenkraftwagen mit Zwölfzylindermotor . . . . *1615*
— Steigerung der Wärmeausnutzung in Dieselmotoren . . . *1657*
— Gemischvorwärmung bei Motoren für Kraftfahrzeuge. Von *Heller* . . . . . *1674**
— Übergangsdiagramme von Dieselmotoren . . . . . *1687**
— Die Gestaltung des Luftfahrzeugmotors . . . . . *1863**
— Thermodynamische Aufgaben der Luftfahrtforschung . . . *1864*
— Zweitakt-Fahrzeugdieselmotor *1866*

**Verein** s. a. Zellstoff.
— Tagung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege. Von *H. W. Wolffram* . . . . . 67
— Tagung des Ausschusses für Wärmeforschung im Verein deutscher Ingenieure. Von *M. Jakob.* A. . . . . 82*
— Tagung der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde. Von *Wolf* . . . . . 137
— Tagung des deutschen Eisenbauverbandes. Von *Kammer* . 138
— Verkehrstagung der Hannoverschen Hochschulgemeinschaft . . . . . 219
— Hauptversammlung der Gesellschaft für angewandte Mathematik und Mechanik. Von *Eisner* . . . . . 233
— Tagung der Studienkommission für Hochdruckanlagen der Vereinigung der Elektrizitätswerke. Von *Heller* . . . . 345
— 29. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft. Von *W. Schmidt* . . 376*
— Physikertagung der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte. Von *W. Hort* . . 408
— Verein für die bergbaulichen Interessen des Rheinisch-Westfälischen Steinkohlenbergbaues. Von *van Rossum* . . 442
— Jahresversammlung der Deutschen Beleuchtungstechnischen Gesellschaft. Von *W. Köhler* . 473
— 10. Glastechnische Tagung . . 508*
— 32. Hauptversammlung des Deutschen Betonvereins. Von *K. Bernhard* . . . . . 734
— 21. Jahresversammlung des Institute of Metals. Von *M. Haas* 797
— Hauptversammlung des deutschen Kältevereins. Von *R. Plank* . . . . . *1602*
— Hauptversammlung des Vereins der Zellstoff- und Papier-Chemiker und Ingenieure. Von *J. Hausen* . . . . . *1035*
— Tagung des Vereins deutscher Revisionsingenieure . . . . *1068*
— Die deutschen Ingenieure in Danzig und Königsberg. Verlauf der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, 21. bis 24. Juni 1929. Von *W. Landsberg.* A. . . . *1082**
— Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute. Von *Gossow* . . . . . *1099*
— Hauptversammlung des Vereins deutscher Gießereifachleute. Von *Lohse* . . . . . *1140*

Seite

**Verein.**
— Schmelzen und Gießen. Tagung der deutschen Gesellschaft für Metallkunde. Von *W. Claus* . . . . . *1175*
— Vorträge der VII. Ingenieur-Tagung, Brünn 1928. B. . . *1252*
— Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke (VDEW). Von *J. Becker* . . *1260*
— Tagung des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen. Von *Kothe* . . . . *1288*
— 70. Jahresversammlung des Deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern E. V. Von *Gossow* und *Seidel* . . . *1317*
— 34. Hauptversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker. Von *Parey* . . . . . *1365**
— 59. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband . . . *1516*
— Jahresversammlung der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene . . . . . *1616*
— 42. Hauptversammlung des Vereines deutscher Chemiker. Von *Schwenninger* . . . . *1619*
— Hauptversammlung des Deutschen und des Österreichischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik . . . . *1705*
— The rôle of scientific societies in the seventeenth century. Von *M. Ornstein.* B. . . . . *1723*
— 18. Hauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt. Von *Everling* . . . . . *1829*
— 10. Hauptversammlung der Deutschen Keramischen Gesellschaft. Von *G. Helm* . . *1831*
— Träger technisch-wissenschaftlicher Arbeit in Deutschland. Von *E. Boeck.* B. . . . . *1835*
— 30. Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft. Von *W. Schmidt* . . *1861**
— Hauptversammlung der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt. Von *Brämer* . . . *1863*

**Verein deutscher Ingenieure.**
Satzung. Änderung von Nr. 2 der Geschäftsordnung. Beschluß des Vorstandsrates . 944
Wissenschaftl. Beirat. Sitzung des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 834
— Geschäftsbericht . . . . 890
Vorstand. Wahl von Prof. Nägel zum Kurator. Beschluß des Vorstandsrates . . . . 943
— Wahlen des Vorsitzenden-Stellvertreters und von Beigeordneten. Beschlüsse des Vorstandsrates . . . . . 943
— Ausscheiden von Geh. Baurat Lippart als Kurator. Verhandlungen des Vorstandsrates . . . . . 944
Vorstandsrat. Wahlen und Beschlüsse der Versammlung des Vorstandsrates am 22. Juni 1929 in Königsberg i. Pr. . . 943
— Wahlen von Mitgliedern des Wahlausschusses. Beschluß des Vorstandsrates . . . . 943
Hauptversammlung. 67. Hauptversammlung, Essen 1928. Geschäftsbericht . . . 901
— 68. Hauptversammlung. Ankündigungen . . . . 272, 564
— Aus der Tagesordnung . . . 739
— Bericht über die Versammlung . . . . . *1082**

Seite

**Verein deutscher Ingenieure.**
— Ort der 69. Hauptversammlung. Beschluß des Vorstandsrates . . . . . *944*
Fachausschüsse. Wärmeforschung. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . 835
— Geschäftsbericht . . . . 890
— Getriebelehre, Geschäftsbericht 891
— Mechanische Schwingungen. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . 835
— Geschäftsbericht . . . . 891
— Maschinenelemente. Geschäftsbericht . . . . . 891
— Schweißtechnik. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 835
— Geschäftsbericht . . . . 891
— Anstrichtechnik. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 836
— Geschäftsbericht . . . . 892
— Staubtechnik. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 836
— Geschäftsbericht . . . . 893
— Strömungslehre. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 836
— Regeln für Leistungs- und Abnahmeversuche. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 838
— Geschäftsbericht . . . . 894
— Dampfkesselwesen. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . . . 838
— Geschäftsbericht . . . . 893
— Drahtseilforschung. Geschäftsbericht . . . . . 894
— Textiltechnik. Geschäftsbericht 894
— Kostenwesen. Geschäftsbericht 895
— Vertriebstechnik. Geschäftsbericht . . . . . 895
— Hauswirtschaftliche Technik. Geschäftsbericht . . . . . 896
Fachsitzungen. 4. Farbentagung in München . . . . 656
— Fachtagung für Schweißtechnik in Danzig . . . . . *1164*
— Arbeiten im Ausschuß für Wärmeforschung . . . . . *1202*
— Wissenschaftliche Staubtechnik *1231*
— 2. Tagung des Fachausschusses für Textiltechnik . . . . *1369*
— Verkehrstagung . . . . . *1405*
— Fachsitzung Industrielles Rechnungswesen . . . . . *1443*
— Fachsitzung Vertriebstechnik *1444*
— Tagung des Schwingungsausschusses in Göttingen . . . *1487*
— Fachsitzung Landwirtschaftstechnik . . . . . *1548*
— Fachsitzung Betriebstechnik . *1585*
— Fachsitzung Holzprüfung . . *1608*
— Tagung des Ausschusses für Drahtseilforschung in Stuttgart *1623**
— Fachsitzung Ausbildungswesen *1634*
— Tagung über Verkehrswesen . *1859*
Ehrenmitglieder und Grashof-Denkmünze. Ernennung von Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h. G. Lippart zum Ehrenmitglied des Gesamtvereines. Beschluß der 68. Hauptversammlung . . . . . 944
— Verleihung der Grashof-Denkmünze an Prof. Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. Ludwig Prandtl. Beschluß der 68. Hauptversammlung . . . . . 944
Geschäftsbericht und Verwaltung. Das Geschäftsjahr zwischen den Hauptversammlungen 1928/29 Abdruck . . . . . 883, *1144*

Seite

**Verein deutscher Ingenieure.**
— Posteingänge der Geschäftstelle. Geschäftsbericht . . . 903
— Rechnung des Jahres 1928. Geschäftsbericht . . . . . 903
— Haushaltplan für das Jahr 1929/30. Beschluß des Vorstandsrates . . . . . 944
— Rechnung des Jahres 1928. Beschluß der 68. Hauptversammlung . . . . . 944
— Wahl zweier Rechnungsprüfer und ihrer Stellvertreter für die Rechnung des Jahres 1929. Beschluß der 68. Hauptversammlung . . . . . 944
Hilfskasse. Ingenieurhilfe. Geschäftsbericht . . . . . 903
— Beschluß des Vorstandsrates . . . . . 944
Mitglieder. Mitgliederbewegung. Geschäftsbericht . . . 902*
— Mitgliederaufnahme. Geschäftsbericht . . . . . 902
— Ehrenzeichen. Beschluß des Vorstandsrates . . . . . 944
— Beitrag für 1930 für die in Deutschland wohnenden Mitglieder. Beschluß des Vorstandsrates . . . . . 944
Vereinshaus. Bücherei und Lesesaal. Geschäftsbericht . . 900
Zeitschriften. Merkblatt für technisch-wissenschaftliche Veröffentlichungen. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . . 837
— VDI-Zeitschrift. Geschäftsbericht . . . . . 855*
— VDI-Nachrichten. Geschäftsbericht . . . . . 886*
— Technik und Wirtschaft. Geschäftsbericht . . . . . 886
— Maschinenbau. Geschäftsbericht 887*
— Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen. Geschäftsbericht . . . . . 887
— Zeitschrift für Metallkunde. Geschäftsbericht . . . . . 887
— Technik in der Landwirtschaft. Geschäftsbericht . . . . . 888
— Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik. Geschäftsbericht . . . . . 888
— Technische Zeitschriftenschau. Geschäftsbericht . . . . . 888
— Engineering Progress. Geschäftsbericht . . . . . 889*
— El Progreso de la Ingenieria. Geschäftsbericht . . . . . 889*
Sonstige literarische Unternehmungen. Technisch-geschichtliche Arbeiten. Geschäftsbericht . . . . . 889
— Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. Geschäftsbericht . . . . . 889
— Buchwerke des VDI-Verlages. Geschäftsbericht . . . . . 889
Verlag und Anzeigenwesen. VDI-Buchhandlung und Bücherstube. Geschäftsbericht . . . . . 901
— Literaturberatung. Geschäftsbericht . . . . . 901
— Anzeigenberatung. Geschäftsbericht . . . . . 901
— VDI-Verlag G. m. b. H. Geschäftsbericht . . . . . 903*
— Beuth-Verlag. Geschäftsbericht . . . . . 904
— Aus der Werkstelle der Zeitschriften des Vereines deutscher Ingenieure. Von *H. Fritz.* A. . . . . *1165**

Seite

**Verein deutscher Ingenieure.**
Technisch-wissenschaftliche Versuche. Stand der Forschungsarbeiten, die mit Unterstützung des Vereines deutscher Ingenieure im Jahre 1928 durchgeführt wurden. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . . 838
Schulwesen. Ausbildungswesen. Geschäftsbericht . . 898
Rechtskunde. Technik und Recht. Geschäftsbericht . . 896
— Eingaben des V. d. I. . . . 903
Patentwesen. Patentwesen. Geschäftsbericht . . . . . 899
— Mitglieder des Patentausschusses. Beschluß des Vorstandsrates . . . . . 943
— Eingaben des V. d. I. . . . 903
Sonstige Arbeiten des Vereines. Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure. Geschäftsbericht . . 896
— Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft. Geschäftsbericht . . . . . 897
Andere Vereine. Deutscher Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine. Geschäftsbericht . . . . . 904
— Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik. Geschäftsbericht . . . 906
— Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen. Geschäftsbericht . . . . . 906
— Deutsche Gesellschaft für Metallkunde. Geschäftsbericht . 906
— Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen. Geschäftsbericht . . . . . 907
— Deutscher Normenausschuß. Geschäftsbericht . . . . . 908*
— Reichsausschuß für Arbeitszeitermittlung. Geschäftsbericht . . . . . 908
Verschiedenes. Abrechnung über die Klingenberg-Stiftung und die Bach-Stiftung. Verhandlungen des Wissenschaftlichen Beirates . 840
— Geschäftsbericht . . . . 903
— Vortragswesen. Geschäftsbericht . . . . . 899
— Berufsfragen. Geschäftsbericht . . . . . 899
— Mitglieder des Ausschusses für Berufsfragen. Beschluß des Vorstandsrates . . . . . 943
— Filmnachweis. Geschäftsbericht 900
— Auskunftstelle. Geschäftsbericht . . . . . 900
— Pressestelle. Geschäftsbericht 900
— Auslandstelle. Geschäftsbericht 900
— Ehrensold. Geschäftsbericht . 903
— Luftverkehrsgesetz. Eingaben des V. d. I. . . . . 903
— Verwaltungsingenieure. Eingaben des V. d. I. . . . . 903
— Die Lehrschau „Holz" in Königsberg . . . . . *1085**
Bezirksvereine. Bezirksvereine und Ortsgruppen. Geschäftsbericht . . . . . 909

**Verkehr** s. a. Brücke, Eisenbahn, elektrische Bahn, elektrisches Nachrichtenwesen, Gründung, Hafen, Kraftwagen, Luftfahrt, Post, Psychotechnik, Signal, Straßenbahn, Straßenbau, Tunnel.
— Über Verkehrsregelung und Bekämpfung ihrer Übertreibung, namentlich in Klein- und Mittelstädten. Von *Campe* und *Eberlein* . . . . . 29

Seite

**Verkehr.**
— Das Ziel der Verkehrspolitik und die Stellung der Allgemeinheit zum Verkehr. Von *Blum* . . . . . 219
— Verkehrsprobleme der Gegenwart. Von *L. Rothhaas* . . . *1405**
— Verkehrsprobleme der Gegenwart. Von *Pirath* . . . . *1405*
Verkoken s. Gas.
Verpacken s. Packen.
**Versatz.** Bergeversatzwirtschaft des Ruhrkohlenbergbaues. Von *Fritzsche* . . . . . 443
— Abbau mit Selbstversatz. Von *A. Gaertner* . . . . . *992*
Verschieben s. Lokomotive.
Verschwelen s. Gas.
**Versuchsanstalt** s. a. Landmaschine.
— Unterirdische Versuchsanlage für Flugzeugmotoren . . . 34
— Steinkohlen-Versuchsgrube zur Bekämpfung der Unfallgefahren . . . . . 142
— Das Experiment, sein Wesen und seine Geschichte. Von *H. Dingler*. B. . . . . 207
— Versuchsanlagen für Maschinen und Maschinenteile. Von *Herttrich* . . . . . 361
— Die deutschen Forschungsstätten. Von *L. Lehmann*. B. . 383
— Laboratorium des Instituts für Landmaschinen in München . 451*
— Die neuen elektrotechnischen Institute der Technischen Hochschule Braunschweig. Von *F. Unger*. A. . . . . 605*
— Das Röntgenlaboratorium an der Technischen Hochschule Stuttgart. Von *Glocker*. A. . 637*
— Deutsche Forschung. B. . . 833
— Physikalisch-technische Forschung. Von *W. Schmidt* (Chronik) . . . . . 880
— Das Höchstspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin. Von *C. Stoerk* . *969**
— Förderung stoffkundlicher Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika. Von *Deutsch* . . . . . *1205**
— Hochleistungs-Prüffelder im In- und Ausland . . . . . *1210*
— Das Institut für Strömungsmaschinen an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Von *W. Spannhake*. A. . . . . *1280**
— Hydraulic laboratory practice. Von *J. R. Freeman*. B. . *1371*
— Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Von *M. Jakob* . . . . . *1570*
— Von der Tätigkeit des National Physical Laboratory im Jahre 1928. Von *Erk* . . . *1796*
— Die Versuchsgrube Hibernia . *1822*
— Arbeiten der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. im Jahre 1928/29. Von *H. Faßbender* . . . . . *1823*
**Vertrieb.** Aus einer Marktuntersuchung für Sägewerkmaschinen . . . . . 69
— Financial and business forecasting. Von *W. F. Hickernell*. B. . . . . 71
— Leistung und Sparsamkeit. Von *Schlesinger* . . . . . 116
— Die Analyse der Vertriebskosten. Von *Schnutenhaus* . *1443**
— Saisonschwankungen und Vertriebsplanung. Von *Reithinger* *1444*
**Volkswirtschaft** s. a. Industrie, Statistik.
— Allgemeine Volkswirtschaftslehre. Von *A. Weber*. B. . . 36

Seite

**Vorwärmer.** Speisewasser-Rauchgasvorwärmer auf Seeschiffen 363
— Coffin-Vorwärmer für Lokomotiven . . . . . *1161**
— Speisewasservorwärmer für Lokomotiven . . . . . *1657*

**Waage** s. a. Glas.
— Neigungswaage einer Mischmaschine für Straßenbau . . 464*
**Wärme** s. a. Dampf, Feuerung, Kalorimeter, Lebensbeschreibung, Ofen, Verbrennungsmaschine, Wärmeschutz, Zellstoff.
— Thermische Eigenschaften und thermodynamische Vorgänge. Von *M. Jakob*. A. . . . . 82*
— desgl. Z. . . . . 161
— Wärmeleitung pulverförmiger Körper. Von *W. Nußelt* . . 82*
— Wärmestrombild eines Lurgi-Ofens . . . . . 232*
— Wärmeflußbild der 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim . . . . . 916*
— Arbeiten im Ausschuß für Wärmeforschung. Von *M. Jakob* . . . . . *1202*
— Thermischer und thermodynamischer Wirkungsgrad von Dampfkraftmaschinen. Von *G. Zerkowitz*. A. . . . . *1429**
— Die Wärmeabgabe eines waagerecht liegenden Drahtes oder Rohres in Flüssigkeiten und Gasen. Von *W. Nußelt*. A. . *1475**
— Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche. Von *W. Lohrisch*. B. . . . . *1722*
— Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche. Von *W. Lohrisch* . . . . . *1780**
— Energie- und Wärmeinhalt. Von *A. Eucken*. B. . . . . *1867*
**Wärmeschutz** s. a. Normen.
— Der Wärme- und Kälteschutz in der Industrie. Von *J. S. Cammerer*. B. . . . . 627
Wärmeübergang s. Dampf, Wärme.
Wahrscheinlichkeit s. Mathematik.
**Walzen** s. a. Elektromotor, Messen, Lager- und Ladevorrichtung, Ofen, Schere.
— Selbsttätiges Walzwerk für nahtlos gezogene Rohre . . 141*
— Walzen von Stabeisen aus gebrauchten Schienen . . . . 206
— Zunahme des elektrischen Antriebes in den amerikanischen Walzwerken . . . . . 478
— Das neue Kupferwalzwerk im Kabelwerk Oberspree . . . 938*
— Der Betrieb von Walzwerköfen mit besonderer Berücksichtigung des Walzgutes. Von *Fr. Wesemann*. . . . . *1099*
— Entwicklungslinien der Walzenstraßen. Von *J. Puppe* . . *1100*
— Ein neues Trio-Block- und Brammenwalzwerk. Von *E. Immerschitt* . . . . . *1243**
— Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen. Von *Siebel* . . . . . *1244**
— Halbkontinuierliches Walzwerk für Bandeisen. Von *E. Immerschitt*. A. . . . . *1333**
— Ausstoßvorrichtung, Rutsche hinter der Vorstraße und Warmbett, Haspel zum Wickeln von Bandeisen bis 400 mm Breite . . . . . *1334**
— Brammenwalzwerk mit gesondertem Antrieb für Ober- und Unterwalze . . . . . *1691**

Seite

**Warenhaus** s. a. Beleuchtung, Elektrizitätswerk, Kältetechnik.
— Technik im Warenhaus. Der neue Karstadtbau in Berlin-Neukölln. Von *E. Neuberg*. A. *1693**
Waschen s. Kellereimaschine, Lokomotive.
**Wasserbau** s. a. Bewässern, Hafen, Schleuse, Talsperre, Versuchsanstalt, Wehr.
— Der Eisenwasserbau. 1. Bd.: Theorie und Konstruktion der beweglichen Wehre. Von *H. Kulka*. B. . . . . 415
— Erd- und Wasserbau. Von *E. Mattern* (Chronik) . . . . 871*
— Der Abschlußdamm der Zuidersee. Von *V. J. P. de Blocq van Kuffeler*. A. . . . . *1041**
— desgl. Z. . . . . *1180*
— Speicherbecken und Seenregelung. Von *R. Haas*. A. . . *1203*
— Der Wasserbau. Von *J. Hentze*. B. . . . . *1492*
**Wasserhaltung**. Die Praxis der planmäßigen Entwässerung im Braunkohlenbergbau. Von *J. Nahnsen*. B. . . . . 659
**Wasserkraft** s. a. Brennstoff, Elektrizitätswerk, Wasserleitung.
— Speicherkraftwerk Niederwartha a. d. Elbe, waagerechte Verbundanordnung, Speicherkraftwerk Hemfurth a. d. Edertalsperre, senkrechte Verbundanordnung . . . . . 179*
— Ausnutzung der Wasserkraft in den Vereinigten Staaten . 595
— Arbeiten am Kraftwerk Niederwartha. Von *Beyer* . . . 735
— Selbsttätiges Wasserkraftwerk 737
— Die Hochdruck-Wasserkraftanlage Vermunt. Von *Luchsinger* . . . . . 827*
— Wasserkraftmaschinen und -anlagen. Von *Oesterlen* (Chronik) . . . . . 855*
**Wasserleitung** s. a. Schieber, Unfall.
— Druckschwankungen in Druckrohrleitungen. Von *R. Löwy*. B. . . . . 382
— Auftauen von Wasserleitungen mit elektrischem Strom. Von *Frisch* und *Seldmair* . . . . *1062*
— Großer Druckstollen für eine Wasserkraftanlage . . . . *1105*
— Die Entlüftung von Wasserleitungen. Von *A. Vogt* . . *1408**
— Rohrleitungen für ein Kraftwerk in Schottland . . . . *1450*
**Wassermessung**. Wassermessung mit scharfkantigen Überfallwehren. Von *Th. Rehbock*. A. 817*
**Wasserreinigung**. Wasserreinigung und Wasseraufbereitung. Von *E. Link*. A. . . . . 553
— Vom Wasser. B. . . . . *1179*
— Neuerungen auf dem Gebiete der chemischen Trinkwasserreinigung und über die jetzige Anwendung von aktiver Kohle und Erde. Von *König* . . . 1318
— Versuchsanlage des Städtischen Wasserwerkes Stuttgart zur Aufbereitung von huminhaltigem Oberflächenwasser. Von *Engler* . . . . . *1620*
Wasserstoff s. Dynamomaschine, Kühlen, Löten.
Wasserumlauf s. Dampfkessel.
**Wasserversorgung** s. a. Behälter, Brunnen, Pumpe, Talsperre, Wasserreinigung.
— Handbuch der Wasserversorgung. Von *E. Groß*. B. . . 239

Seite

**Wasserversorgung**.
— Wasserhebung und Wasserspeicherung. Von *S. Baer*. A. 539*
— Wasserwerk Berlin-Lichtenberg, Berliner Städtische Wasserwerke A.-G., Werk Müggelsee, Pumpwerk Westhofen der Dortmunder Wasserwerk G. m. b. H., Breslauer städtisches Wasserwerk Parscham, Pumpwerk Hengsen der Dortmunder Wasserwerk G. m. b. H., Gruppenwerk Lutzerat (Kr. Cochem, Mosel), erbaut 1926/27 . . . . 541*
— desgl. Z. . . . . 740
— Wasserbedarf und Wasserbeschaffung. Von *O. Koenig*. A. 548
— Einzelbetrieb von Wasserwerkbrunnen. Von *Baer* . . . . 563
— desgl. Z. . . . . 740
— Neues Wasserwerk mit großen Pumpen . . . . . 974
— Wasserverbrauch und Wasserbeschaffung in Großstädten. Von *Baer* . . . . . *1288*
— Talsperren-Wasserversorgung von Mittelsachsen. Von *Vollmer* . . . . . *1318*
— Das Gruppenwasserwerk der Bürgermeisterei Lutzerath, Kreis Cochem an der Mosel. Von *O. Momm*. B. . . . . *1595*
— Aufgaben der deutschen Wasserversorgung. Von *E. Link* *1671**
Weben s. Faserstoff.
**Wehr** s. a. Wassermessung.
— Die Wasserbewegung im Dammkörper. Von *J. Schmied*. B. . . . . 108
— Staudamm in Nord-Carolina . 941
— Querschnitt des Abschlußdammes der Zuidersee . . . . *1045**
— Stählerne Stauklappen . . . *1250*
— Großer Erddamm in Amerika . *1834*
Welle s. Elastizität, Härten.
**Weltkraftkonferenz** s. a. Aufbereitung, Brennstoff, Energie, Feuerung, Kongreß, Torf, Verbrennungsmaschine
— Die Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz London, 22. September bis 6. Oktober 1928. Von *P. Rosin*. A. . . 9
— The Transactions of the Fuel Conference. B. . . . . *1836*
**Werkstatt** s. a. Konstrukteur.
— Große Kraftwagen-Ausbesserwerkstätte . . . . . 142
— Die neuzeitliche Reparaturwerkstatt für Automobile. B. 228
— Der Praktiker in der Werkstatt. Von *V. Retterath*. B. . 384
— Eine neue Zentralwerkstatt der Rheinischen Stahlwerke. Von *Bruns* . . . . . *969**
**Werkstoff** s. a. Aluminium, Beryllium, Beton, Blech, Brücke, Dampfkessel, Draht, Elastizität, Faserstoff, Feder, Flasche, Gießen, Glas, Härte, Harz, Holz, Hüttenwesen, Kraftwagen, Kupfer, Legierung, Luftfahrt, Magnesium, Magnet, Messing, Porzellan, Riemen, Schiff, Schleifen, Schraube, Schwinden, Seil, Ventil.
— Anwendungen des Spektrographen in der Metallindustrie. Von *F. Twyman, E. Honegger* und *D. M. Smith*. A. . . . . 196*
— desgl. Z. . . . . 237
— Beurteilung von Werkstoffen nach Kerbversuchen. Von *W. Schwinning*. A. . . . . 321*

Seite

**Werkstoff**.
— Über die Struktur des Systems Eisen-Chrom-Kohlenstoff. Von *A. Schulze* . . . 477
— Impurities in metals. Von *C. J. Smithells*. B. . . . . 511
— Über die Anfressung und das Rosten von unlegiertem und legiertem Gußeisen . . . . 583
— Die elektrische Leitfähigkeit von Kupfer, Aluminium und Eisen . . . . . 619
— Über die Systeme Wolfram-Kohlenstoff, Wolfram-Eisen und Molybdän-Eisen . . . . 810
— Röntgenverfahren zur räumlichen Ausmessung von Fehlstellen in Werkstoffen. Von *C. Kantner* und *A. Herr*. A. . 811
— Stoffkunde. Von *Deutsch* (Chronik) . . . . . 864
— Art de l'ingénieure et métallurgie. Von *L. Descroix*. B. . *975*
— Der augenblickliche Stand der Drehschwingungsmaschinen in Deutschland. Von *O. Föppl* . *1004*
— Ursachen von Oberflächenrissen an Blechen und deren Vermeidung. Von *E. A. Matejka* . . . . . *1100*
— Abnahme und Wahrscheinlichkeitsrechnung. Von *K. Daeves* *1100*
— Die Naturgeschichte der Eisenfamilie. Von *V. M. Goldschmidt* . . . . . *1101*
— Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung. Von *Fr. Körber*. B. *1106*
— Gußtexturen von Metallen und Legierungen. Von *E. Schmid* . *1176*
— Einiges über die Schwindung der Metalle. Von *F. Sauerwald* . . . . . *1176*
— Die künstlichen Harze. Von *J. Scheiber* und *K. Sändig*. B. *1179*
— A. S. S. T. Handbook 1929. B. *1332*
— Eine neue Dauerbiege-Prüfmaschine für Flachfedern und Bleche. Von *H. Wiesenäcker* . *1367**
— Über das System Eisen-Molybdän . . . . . *1420*
— Über die Dichte geschmolzener Metalle und Legierungen . . *1442*
— Neuere Anschauungen über die technischen Eigenschaften des Gußeisens. Von *Thum* . . *1516*
— Bearbeitbarkeit. Von *A. Wallichs* und *K. Krekeler* . . . *1527**
— Festigkeiten von Gußteilen . *1556*
— Physik der Stoffe. Von *G. Gehlhoff*. B. . . . . *1595*
— Untersuchungen an Einzelkristallen aus Kupfer und Messing. Von *J. Weerts* . . . . *1644**
— Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung zu Berlin-Dahlem. Sonderheft 5 der Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten. B. . . . . *1658*
— Lehrbuch der Metallkunde. Von *F. Sauerwald*. B. . . . . *1659*
— Röntgenprüfung, Dauerprüfung, Mikrochemie . . . . . *1705*
— Übere die Zweistoffsysteme Eisen-Bor, Eisen-Beryllium und Eisen-Aluminium. Von *F. Wever* . . . . . *1719**
— Edelguß. Von *G Meyersberg*. B. . . . . *1722*
— Metalle und Legierungskunde. Von *M. v. Schwarz*. B. . . . *1722*
**Werkzeug** s. a. Gesenk, Kühlen, Säge, Stahl.
— Versuche mit Spiralbohrern . 445*
— Organisation und Werkzeugmaschinen. Von *Behrens* (Chronik) . . . . . 866

Seite

**Werkzeug.**
— Prüfung von Schlichtstählen . *1330*
— Messerwellen für Holzhobelmaschinen . . . . . *1651**
— Elektrowerkzeuge. Entwicklung und Aufbau. Von *H. Schönherr*. A. . . . . *1681**
— Untersuchungen von Räumnadeln mit verschiedenen Schnittwinkeln und Fahnenbreiten. Von *A. Mann*. B. . *1867*

**Werkzeugmaschine** s. a. Biegen, Bremse, Eisenbau, Fabrik, Holz, Kühlen, Lager. Messen, Nieten, Säge, Schleifen, Schrauben, Vertrieb, Unfallverhütung, Werkstoff.
— Die Stahlbauweise im Maschinenbau. Von *C. Krug*. A. . . 14*
— Sonderfräswerk für Rippenplatten. Von *S. Weil* . . . 201*
— Fräsen von zylindrischen Öffnungen . . . . . 270
— Schwere Flächenschleifmaschine. Von *C. Krug* . . . 346*
— Drehen von Nockenwellen . . 350
— Geschweißte Stahlkonstruktionen im Werkzeugmaschinenbau . . . . . 414*
— Achsschenkel-Drehbank. Von *Weil* . . . . . 477*
— Fräsmaschine mit veränderlichem hydraulischen Vorschub 595*
— Vierspindelautomat . . . . 626
— Doppeltwirkende Hobelmaschine . . . . . 802
— Organisation und Werkzeugmaschinen. Von *Behrens* (Chronik) . . . . . 866*
— Schlitzmaschine für Kronenmuttern . . . . . *975*
— Reibkegelbremse einer amerikanischen Drehbank . . . . *1058**
— Vielspindel-Bohrmaschine mit hydraulischem Vorschub . . . *1142*
— Fräsmaschine mit selbsttätigen hydraulischem Vorschub . . *1177*
— Das mechanische Schaben. Von *O. Lich* . . . . . *1207**
— Reibschleifen . . . . . *1207**
— ADB-Werkzeugmaschinen-Blätter B. . . . . *1251*
— Sonderheft Dieselmaschinen IV. B. . . . . *1252*
— Elektrischer Antrieb von Karusselldrehbänken. Von *O. Pollok* . . . . . *1324**
— Plan- und Oberflächenschleifmaschine. Von *Weil* . . . . *1408**
— Fräsmaschine für Zylinderblöcke. Von *M. Coenen* . . . *1446**
— desgl. Z. . . . . *1596*
— Ununterbrochen arbeitende Gewindeschneidmaschine . . *1450**

Seite

**Werkzeugmaschine.**
— Selbsttätiges Einstellen der Schnittgeschwindigkeit . . . *1531*
— Die Kräfte in der Werkzeugmaschine. Von *G. Schlesinger*. A. . . . . *1565**
— Riesen-Karusseldrehbank . . *1593**
— Untersuchungen an Holzhobelmaschinen. Von *C. Bobbe* . . *1651**
— desgl. B. . . . . *1722*
— Selbsttätige hydraulisch gesteuerte Kegelräder-Verzahnmaschine . . . . . *1657*
— Gerät zum Messen des Bohrwiderstandes. Von *O. Schwenninger* . . . . . *1826**
— — Versuchsbohrtisch ohne Anzeigerät . . . . . *1826**
— Leistungsversuche an einer Bügelsäge. Von *W. Hellich*. B. . . . . *1867*
Winde s. Hebezeug.
Winderhitzer s. Hochofen, Ofen.
Wirken s. Faserstoff.
**Wörterbuch.** Chemisches Fachwörterbuch. Von *A. W. Mayer*. B. . . . . 803
— Auto-Diktionär. Von *B. R. Dierfeld*. B. . . . . 803
— Der große Duden. Von *Th. Matthias*. B. . . . . *1143*
Wolfram s. Ofen.

**Z**ähler s. Messen.
**Zahnrad** s. a. Elastizität.
— Getriebekasten eines Differential-Greiferwindwerkes . . . 235*
— Untersuchungen an Schraubengetrieben. Von *Altmann* . 359*
— Einfluß der Ausführungsfehler und Abnutzung auf die Festigkeitsbeanspruchung der Zähne an Zahnrädern. Von *Schiebel* . . . . . 362
— Sternradgetriebe. Von *A. Bock*. A. . . . . 397*
— Getriebe mit Kegel- und Zahnradstufe . . . . . 622*
— Ritzel mit Federung und Lamellendämpfung der BBC-A. Wichert und der Pöge-Elektrizitäts-A.-G. . . . . 688
— Wechselgetriebe . . . . . *1105**
— Ermittlung der Gegenflanke bei gegebenem Zahnprofil. Von *F. Rötscher*. A. . . . . *1469**
— Wechselgetriebe französischer Kraftwagen. Von *A. Heller*. A. *1586**
— — VierstufigesWechselgetriebe mit geräuschlosem dritten Gang von Panhard & Levassor, vierstufiges Wechselgetriebe mit Innenverzahnungen der Société Mathis, Vorgelege von Voisin und von Berliet . . . . *1586**

Seite

Zeichnen s. Lichtpausen.
**Zeitschrift.** Gesamtinhaltsverzeichnis der elektrotechnischen Zeitschrift. Von *J. Hanauer*. B. *1180*
**Zeitstudie.** Schlosserei und Montage-Arbeitszeitermittlung.Von *K. Gottwein*. B. . . . . 35
Zellpech s. Zellstoff.
**Zellstoff** s. a. Feuerung, Holz, Verein.
— Prüftechnik und Betriebskontrolle in der Zellstofferzeugung. Von *J. Hausen* . . . . *1035*
— Die Verwertung von Zellpech in Staubfeuerungen. Von *P. Krebs*. A. . . . . *1115**
— — Anlage zur Herstellung, Förderung und Verbrennung von Zellpechpulver *1115**
— desgl. Z. . . . . *1474*
— Struktur der Zellulose und ihre technische Auswirkung. Von *H. Mark* . . . . . *1369*
— Wärmewirtschaft in der Zellstoffindustrie. Von *v. Laßberg*. A. . . . . *1380**
**Zement.** Drehrohrofen mit neuartiger Klinkerkühlung . . 942*
— Der Hochofenzement und seine Verwendung. Von *R. Grün*. B. *1596*
— Vorbrech- und Verladeanlage für Zementrohstoffe . . . . *1781**
**Ziegelei** s. a. Keramik.
— Feuerfeste Baustoffe in Siemens-Martin-Öfen. Von *B. M. Larsen, F. W. Schroeder, E. N. Bauer* und *J. W. Campbell*. B. . . . . *1800*
Zentrifuge s. Faserstoff.
Ziehen s. Draht.
Zink s. Legierung.
Zinn s. Legierung.
Zucker s. Landmaschine.
**Zündung.** Zündzeitpunkt-Verstellerfür Magnetzünder . . . 379*
— Die elektrische Ausrüstung des Kraftfahrzeuges. 1. T.: Zündung. Von *E. Klaiber* und *W. Lippart*. B. . . . . 415
Zündverzug s .Brennstoff.
Zuganker s. Elastizität.
**Zylinder** s. a. Schraube, Steuerung, Werkzeugmaschine.
— Vorspannungen an Zylinderdeckeln. Von *Schenck* . . . 362*
— Vorspannungen in Zylinderdeckeln. Von *N. Baashuus* . . *1101**
— desgl. Z. . . . . *1843**
— Zylinder eines zweistufigen Kompressors für Koksofengas, Leistungsventil auf Hubmitte des Kompressorzylinders . . *1534**
— Gelöteter Zylinderdeckel aus Stahl mit Ventilen für Dieselmotoren . . . . . *1813**

# Tafelverzeichnis

Seite

Tafel 1 und 2. *Tetzlaff* und *Schlemmer,* Neuere elektrische Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn . . . . . 667

# Bildblattverzeichnis

Seite

Bildblatt 1. *Mauz,* Neuere Webverfahren . . . . . 285
Bildblatt 2. *Anke,* Ausrüstungsmaschinen für Kunstseide . . . . . 290
Bildblatt 3 und 4. *Naderer,* Fahrleitungen für Vollbahnen . . . . . 697
Bildblatt 5 bis 8. Jahresschau der Technik . . . . . 853
Bildblatt 9 und 10. *Cords,* Die Motorjacht „Cyprus“ . . . . . *1661*
Bildblatt 11. *Füchsel,* Ziele und Grenzen der Schweißtechnik . . . . . *1725*

# Fachhefte

Seite

Nr. 9 Textiltechnik . . . . . 273/320
Nr. 16 Gas und Wasser . . . . . 513/564
Nr. 20 Elektrische Bahnen . . . . . 661/708
Nr. 25 Hauptversammlung Königsberg, 1929 . . . . . 841/912
Nr. 49 Schweißtechnik . . . . . *1725/1768*

## Inhalt der im Jahre 1929 herausgegebenen

# Mitteilungen über Forschungsarbeiten

## auf dem Gebiete des Ingenieurwesens

**Heft 289:** *Nikuradse:* Untersuchungen über die Strömungen des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen.

Einleitung. Versuche: Versuchseinrichtung; Versuchsdurchführung; Statische und dynamische Druckmessungen. Auswertung der Versuche: Geschwindigkeitsverteilung; $^1/_7$ Potenzgesetz; Druckgefälle $\frac{\mathrm{d}\,p}{\mathrm{d}\,x}$; kinematische Schubspannung $\frac{\tau}{\varrho}$; Impulsaustauschgröße $\varepsilon$; Mischungsweg $l$; dimensionslose Größen $T_1$ und $\Gamma_1$; Vergleich der Geschwindigkeitsverteilungen von Dönch mit den vorliegenden. Zusammenfassung.

**Heft 310:** *Jakob* und *Erk:* Der Wärmeübergang beim Kondensieren von Heiß- und Sattdampf.

Anlaß und Ziel der Untersuchung. Vorversuche. Endgültiges Meßverfahren. Versuchsanordnung (allgemeine Beschreibung, Überhitzer, Kühleinrichtung, Versuchsrohr). Durchführung der Versuche. Versuchsergebnisse (Einfluß der Temperatur und Geschwindigkeit des Dampfes und der Wandtemperatur, Gütegrad des Wärmeüberganges). Zusammenfassung.

*Jakob:* Die Verdampfungswärme des Wassers und das spezifische Volumen von Sattdampf für Temperaturen bis 210° C.

Einleitung. Versuchsverfahren. Versuchsanordnung (allgemeine Beschreibung, Siedegefäß, Wasserheizkörper, Dampfentnahme, Wärmeschutzmantel, Kondensgefäße und Druckluftgefäße, Manometer und Verbindungsrohre, Ventile, elektrische Betriebs- und Meßeinrichtungen). Die Versuche (eine Versuchsreihe als Beispiel, Zusammenstellung der wichtigsten gemessenen Werte aller Versuchsreihen). Versuchsergebnisse. Ausgleich der Werte der Verdampfungswärme im Bereich von 30 bis 210° C. Berechnung des spezifischen Volumens des Sattdampfes für 30 bis 210° C. Zusammenfassung.

**Heft 311:** *Jakob* und *Kretzschmer:* Die Durchflußzahlen von Normaldüsen und Normalstaurändern für Rohrdurchmesser von 100 bis 1000 mm.

Einleitung: Anlaß der Untersuchung, Ziel und Weg der Untersuchung. Gemeinsames über die Vergleichsmessungen an Düsen und Staurändern: Versuchsanordnung (allgemeine Beschreibung, Rohrleitungen, Normaldüsen, Normalstauränder, Manometer und Thermometer); Ausführung der Versuche; Auswertung der Versuche. Bestimmung der Durchflußzahlen von Normaldüsen: Vergleichsmessungen an der Hauptnormaldüse ($D_6$) und zwei von *Jakob* und *Erk* untersuchten Normaldüsen ($D_5$ und $D_8$); Bestimmung der Durchflußzahl einer Normaldüse ($D_8$) durch Staurohrmessungen; Abhängigkeit der Durchflußzahl der Hauptnormaldüse ($D_6$) von der Reynoldsschen Zahl; Bestimmung der Durchflußzahlen von weiteren 7 Normaldüsen; Gesamtergebnis der Messungen an Normaldüsen. Bestimmung der Durchflußzahlen von Normalstaurändern: Vergleichsmessungen an 35 Normalstaurändern; Einfluß der Rohrweite auf die Durchflußzahl der Normalstauränder (Einfluß der relativen Rauhigkeit der Rohrwand auf die Durchflußzahl, von der Rauhigkeit unabhängiger Einfluß der Rohrweite auf die Durchflußzahl); Gesamtergebnis der Messungen an Normalstaurändern. Versuche über den Druckrückgewinn hinter Staurändern: Zweck, Anordnung und Ausführung der Versuche; Zusammenstellung der Versuchsergebnisse; der Druckverlauf hinter dem Staurand; Berechnung des Druckrückgewinnes und Vergleich mit den Meßergebnissen. Zusammenfassung. Verzeichnis der benutzten Literatur.

**Heft 313:** *Schwarz:* Zugfestigkeit und Härte bei Metallen.

Einleitung. Zusammenhänge: Die Kugeldruckhärte; Härtelinie und Druck-Dehnungslinie; Härtelinie und Zug-Dehnungslinie; Härtezahl und Zugfestigkeit. Versuche: Versuchsstoffe und Versuchsplan; Versuchsausführung; Genauigkeit der Versuche; der Einfluß des kristallinen Aufbaues und der Walzrichtung auf Härte und Zugfestigkeit; Versuchsergebnisse (Kupfer, Reinnickel, Kupferzinklegierungen — Tombak Ms 90, Tombak Ms 85, Messing Ms 62, Messing Ms 60 —, Aluminium und seine Legierungen — Aluminium, Duralumin, Skleron, Silumin —). Praktische Auswertung der Versuche: Verfahren zur Ermittlung der Zugfestigkeit; Zugfestigkeit und Schlaghärte; Verhältnis von Zugfestigkeit zu Härte in höherer Temperatur (Kupfer, Stahl); Zugfestigkeit und Härte bei Stahl; Zugfestigkeit und Härte bei gegossenen Metallen (Stahlguß, Gußeisen, gegossene Metalle). Zusammenfassung.

**Heft 314:** *Schmidt:* Der indizierte Wirkungsgrad der kompressorlosen Dieselmaschine.

Einleitung: Bestimmung des indizierten Wirkungsgrades von Dieselmotoren; Diskussion der Wirkungsgradformel von *Seiliger*; Die Methode von *Neumann*. Theoretische Grundlagen: Grundlegende Annahmen für den Arbeitsprozeß der vollkommenen Maschine; die daraus abgeleitete Wirkungsgradformel; die Berechnung der Verbrennungstemperaturen unter verschiedenen Annahmen mit Hilfe der chemischen Energie; allgemeine Adiabaten-Gleichung für veränderliche spezifische Wärme nach *Nußelt*. Zahlenmäßige Berechnung des thermischen Wirkungsgrades der verlustlosen Maschine: Entwicklung des Berechnungsganges zur Bestimmung des Wirkungsgrades des Ideal-Prozesses an Hand eines Beispieles mit Annahmen, die Vollast einer gebräuchlichen Motorenausführung entsprechen; Berechnung desselben Beispieles mit der Formel von *Seiliger*; Angaben und Tabellen über 56 weitere berechnete Prozesse; Ermittlung der durch den Höchstdruck bedingten Grenzfälle der Ideal-Prozesse; Berechnung von Gleichraum-Prozessen und Bestimmung des kleinsten möglichen Kompressionsgrades; Diskussion der Gesetzmäßigkeiten bei Änderung des Kompressionsgrades, des Luftüberschusses und Höchstdruckes. Die erforderlichen Korrekturen an den berechneten Wirkungsgraden bei Abweichung von den obengenannten Annahmen: Einfluß der Änderungen des Heizwertes und der Brennstoffzusammensetzung auf den Wirkungsgrad des Ideal-Prozesses; Einfluß der Restgase, der Anfangstemperatur und des Anfangsdruckes. Bestimmung des indizierten Wirkungsgrades $\eta_i$ aus Versuchsergebnissen: Beispiel für die Anwendung der Tabellen und Diagramme zur Ermittlung von $\eta_i$; Bestimmung von $\eta_i$, für verschiedene Belastungen aus mehreren Versuchen an ausgeführten Maschinen verschiedener Bauart. Zusammenfassung der Ergebnisse. Literaturverzeichnis.

**Heft 315:** *Christian:* Begrenzung der Leistungssteigerung der schnellaufenden Verbrennungsmaschine durch den Steuervorgang.

Bestimmung der Ventilquerschnitte für Zylinderköpfe von 45 bis 80 mm Dmr.; Beziehungen zwischen Hubraum, Zylinderdurchmesser, Drehzahlgrenze und geometrisch erreichbaren Verdichtungsverhältnissen; Vierventilige Zylinderköpfe; Geometrie der Nockenformen der Ventilsteuerung; Analytische Berechnungsmethoden der auftretenden Beschleunigungen; Zusammenstellung und Kritik einer Reihe von Nockenformen für Zylinder von 45 bis 80 mm Dmr.; Analyse der Kräfte an den Steuerungsorganen; Kritik der zwangläufigen Ventilsteuerungen; Bewegungs- und Querschnittsverhältnisse und Kräftespiel der Burt-Schiebersteuerung; Knight-Steuerung

**Heft 316:** *Schnell:* Der indizierte Wirkungsgrad der Gasmaschine.

Einleitung. Berechnung des theoretischen thermischen Wirkungsgrades: Berücksichtigung der Verschiedenheit der Exponenten $\varkappa$ vor und nach der Verbrennung; Entwicklung des Berechnungsganges zur Bestimmung des Wirkungsgrades unter Berücksichtigung der Änderung der spezifischen Wärmen mit der Temperatur und der Verschiedenheit der Gaszusammensetzung und Gaskonstanten vor und nach der Verbrennung; Berechnung des Wirkungsgrades für verschiedene Gaszusammensetzungen, Luftüberschußzahlen und Kompressionsverhältnisse; Einfluß der Restgase; Einfluß der Vorwärmung des angesaugten Frischgas-Luftgemisches. Bestimmung des indizierten Wirkungsgrades an Hand von experimentellen Versuchsergebnissen und Ermittlung des Einflusses der verschiedenen Regulierungsarten und der Änderung des Kompressionsverhältnisses: Einfluß der Drosselung (Drosselregulierung); Einfluß des Mischungsverhältnisses (Mischungsregulierung); Einfluß des Kompressionsverhältnisses. Zusammenfassung. Anhang. Literaturverzeichnis.

*Hecker:* Der Einfluß des Wärmeüberganges auf den indizierten Wirkungsgrad der Gasmaschine.

Einleitung: Definition des thermischen und indizierten Wirkungsgrades; allgemeiner Gang der Berechnung. Bestimmung des indizierten Wirkungsgrades: Aufstellung einer Differentialgleichung für die Abhängigkeit der Gastemperatur vom Hub; Annahme eines speziellen Falles (Ausrechnung der Konstanten für die Differentialgleichung, Wahl der mittleren Wandtemperatur, die spezifische Wärme $c_v$); Integration der aufgestellten Differentialgleichung (Beschreibung des Integrationsverfahrens, Berechnung der Kompressionslinie, Berechnung der Verbrennungsendtemperatur, Berechnung der Expansionslinie); Ermittlung des thermischen Wirkungsgrades; Berechnung des thermischen Wirkungsgrades für den Idealprozeß. Einfluß der Veränderung des Luftüberschusses auf den indizierten Wirkungsgrad. Einfluß der endlichen Verbrennungsdauer auf den indizierten Wirkungsgrad. Der indizierte Wirkungsgrad bei konstanter Leistung. Einfluß der Drehzahl auf den indizierten Wirkungsgrad. Einfluß der mittleren Wandtemperatur auf den indizierten Wirkungsgrad. Einfluß der Veränderung der ensauge-Endtemperatur auf den indizierten Wirkungsgrad. Abhängigkeit des indizierten Wirkungsgrades von der Maschinengröße. Vergleich des theoretisch errechneten indizierten Wirkungsgrades mit dem aus dem Versuch bestimmten. Zusammenfassung. Literaturverzeichnis.

Heft 317: *Rimarski, Kantner, Streb:* Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf die Wirtschaftlichkeit und Güte des Schnittes und der Schweißnaht.

Das Schneiden: Literatur. Einfluß der Sauerstoffreinheit auf die Schnittleistung; Einfluß der Vorwärmung des Sauerstoffs; Gefügeänderung des Werkstückes in der Nähe der Schnittflächen; Einfluß der Feuchtigkeit des Sauerstoffs. Das Schweißen: Literatur. Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und Azetylen auf die Flammenwirkung (Abschmelzverfahren); Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und Azetylen auf die Wirtschaftlichkeit und Güte der Schweißnaht (praktische Schweißversuche). Zusammenfassung: Zahlentafeln über: Schnittlinien-Krümmung bei verschiedener Dauer des Schnittes; Verbrauchswerte bei verschiedenem Druck des Schneidsauerstoffs; Versuche mit vorgewärmtem Schneidsauerstoff. Verbrauchswerte bei verschiedenem Druck des Schneidsauerstoffs; Abhängigkeit der Gefügeänderung von der Schneidezeit; Verbrauchswerte bei verschiedenem Druck des Schneidsauerstoffs und verstärkter Heizflamme; Feuchtigkeit im Sauerstoff; Abschmelzversuche mit Sauerstoff verschiedener Reinheit; Abschmelzversuche mit Sauerstoff verschiedener Reinheit und konstanten Azetylenmengen; Abschmelzversuche mit feuchtem Azetylen; Abschmelzversuche mit azetonhaltigem Azetylen; Schweißversuche mit 2 mm-Blechen; Schweißversuche mit 6 mm-Blechen; Schweißversuche mit 15 mm-Blechen; Schweißversuche mit 16 mm-Blechen.

Heft 318: *Müller:* Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben.

Zweck der Versuche. Die Verluste im unverzahnten Hülltrieb: Verluste in der Wellenleitung; Verluste in der Zugleitung; Verluste zwischen je zwei Leitungen. Die Bedeutung der Biegeverluste an Hülltrieben. Die Versuchsanlage. Die untersuchten Riemen. Die Bestimmung der Leerlaufverluste. Ergebnisse: Der Biegewiderstand in Abhängigkeit von der Scheibenkrümmung und der Riemenspannung; der Biegewiderstand in Abhängigkeit von der Einlaufzeit und Fettung des Riemens; Elastizität und Biegewiderstand; Riemenauflage, Fleischseite oder Haarseite; Abreißwiderstand imprägnierter Riemen; die Luftreibungswiderstände; Luftreibung am Riemen; Luftreibung der Riemenscheiben; die Verluste im leerlaufenden Riementrieb und ihre gegenseitigen Größenverhältnisse. Zusammenfassung.

Heft 319: *Graf:* Druck- und Biegeversuche mit gegliederten Stäben aus Holz.

Allgemeines. Druckversuche mit Vollstäben. Druckversuche mit den gegliederten Stäben 1 bis 6. Biegeversuche mit den gegliederten Stäben 1 und 2: Ermittlung des wirksamen Trägheitsmomentes. Druck- und Biegeversuch mit Stab R 9: Einfluß der Stärke der Beihölzer. Biegeversuch mit Stab A: Einfluß der Verleimung der Beihölzer sowie der Einfluß der Zahl der verleimten Beihölzer: Steifigkeit der Einzelstäbe und der lose aufeinandergelegten Stäbe; Einfluß der Art der Verbindung der Beihölzer und der Lamellen an den Stabenden; Einfluß der Zahl der Beihölzer. Biegeversuche mit Stab B: Einfluß der Stärke und der Zahl der Beihölzer; Veränderlichkeit der Formänderung der Lamellen mit der Zahl der Beihölzer und mit steigender Belastung des Stabes: Einfluß der Reibung auf $\frac{J}{a}$ bei Stäben ohne Beihölzer; Einfluß der Stärke der Beihölzer; Einfluß der Zahl der Beihölzer. Biegeversuche mit den Stäben C und D: Einfluß der Stärke der Lamellen. Druckversuche mit den geleimten Stäben E und F. Druckversuche mit den geleimten Stäben G bis K und mit Teilen dieser Stäbe: Zusammenfassung der Druckversuche mit den gegliederten Stäben.

Heft 320: *Nippert:* Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen.

Bezeichnungen und Begriffe. Ergebnisse der bisher bekannten Versuche und Arbeiten über die Bewegung und die Verlustbildung in Krümmern. Versuche des Verfassers: Ziel der Versuche. Beschreibung der Versuche: Versuchseinrichtung; Versuchskrümmer; Durchführung der Versuche; Messung der Ausflußzeiten und der Drücke vor dem Versuchskrümmer; Messung der Wandungsdrücke; Messung der Geschwindigkeitsverteilung im Austrittsquerschnitt; Formen des austretenden Strahles. Auswertung der Versuche. Rechnungsgang: Verlustziffern; Geschwindigkeitsverteilung im Austrittsquerschnitt. Versuchsergebnisse: Verlustziffern; Geschwindigkeits- und Energieverteilung im Austrittsquerschnitt; Einfluß der Versuchsanordnung auf die einwandfreie Ermittlung der Verlustziffern und die durch sie bedingten Korrekturen. Besondere Untersuchungen über die Verlustbildung. Einfluß des Krümmungsradius und der Querschnittsform: Der „Krümmer"-Verlust; der „Umlenkungs"-Verlust; Deutung des „Umlenkungs"-Verlustes als Ablösungsverlust; Zusammenhang zwischen „Umlenkungs"-Verlust und Druckverlauf im Krümmer (bei idealer und reibungsbehafteter Flüssigkeit). Einfluß der Querschnittsfolge. Einfluß der Durchflußgeschwindigkeit. Einfluß der dem Krümmer vorgeschalteten Kanalstrecke. Angenäherte Bestimmung der Krümmerformen geringster Verlustbildung und ihrer Verlustziffern. Zusammenfassung. Verschiedenes. Anhang 1: Lichtbildaufnahmen der Bewegung in Krümmern mit freier Oberfläche. Anhang 2: Experimentelle Bestimmung der zweidimensionalen Potentialströmung durch Ausmessung elektrischer Felder. Anhang 3: Ermittlung des Beiwertes k für die Oberflächenreibung. Schlußwort. Literaturzusammenstellung. Schaubilder. Lichtbilder.

Heft 321: *Siebrecht:* Beitrag zur Regelung der Kreiselpumpen und Untersuchungen über die theoretische und wirkliche Förderhöhe.

Einleitung. Bezeichnungen. Versuchseinrichtungen und Eichungen: Betriebsverhältnisse; Abmessungen der Pumpe und besondere Versuchseinrichtungen; Druckmessung; Messung der Wassermengen; Messung des Kraftbedarfes; Messung der Drehzahl; Vorgang bei den Versuchen. Vorbereitende Messungen und Rechnungen: Messung der Spaltwassermengen; Messung der Lager-, Stopfbüchsen- und Radseitenreibung; die Wassermengen für stoßfreien Eintritt. Die Regelung bei unveränderlicher Drehzahl: Regelung mittels drehbarer Leitschaufeln; Regelung mittels zylindrischer Spaltschieber; Vergleich der Regelungsarten für angenommene Betriebsverhältnisse; Anwendungsbereiche der verschiedenen Verfahren für die Regelung; Regelung durch Zuführung von geringen Luftmengen in die Saugleitung. Die spezifische Schaufelarbeit und die theoretische Förderhöhe. Die Förderhöhe und verschiedene Einflüsse auf Förderhöhe und Wirkungsgrad: Die Koeffiziente zur Berechnung der Drosselkurven und die Berechnung der spezifischen Schaufelarbeit; Wirkungsgrade des Leitapparates; Abstand der Leitschaufeln vom Laufrad und Zuschärfung der Leitschaufeln; die Fördermengen des günstigsten Gesamtwirkungsgrades. Zusammenstellung der Hauptfolgerungen.

Heft 322: *Cleve:* Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln.

Einleitung. Versuchsanlagen. Die große Modellanlage: Überblick; Meßeinrichtungen; photographische Aufnahmen. Die kleine Modellanlage: Heizrohr senkrecht; Wasserspiegelabstand normal; Heizrohr senkrecht; Wasserspiegelabstand vergrößert; Hubumlaufanordnung; Heizrohr geneigt. Der Wasserumlauf in Anhängigkeit von der Beheizung. Theoretisches: Grundlagen; Beziehungen zwischen Modell und praktischer Ausführung. Versuchsergebnisse: Anheizversuche; Versuche im Beharrungszustand; Heizrohr senkrecht; Heizrohr geneigt; Hubumlauf; Vergleich der Versuchsergebnisse mit der Theorie von *Münzinger*. Folgerungen aus den angestellten Untersuchungen. Einfluß des Wasserumlaufs auf Wandtemperatur und Wärmeübergang. Anheizversuche. Versuche im Beharrungszustand: Bei wechselnder Beheizung und gleichen Strömungswiderständen; bei gleichbleibender Beheizung und Drosselung des Umlaufs in der Fallrohrleitung. Strömungswiderstände in Wasserrohrkesseln. Druckänderungen beim Rohrein- und -austritt; Rohrreibung. Meßgeräte zur Messung des Wasserumlaufs. Untersuchte Meßgeräte; Verhalten der Meßgeräte: Eichformeln; Strömungswiderstände durch den Einbau Ergebnis der Untersuchung von Meßgeräten. Zusammenfassung. Literatur-Verzeichnis.

*Levy:* Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren.

Einleitung. Anlaß und Ziel der Untersuchung. Die Grundgedanken zur vorliegenden Untersuchung. Versuche an rotierenden zylindrischen Rohren. Die Versuchseinrichtung. Die Gesamtanlage. Die Versuchsanlage I. Die Gebläse: das Hauptgebläse; das Hilfsgebläse. Der Antrieb der Versuchsrohre. Die Versuchsstrecke: die rotierenden Rohre; die Ein- und Auslaufstrecke; die Lagerung des rotierenden Rohres. Die Verbindung der Versuchsstrecke mit dem Windkessel. Die Meßgeräte, ihr Einbau und ihre Eichung: die Temperaturmessung; die Feuchtigkeitsmessung; die Luftmengenmessung; die Messung der durch die Lager entweichenden Luftmenge; die Druckmessung; die Meßgeräte; die Anzeigegeräte. Die Messung der Drehzahl des rotierenden Rohres. Die Versuchsanlage II. Die Gebläse: das Hauptgebläse; das Hilfsgebläse. Der Antrieb des Versuchsrohres. Die Versuchsstrecke: das rotierende Rohr; die Ein- und Auslaufstrecke; die Lagerung des rotierenden Rohres. Die Meßgeräte, ihr Einbau und ihre Eichung: Die Luftmengenmessung; die Druckmessung. Die Versuche. Die Vorversuche: die Durchführung der Vorversuche; die Auswertung der Vorversuche. Die Hauptversuche: Die Durchführung der Hauptversuche; die Auswertung der Hauptversuche. Die Hauptergebnisse der Versuche. Versuche am rotierenden Diffusor. Die Versuchsanlage III. Der Antrieb des rotierenden Diffusors. Die Versuchsstrecke: der rotierende Diffusor; die Ein- und Auslaufstrecke. Die Meßgeräte, ihr Einbau und ihre Eichung. Die Versuche. Die Vorversuche; die Auswertung der Vorversuche; die Hauptversuche; die Auswertung der Hauptversuche; die Hauptergebnisse der Versuche. Anhang: Betrachtungen über den Strömungsvorgang. Die Gesetze für den Druckabfall und die Geschwindigkeitsverteilung bei turbulenter Strömung: Die Gleichung von *Blasius*; die Gleichung von *Jakob* und *Erk*; Aufstellung einer allgemeinen Gleichung für die Geschwindigkeitsverteilung; der Zusammenhang zwischen Geschwindigkeitsverteilung und Widerstandsbeiwert; Betrachtung der Geschwindigkeitsgleichung; die Größe $m$ und die kinetische Energie einer Strömung; der „reine Widerstandsbeiwert $\Lambda$". Die Gleichungen für den Druckabfall im Diffusor: Aufstellung einer Gleichung für den Reibungsverlust im Diffusor; Aufstellung einer Näherungsgleichung für den Reibungsverlust im Diffusor. Versuch einer Erklärung der Untersuchungsergebnisse: Die Strömungserscheinungen bei rotierenden Kreisrohren; die Strömungserscheinungen bei rotierenden Kreisrohren; die Strömungserscheinungen beim rotierenden Diffusor. Zusammenfassung. Schlußwort.

*Lohrisch:* Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche.

Einleitung. Die Diffusionsmethode von *H. Thoma*. Ähnlichkeitsbetrachtungen. Versuche im kleinen Apparat. Die Versuchsanlage der erweiterten Apparatur. Die Strömungsverhältnisse im Versuchskanal. Durchführung und Auswertung der Versuche. Die Einzelrohre. Die Röhrenbündel. Die Veränderlichkeit der Wärmeübergangszahl auf dem Umfang eines Rohres mit kreisförmigem Querschnitt. Rotierende Rohre. Zusammenfassung.

Heft 323: *Weerts:* Dynamische und statische Zugversuche an Aluminium-Einzelkristallen.

Einleitung. Versuchseinrichtungen: Einrichtung für dynamische Zugversuche; Einrichtung für statische Zugversuche; Einspannvorrichtung. Herstellung der Kristalle. Bestimmung der Orientierung. Orientierungsplan. Die plastische Verformung der Einzelkristalle beim Zugversuch. Berechnung und Messung der Änderung ihrer Orientierung. Abgleitung und Schubspannung. Zerreißversuche und ihre Ergebnisse: Spannungs-Dehnungslinien; Schubspannungs-Abgleitungslinien; Fließgrenze; Festigkeit und Dehnung; Einfluß der Versuchsgeschwindigkeit. Versuche mit Vielkristallen. Vergleich der Beobachtungen an Einzel- und Vielkristallen. Reversibler und irreversibler Teil des Geschwindigkeitseinflusses Zusammenfassung.

Heft 329: *Memmler* und *Laute:* Dauerversuche an der Hochfrequenz-Zug-Druck-Maschine (Bauart Schenck).

Einleitung. Hochfrequente Dauer-Zug-Druck-Maschine: Allgemeines; mechanischer Teil des Antriebsystems; elektrischer Teil des Antriebsystems; Meßsystem; weitere Ausrüstung der Maschine. Betriebserfahrungen mit der Maschine: Belastungskonstanz; Leistungsmessung; Schwingungsmesser; Leistungsgrenze der Maschine; Ölkühlung. Versuche: Werkstoffe; Stabform; Ermittlung der Schwingungsfestigkeit; allgemeine Zusammenstellung der Versuchsergebnisse; gegliederte Darstellung der Versuchsergebnisse. Allgemeine Schlußfolgerungen: $\varepsilon$ $N$-Diagramm; höchste Periodenzahl bis zum Bruch; Ermüdung; Verfestigung; Veränderung des statischen $\sigma$ $\varepsilon$-Diagramms durch Dauerbeanspruchung; Frequenzeinfluß; Beziehungen zwischen Schwingungsfestigkeit und statischen Festigkeitswerten; Kurzprüfverfahren; Dämpfung als Stoffeigenschaft; Oberflächeneinfluß. Brucherscheinungen. Schlußwort.

# VDI-Nachrichten

## Aus dem Inhalt des Jahres 1929

In Anbetracht der großen Zahl der Beiträge und Mitteilungen in den VDI-Nachrichten kann nachstehend nur ein Teil der Beiträge nachgewiesen werden.

* bedeutet Abbildung im Text. W bedeutet Aufsatz in der Beilage „Wirtschaft".


Nr.

**Anstrichtechnik** s. a. Bau- und Werkstoffe.
— Farbentagung in München. Von *Kiencke* . . . . . 9
— Abkürzung der Trockenzeit von Anstrichen. Von *P. Nettmann* . . . . . 27
**Arbeitsmaschinen** s. a. Heimtechnik, Land- und Forstwirtschaft, Nahrungs- und Genußmitteltechnik, Papier und Zellstoff, Textiltechnik.
— Maschinen zur Gewinnung und Verarbeitung von Rundholz. Von *Himmelsbach* . . . . . 1*
— Eine 15 m lange Vulkanisierpresse . . . . . 3*
— Werkzeugmaschinen. Von *Häneke* . . . . . 10*
— Pumpen, Kompressoren, Ventilatoren. Von *Gutmann* . . 10
— 8 200 000 kg Druck in einer Vulkanisierpresse . . . . . 17*
— Eine Spitzendrehbank mit 1500 mm Spitzenhöhe . . . . 21*
— Maschinen zur Weiterverarbeitung des Schnittholzes. Von *Himmelsbach* . . . . . 22*
— Jubiläum im Krafthammerbau . . . . . 29
— Eine Riesen-Karusselldrehbank . . . . . 42*

**Ausland.**
**Europa** s. a. Bauwesen, Brennstoffe, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Geschichtliches, Hochschulwesen, Holz und Holzverarbeitung, Ingenieurvereine und -tagungen, Nachrichtenverkehr, Rechts-, Patent- und Steuerfragen, Schulwesen, Verkehr, Wärme- und Kraftwirtschaft, Wasserbau und Wasserwirtschaft, Wirtschaft.
— Die englische Textilindustrie. Textilstudienfahrt deutscher Studenten nach England. Von *Meister* . . . . . 2
— Elektrizitätswirtschaft und Wasserkraftnutzung in der Tschechoslowakei. Von *G. Meyer* . . . . . 2*
— Ural. Bodenschätze und Schwerindustrie. Von *Zienau* . . . 3
— Rußland. Deutsche Technische Woche in Moskau. Von *C. Matschoß* . . . . . 6*
— Die Verkehrsverhältnisse in England. Von *Hardt* . . . . 14*
— Aus der italienischen Elektrizitätswirtschaft . Von *Scolari* 16
— Brennstoff- und Kraftwirtschaft in Rußland. Von *Hollbach* . . . . . 18
— Groß-London . . . . . 20

Nr.

**Ausland.**
— Weltausstellung Barcelona 1929 21
— Die internationale Ausstellung in Barcelona Von *Nerenz* . . 22
— Erdöl im Ural . . . . . 25
— Prager Studenten im Berliner Ingenieurhaus . . . . . 27*
— Bosnische Mühlen — Vorläufer unsrer Turbinen. Von *Renier* 28
— Die Elektrizitätswirtschaft Sowjet-Rußlands. Von *G. Dettmar* . . . . . 29 u. 31*
— Wirtschaftlicher Aufschwung Islands . . . . . 33
— Verkehrsverhältnisse in Rußland . . . . . 33
— Vom holländischen Städtebau. Von *Baer* . . . . . 34
— Die Bedeutung des Walfanges für Norwegen . . . . . 35
— Die Wirtschaft Hollands und ihre Stellung im Weltverkehr. Von *A. Plate* . . . . . W 40
— Jugoslawien. Von *J. Elian* 42 u. 43
**Amerika** s. Museen und Ausstellungen, Schweißtechnik, Verkehr, Weltkraftkonferenz, Wirtschaft.
— Elektrizität in der amerikanischen Industrie. Von *Knabner* 8*
— Ein deutscher Lesesaal in Brasilien . . . . . 27*
— Bahnbau in Bolivien. Ein Arbeitsfeld für deutsche Unternehmer. Von *F. Nielsen-Reyes* 28
— Die Erzvorkommen Kanadas . W 51
**Asien** s. a. Bergbau, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Wirtschaft.
— Luftverkehr in Persien . . 5*
— Kleinasien. Bodenschätze und Verkehr. Von *Schwenninger* 16*
— Industrieführung und Forschung in Japan. Von *O. Kleine* . . . . . 28*
— Afghanische Staatsaufgaben. Von *R. Niedermayer* . . . 30
— Japan und die Mandschurei . W 31
— Technisch-wirtschaftliche Möglichkeiten in Persien. Von *V. Martin* . . . . . 31*
— Nachrichtenverkehr in Indien. 35
**Afrika** s. a. Hochschulwesen.
— Deutschlandreise südafrikanischer Ingenieurstudenten . . 9
— Erhöhung des Staudammes bei Assuan . . . . . 12
— Lastkraftverkehr in Südafrika 20
— Ägypten von heute. Von *Hermann* . . . . . 23*
— Der Eisenbahnbau in Rhodesia 36
— Angola . . . . . 37
— Rohstoffquellen in Südafrika. Von *W. Sell* . . . . . 50*
**Australien.**
— Die Kohlenlage in Australien W 17

Nr.

**Bau- und Werkstoffe** s. a. Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Ingenieurvereine und -tagungen, Konstruktion und Fertigung, Normung, Schulwesen und Fortbildung, Wirtschaft.
— Baustoffe im Feuer. Von *Baer* 8
— Türen aus Silumin . . . . 18*
— Stahlgußketten . . . . . 19
— Normalpotentiale der Elemente 28
— Werkstoffe für den Textilmaschinenbau. Von *J. Centmaier* . . . . . 34
— Vergütbare Legierungen. Von *G. Masing* . . . . . 36*
— Metallkundliche Gegenwartsaufgaben des Metallgießers. Von *H. Obermüller* . . . . 36*
— Überraschungen im Laboratorium des Metallfachmannes. Von *A. Schulze* . . . . . 36*
— Zur Lagermetallfrage . . . 36
— Gußeisen im Fachausschuß für Werkstoffe beim V. d. I. Von *R. Kühnel* . . . . . 43
— Tagesfragen des Korrosionsschutzes. Von *Scheifele* . . 43
**Bauwesen** s. a. Forschungsarbeiten und -anstalten, Holz, Normung und Vereinheitlichung, Schweißtechnik, Wasserbau und Wasserwirtschaft, Wirtschaft.
— Vom Bau der „Koniginnebrug" in Rotterdam. Von *Dunné* . . . . . 5*
— Künstliche Austrocknung von Neubauten. Von *Huppert* . . 7
— Die Einwirkungen des starken Frostes auf Bau- und Verkehrswesen. Von *Herbst* 8
— Die Leipziger Baumesse 1929. Von *Göldel* . . . . . 10
— Große Gasbehälter . . . . 11
— Die Tagung der „Reichsbauforschung". Von *Lübbert* . . 17
— Der Stahlskelettbau . . . . 24
— Vom Bau der Hudson-Brücke in New York . . . . . 28*
— Das neuzeitliche Warenhaus — eine technische Stadt. Von *E. Neuberg* . . . . . 28*
— Europas größter Hochbahnhof 32*
— Deutsche Bautätigkeit im Ausland . . . . . 37
— Zur Eröffnung der neuen Königsberger Bahnanlagen. Von *E. Bicske* . . . . . 39*
— Die Brücke über den Kleinen Belt . . . . . 40
— Eine neue Rheinbrücke . . . 41*
— Die Rheinbrücke Köln-Mülheim . . . . . 43*
— Die weitestgespannte Massivbrücke Deutschlands . . . . 47*
— Die Höhengrenze für die Wolkenkratzer. Von *E. Probst* . 48*
— Deutscher Stahlbau . . . . 50
— Neue Luftschiffhallen . . . 51*

Nr.

**Bergbau** s. a. Industrielle Heimatkunde.
— Blasversatz im Bergbau . . . 1
— Zinnminen auf Malakka . . 37*
— Abbau im Kalksteinbruch. Von *Eisemann* . . . . . 38*
— Der Eisengehalt der schwedischen Erze . . . . . 46

**Beschaffung** s. a. Industrielles Rechnungswesen, Verkehrswirtschaft.
— Planmäßige Beschaffungswirtschaft. Von *Philippi* . . . 23
— Die Tätigkeit des Ingenieurs im technischen Einkauf. Von *Kleinböhl* . . . . . 23

**Betriebswissenschaft und -technik** s. a. Brennstoffe, Forschungsarbeiten und -anstalten, Hygiene, Gesundheitstechnik und Unfallschutz, Ingenieurvereine und -tagungen, Schulwesen und Fortbildung, Wirtschaft.
— Feuerschutz in Fabrikbetrieben. Von *Merz* . . . . . 3*
— Pünktlichkeit in Fabrikbetrieben . . . . . 5
— Betriebstechnische Tagung in Leipzig . . . . . 12
— Zeitbegriff und Industrie. Von *Meyenberg* . . . . . 23*
— Neuzeitliche Schirmfabrikation 26
— Karteikunde. Ein Kapitel aus der Ordnungswissenschaft. Von *Kienzle* . . . . . 27
— Die Betriebswirtschaftler in Kiel . . . . . 39
— Das neuzeitliche Büro . . . 39
— Die Bedeutung der Zeitstudien für Technik und Wirtschaft. Von *O. Knoop* . . . 40
— Deutsche Werkleiter besuchen einander in ihren Betrieben. Von *Häneke* . . . . . 45
— Rationalisierung in der Eisenindustrie . . . . . 50

**Brennstoffe.**
Feste Brennstoffe s. a. Ausland, Normung und Vereinheitlichung.
— Eine 650 t-Steinkohlen-Schwelanlage . . . . . 3*
— Schnellbestimmung des Wassergehalts von Braunkohle . 9
— Braunkohle und Elektrowirtschaft. 8. Technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industrie-Vereins . . . . . 16
— Vereinheitlichung der Prüfverfahren für Brennstoffe . . 21
— Kennzeichnung der Kohlen. Eine Aufgabe der Weltkraftkonferenz. Von *O. Huppert* . 28
— Torfforschung in Sowjet-Rußland. Von *D. Gerassimoff* . . 42*
Flüssige Brennstoffe s. a. Ausland, Wirtschaft.
— Deutsches Kapital und deutsche Arbeit in ausländischen Erdölgebieten. Von *Dunaj* . . . 7
— Aus der Technik der Erdölgewinnung . . . . . 7*
— Forschungsergebnisse über Klopffestigkeit von Brennstoffen . . . . . 15*
Gasförmige Brennstoffe s. a. Bauwesen, Ingenieurvereine und -tagungen, Verkehr.
— Probleme der Gasversorgung. Von *Spaleck* . . . . . 16*
— Der heutige Stand des Gasgerätebaues. Von *Körting* . . 16
— Gasfeuerung und Betriebswirtschaft. Von *Albrecht* . . . 16*
Neue Wege zur Beförderung von Gasen . . . . . 21*
— Gas und Wasser. Von *Gossow* 25

Nr.

**Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft** s. a. Ausland, Brennstoffe, Geschichtliches, Heimtechnik, Hochschulwesen, Ingenieurvereine und -tagungen, Land- und Forstwirtschaft, Meßtechnik, Nachrichtenverkehr, Technik und Techniker, Verkehr, Wasserbau und Wasserwirtschaft, Wirtschaft.
— Aus der Elektrizitätsindustrie 4*
— Fortschritte der Elektrotechnik. Von *Parey* . . . . . 6
— Leipziger Frühjahrsmesse. Elektrotechnik . . . . . 11*
— Elektrische Glühöfen. Ausgleich von Spitzenbelastungen in der Elektrizitätswirtschaft und Gütesteigerung der Werkstoffe . . . . . 11*
— Organisation der württembergischen Elektrizitätswirtschaft W 17
— Stromverbrauchsmessungen an elektrischen Herden. Von *Thierbach* . . . . . 17
— Ölschalter für 220 kV zur Aufstellung im Freien . . . . 22*
— Luftschalter für große Leistungen . . . . . 23*
— Wendung im Schalterbau? . 26*
— Das Unterwerk Berlin-Halensee der Deutschen Reichsbahngesellschaft . . . . . 28*
— Die Elektrifizierung Rumäniens . . . . . 35
— Weltziffern der Elektrizitätswirtschaft . . . . . W 37
— Elektrische Isolierstoffe in der Funktechnik. Von *K. Geisler* 38
— Normung des Fernsehens. Von *F. Winkel* . . . . . 38
— Die Elektrizität und die Frau. Von *K. Böhm* . . . . . 40
— Ein neues Elektrizitätsgesetz in Österreich. Von *O. Siegel* . 42
— Gefilmte Überschläge . . . 43*
— Der Stand der indischen Elektrizitätswirtschaft. Von *H. O. Wippermann* . . . . . 44
— Das neue Kraftwerk Berlin-West . . . . . 46*
— Die Bedeutung des Ruthsspeichers für die Elektrizitätswirtschaft. Von *Heller* . . . . . 47
— Aus der Entwicklungsgeschichte der Elektromotoren . . . . 47*
— Elektrowirtschaft. Von *Kothe* 50

**Feinmechanik.**
— Feinmechanische Geräte zur Betriebsüberwachung. Von *W. Kniehahn* . . . . . 35*

**Fördertechnik** s. a. Bergbau, Hygiene, Gesundheitstechnik und Unfallschutz, Konstruktion und Fertigung, Land- und Forstwirtschaft, Verkehr.
— Neuere Entwicklung der Scherenkipper . . . . . 2*
— Selbsttätige Fördermittel . . 14*
— Maschinelle Kalkmergelförderung in den Nordseemarschen 14*
— Ein 30 t-Schwimmkran mit dieselelektrischem Antrieb . . . 38*
— Der Versuchs- und Lehraufzug des Deutschen Aufzugsausschusses . . . . . 49*

**Forschungsarbeiten und -anstalten** s. a. Ausland, Fördertechnik, Hochschulwesen, Ingenieurvereine und -tagungen, Technische Physik und Chemie.
— Das Forschungsheim für Wärmeschutz in München. Zu seinem zehnjährigen Bestehen. Von *Knoblauch* . . . . . 6*

Nr.

**Forschungsarbeiten und Anstalten.**
— Petition über den Ausbau der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt. Das Kuratorium der Reichsanstalt an den Hauptausschuß des Deutschen Reichstags . . . . . 14
— Für die Wärmeforschung in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt . . . . . 19
— Mahnwort . . . . . 19
— Der heutige Stand der technisch-wissenschaftlichen Forschung. Von *Matschoß* . . . 25
— Die Notgemeinschaft — eine Sache des deutschen Volkes. Von *Nägel* . . . . . 25
— Der Einfluß von Graphit auf die Reibung in Gleitlagern . . 30
— Modell und Wirklichkeit im Wasserbau . . . . . 37
— Energiewirtschaft im Hochschullaboratorium. Von *P. Langer* . . . . . 43*
— Das Institut für Arbeitsphysiologie in Dortmund . . . . 44*
— Neues aus der Luftfahrtforschung . . . . . 46
— Friedliche Aufbauarbeit des amerikanischen Kriegsamtes. Von *H. Bauer* . . . . . 49
— Technisch-wissenschaftliche Forschung im Druckgewerbe . 49

**Geschichtliches** s. a. Ausland, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Gießereiwesen, Hochschulwesen, Maschinenbau, Museen und Ausstellungen, Nachrichtenverkehr, Wärme- und Kraftwirtschaft.
— Unbekannte Quellen zur Geschichte neuzeitlicher Technik. Von *Demeter* . . . . . 1
— Peter Vischer, der Erzgießer. Gestorben am 7. Januar 1529 2
— Im Schwazer Bergwerk. Von *Haßler* . . . . . 2
— Franz Windhausen. Zum 100. Geburtstag eines Pioniers der neuzeitlichen Kältetechnik. Von *Lebrun* . . . . . 3
— Von alten Salzgewinnungsstätten. Von *Antz* . . . . . 4
— Heinrich Hertz zum Gedenken. Von *K. W. Wagner* . . . . 9*
— Zwei Industrieführer des 19. Jahrhunderts. Albert Borsig, Karl von Siemens. Zur 100. Wiederkehr ihres Geburtstages . . . . . 10*
— Der Schneider von Ulm. Zum 100. Todestag von Albrecht Ludwig Berblinger. Von *Schefold* . . . . . 11*
— Großindustrie in England. Von *Federmann* . . . . . 12
— Nach Ostland wollen wir reiten. Von *Goerdeler* . . . . 12*
— Ein halbes Jahrhundert elektrische Eisenbahnen . . . . 18*
— Ein Heldenkampf. Zum 75. Jahrestag der Eröffnung der Semmeringbahn. Von *v. Enderes* . . . . . 20
— Anopheles. Von *C. Matschoß* . 21
— Eine technische Schule vor 60 Jahren. Erinnerungen an die alte Provinzialgewerbeschule in Königsberg i. Pr. Von *K. Hartmann* . . . . . 22*
— August Borsig. Zum 75. Todestag am 6. Juli . . . . . 27
— 60 Jahre „Western Society of Engineers“ . . . . . 28
— 50 Jahre Reichsdruckerei . . 28
— Carl Flohr und der deutsche Aufzugbau . . . . . 28

Nr.

**Geschichtliches.**
— Otto Lilienthal war auch der erste Motorflieger. Von *P. Schauer* . . . . . 29*
— Weitere Erinnerungen an Otto Lilienthal. Von *P. Schauer* . 33
— Drei Meister-Patente. Zum Tode von Auer von Welsbach. Von *F. Sedlacek* . . . . . 31*
— Ein Veteran des Dampfmaschinenbaues. Zum 100. Geburtstag von Otto H. Mueller am 18. August 1929 . . . . 35
— Zur Geschichte der Gmünder Edelmetallindustrie . . . . 35
— Der Schöpfer des Mikrophons. Zur Geschichte des Fernsprechers und der Sprechmaschine. Von *R. Berger* . . . . . 36
— Zum 200. Todestage von Thomas Newcomen . . . . . 36
— Zum hundertsten Geburtstag des Vaters der Kinematik. Von *C. Weihe* . . . . . 39
— Erinnerungen an Franz Reuleaux. Unveröffentlichtes aus seinen Tage- und Skizzenbüchern . . . . . 39*
— Friedrich von Hefner-Alteneck zum Andenken . . . . . 39*
— Heinrich Goebel-Feier in Springe am Deister . . . . 39*
— Das Rennen von Rainhill. Von *W. Häfner* . . . . . 40
— James Clerk Maxwell. Am 50. Jahrestage seines Todes. Von *W. Bloch* . . . . . 45

**Gießereiwesen.**
— Einformen einer Schiffsschraube . . . . . 24*
— Gleiwitzer Eisenkunstguß. Von *H. Dickmann* . . . . . 37
— Die 5. Gießereifach-Ausstellung . . . . . 37
— Das Putzen von Gußstücken mit dem Wasserstrahl. Von *H. Kalpers* . . . . . 43*

**Heimtechnik** s. a. Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Museen und Ausstellungen, Städtebau und Siedlungswesen.
— Technische Sonderfragen des Landhaushaltes. Von *Camilla Koch* . . . . . 5*
— Zahlen über die wirtschaftliche Bedeutung des Haushalts. Von *Arnold Meyer* . . 12
— Die Wanderausstellung „Technik im Heim“ . . . . . 14
— Wanderausstellung Technik im Heim. Von *Villwock* . . 15
— Die richtige Waschmaschine . 16
— Haus ohne Schornstein — Heim ohne Herd . . . . . 22
— Das Institute for Good Housekeeping . . . . . 32
— Taylor in der Küche. Von *K. Böhm* . . . . . 34
— Elektrische Haushaltapparate . 41
— Die technischen Entwicklungstendenzen im Großgaststättengewerbe. Von *F. Linke* . . 42*

**Hochschulwesen** s. a. Ausland, Schulwesen und Fortbildung.
— Die Universität Kapstadt und ihre Ingenieurabteilung. Zur Deutschlandreise Kapstädter Studenten . . . . . 1*
— Das Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin . . . . . 7*
— Festtage in Braunschweig. Die Einweihung der neuen elektrotechnischen Institute der Technischen Hochschule Braunschweig . . . . . 8

Nr.

**Hochschulwesen.**
— Neue Technische Hochschulen 8
— Hochschuljubiläen . . . . . 13
— Das Wöhler-Institut in Braunschweig. Laboratorium zur Erforschung der Dauerfestigkeitseigenschaften von Baustoffen. Von *Föppl* . . . . 15*
— Hundert Jahre Technische Hochschule Stuttgart. Von *Klebs* . . . . . 19
— Der Besuch der deutschen Hochschulen. Von *Sikorski* . 20
— 25 Jahre Technische Hochschule Danzig. Von *Fr. Sommer* . . . . . 29*
— Die Entwicklung der technischen Physik. Von *W. Hort* 30
— Hochschulfeier in Danzig . . 31*
— Neue Technische Hochschulen? 34
— Zur Entwicklung des Hochschulunterrichts . . . . . 37
— Jahrhundertfeier der Technischen Hochschule Kopenhagen. Von *Nägel* . . . . . 38
— Die neuen Institute der T. H. Aachen . . . . . 45

**Holz- und Holzverarbeitung** s. a. Arbeitsmaschinen, Bauwesen, Forschungsarbeiten und -anstalten, Papier und Zellstoff, Technische Physik und Chemie, Technologie und Werkstoffprüfung, Wärme- und Kraftwirtschaft, Wirtschaft.
— Holzdämpfung. Von *Schuster* 1
— Die deutsche Holzbilanz. Von *Reinhold* . . . . . 1*
— Das Holz als Wärmelieferant. Von *Börnstein* . . . . . 1
— Der europäische Holzmarkt . W 2
— Lehrschau Holz . . . . . 22*
— Holz für Ingenieurbauten. Von *Schaechterle* . . . . . 24*
— Lehrschau Holz . . . . . 25*
— Rumäniens Forstwirtschaft und Holzindustrie. Von *G. Dulman* . . . . . 38
— Das Holzgewerbe in Dichtung und Erzählung. Von *M. Krauße* 43
— Der Werdegang eines Bierfasses. Bilder aus einem Sonderzweig der Holztechnik . . 47*

**Hüttenwesen** s. a. Ingenieurvereine und -tagungen.
— Neue Anlagen deutscher Hüttenwerke . . . . . 10
— Die Bedeutung des Wälzverfahrens . . . . . 45

**Hygiene, Gesundheitstechnik und Unfallschutz** s. a. Betriebswissenschaft und -technik, Ingenieurvereine und -tagungen, Normung und Vereinheitlichung, Schulwesen.
— Mehr Sicherheit! Von *Barkow* 5
— Unfallverhütung und Gewerbehygiene. Von *Wenzel* . . 9
— Unfallsicherheit und Maschinenschutz. Von *Schwandtke* . 9*
— Wirtschaftlicher Unfallschutz. Von *Karpinski* . . . . . 9
— Die Arbeiterschaft in der Abwehr der Unfallgefahren. Von *Sachs* . . . . . 9
— Der Betriebsingenieur in der Unfallverhütung. Von *Schwantke* . . . . . 9
— „Unfälle verhüten ist besser als Unfälle vergüten“. Von *E. v. Borsig* . . . . . 9
— Das Gasschutzwesen. Von *Lindner* . . . . . 16
— Eine neue Schutzmaske gegen Gas, Staub und Farbnebel . . 16*
— Schutz vor Vergasung . . . 21
— Arbeitssitz und Arbeitstisch . 23*

Nr.

**Hygiene, Gesundheitstechnik und Unfallschutz.**
— Zusammenfassung des behördlichen Arbeitnehmerschutzes . 23
— Neuzeitliche Müllverbrennung . 28*
— Künstliche Luftkühlung . . 33
— Das laufende Band im Dienste der Hygiene . . . . . 37*
— Wiederbelebung durch Sauerstoff-Kohlensäureatmung . . 41
— Die Pflanze im Zeitalter der Technik. Von *L. Migge* . . 51

**Industrielle Heimatkunde** s. a. Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Gießereiwesen, Papier und Zellstoff.
— Ostpreußen, das Land der 68. Hauptversammlung . . . 17*
— Ostpreußen. Von *Wiegand* . 17
— Danzig . . . . . 19*
— Im Königsberger Hafen . . . 21*
— Marienburg und seine Wirtschaft. Von *Pawelcik* . . . 24*
— Das Bernsteinvorkommen im Samland. Von *Kiel* . . . . 25
— Die Wanderungen der deutschen Bergleute. Von *B. Knochenhauer* . . . . . 28
— Entwicklung und Bedeutung der oberfränkischen Industrie 31
— Die technisch-industrielle Entwicklung des Saargebiets. Von *O. Rixecker* . . . . . 44
— Der bayerische Bergbau. Von *W. Fink* . . . . . 46*

**Industrielles Rechnungswesen** s. a. Vertriebstechnik.
— Die Eingliederung des Budgets in das industrielle Rechnungswesen . . . . . W 9
— Ingenieur und Betriebsrechnung . . . . . 20
— Verlustquellen im Kapitalumlauf. Von *Bader* . . . . 23*
— Grundplan des industriellen Rechnungswesens . . . . 42*
— Von Kalorien und Kosten . . 51*

**Ingenieurvereine und -tagungen** s. a. Anstrichtechnik, Ausland, Bau- und Werkstoffe, Bauwesen, Betriebswissenschaft und -technik, Brennstoffe, Forschungsarbeiten und -anstalten, Geschichtliches, Ingenieurvereine und -tagungen, Industrielle Heimatkunde, Land- und Forstwirtschaft, Rechts-, Patent- und Steuerfragen, Technisches Schrifttum, Technische Physik und Chemie, Technologie und Werkstoffprüfung, Verkehr, Wärme- und Kraftwirtschaft.
— Die südafrikanischen Ingenieurstudenten im Ingenieurhaus . . . . . 5*
— Verpackungstagung in Leipzig. Von *Weicken* . . . . 11
— Zum 25jährigen Bestehen des Österreichischen Vereines deutscher Ingenieure. Österreichs Bundespräsident *Miklas* und Minister Dr. *Schürff* über deutsche Ingenieurarbeit . . 12
— Gas und Wasser . . . . . 17
— Eisenhüttentag 1929. Von *Gossow* . . . . . 19
— Glastechnische Tagung in Wien. Von *Deutsch* . . . . 22
— Chemie und Technik . . . 22
— Hollandfahrt deutscher Ingenieure . . . . . 24
— Der Verein deutscher Ingenieure und seine Arbeiten im Jahre 1928/29 . . . . . 25*
— Ingenieurtage im deutschen Osten. Bilder von unsrer Hauptversammlung . . . . 26*

**Ingenieurverein und -tagungen.** Nr.
— 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Königsberg. Wahlen und Beschlüsse des Vorstandsrates und der Hauptversammlung. Die wissenschaftlichen Verhandlungen . . . . . 26
— 68. Hauptversammlung des V. d. I. in Königsberg. Fachsitzungen am Montag, den 24. Juni 1929 . . . . . 27*
— 68. Hauptversammlung des V. d. I. in Königsberg. Ausklang der Hauptversammlung 27*
— Eine Tagung über Kunstseide. Von *E. Meister* . . . . . 27
— Eine wirklich internationale Tagung. Von *Parey* . . . . 29
— Das neue Haus des Bulgarischen Ingenieur- und Architekten-Vereins in Sofia . . . . 30
— Die Sommertagung der Schiffbautechnischen Gesellschaft in Danzig . . . . . 30
— Internationale Dampftafel-Konferenz in London. Von *M. Jakob* 31*
— Das Institute of Metals als Gast in Deutschland . . . . 32
— Internationale Tagung über Dampfturbinen in London. Von *E. A. Kraft* . . . . . 32*
— Zehn Jahre deutsche Metallkunde. Von *O. Bauer* . . . 36
— Die Metallforscher in Düsseldorf . . . . . 37*
— Philosophie — Physik — Technik. Vom 5. Deutschen Physiker- und Mathematikertag Prag, 15. bis 21. September 1929 . . . . . 39
— Licht und Glas. Von *E. Stelzer* . . . . . 39
— Internationale Tagung über Wohnungs- und Städtebau. Von *H. Schmid* . . . . . 39
— Die gesunde Fabrik. Von *Kothe* 40
— Zweiter internationaler Bohrtechniker-Kongreß in Paris . 43
— Nationale und internationale Photogrammetrie. Von *S. Boelcke* . . . . . 43
— Japan empfängt die Ingenieure der Welt. Weltingenieurkongreß / Weltkraft-Teilkonferenz / Tokio 1929 . . . . . 49

**Konstruktion und Fertigung.**
— Gußeisen als Konstruktionsmittel . . . . . 3
— Gußeisen und geschmiedete Teile als Konstruktionsmittel. Von *Erkens* . . . . . 10
— Gruppe Konstruktion. Von *Erkens* . . . . . 17
— Fließende Fertigung beim Zusammenbau von Hafenkranen. Von *K. Meyer* . . . . . 34*

**Kraftmaschinen** s. a. Ausland, Brennstoffe, Geschichtliches, Ingenieurvereine und -tagungen, Verkehr, Weltkraft.
— Die Hell Gate-Turbine. Die größte Turbodynamo der Welt 5*
— Rohölbetrieb bei Vergasermotoren für Kraftwagen . . 12*
— Zweidruck-Dampfkraftanlagen 27
— Ladegebläse mit Antrieb durch Auspuffgasturbinen für große Schiffsdieselmotoren . . . . 45*
— Kolbendampfmaschinen für 100 at Anfangsdruck . . . . 48*
— Stählerne Zylinderdeckel für Dieselmotoren . . . . . 51

**Kunst und Technik**
— Wie sie zur Technik kamen. Von *Krommer* . . . . . 8
— Sehr geehrter Herr Reichskunstwart! Von *Koenemann* . 19

**Kunst und Technik.** Nr.
— Die Erwiderung des Reichskunstwarts. Von *Redslob* . . 19
— Zuschrift des Vereins Berliner Künstler . . . . . 19
— Kunst, Technik und Wissenschaft. Von *W. Ostwald* . . 35 u. 36

**Land- und Forstwirtschaft** s. a. Fördertechnik, Heimtechnik, Wärme und Kraftwirtschaft, Wirtschaft.
— Prüfung von Stalldungstreuern. Von *Engelbrecht* . . . 1*
— Pflugindustrie und Schlepperbau. Von *Wenzelburger* . . 5
— Beginn der „Grünen Woche" ATL-Jahrestagung am 28. Januar . . . . . 5
— Landwirtschaftliche Meliorationen und Technik. Von *Stadermann* . . . . . 5*
— Die technischen Hilfsmittel der Milchgewinnung. Von *Schäffer* 5
— Transport in der Landwirtschaft und Wegeunterhaltung. Von *Foedisch* . . . . . 5*
— Betriebswirtschaftliche Erfahrungen bei der Einführung von Kraftschleppern. Von *Ackermann* . . . . . 5
— Amerikanische Zugmaschinen. Von *Feuerlein* . . . . . 5
— Motorkultur. Von *Holldack* . 5
— Die Landwirtschaftstechnik in der „Großen Woche". Von *Brauer* . . . . . 6
— Auch eine Hochleistungsmaschine. Von *Brauer* . . . 13*
— Kraftwerke im Dienste der Volksernährung. Rauchgase zur Kohlensäuredüngung . . 21
— Kraftwerke im Dienste der Volksernährung. Die Gewächshausanlage im Großkraftwerk Klingenberg . . . . . 21*
— Ingenieurtechnisches von der DLG-Ausstellung. Von *Wagner* 24
— Wirtschaftliche Getreideernte. Von *Engelbrecht* . . . . . 31*
— Mehr Wirtschaftlichkeit in Bauernbetrieben . . . . . 33
— Die deutsche Vieh- und Milchwirtschaft im amerikanischen Urteil. Von *F. Brauer* . . . W 33
— Untersuchungen von Kraftschleppern für die Praxis . . 34
— Erntesteigerung durch Bodenbedeckung. Von *L. Engelbrecht* 38
— Die Futterkonservierung im Silo. Von *Brauer* . . . . . 40*
— Neue Forstmaschinen. Von *Brauer* . . . . . 46

**Lichtbild- und Filmtechnik,** s. a. Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Nachrichtenverkehr, Technische Physik und Chemie, Wirtschaft.
— Phototechnische Neuerungen. Von *Boelcke* . . . . . 4
— Internationale Tonfilmproduktion. Von *Noack* . . . . . 14
— Der technische Film 1928. Von *Lassally* . . . . . 16
— Neuerungen in der Laboratoriumsphotographie. Von *Boelcke* . . . . . 33*
— Das neue technische Lichtbild 44*
— Neue Filmtongeräte . . . . 45*

**Maschinenbau.**
— Getriebe und Getriebepraxis . 11*
— Im Geiste Reuleaux'. Von *Kutzbach* . . . . . 45
— Renaissance der Getriebelehre. Die Reuleaux-Feier und die Getriebe-Ausstellung in der Technischen Hochschule Berlin. Von *Barkow* . . . . . 47

**Meßtechnik** s. a. Forschungsarbeiten und -anstalten, Luftfahrt.
— Ein neuer Geschwindigkeitszeiger für Kraftfahrzeuge . . 11*
— Ein neues Kurvenlineal. Von *Fuchs* . . . . . 22*
— Die Messung des Durchhanges von Freileitungen. Von *Heimberger* . . . . . 24*
— Schwingungsmessungen an der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin" . . 32

**Museen und Ausstellungen** s. a. Arbeitsmaschinen, Ausland, Bauwesen, Betriebswissenschaft und -technik, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Gießereiwesen, Heimtechnik, Holz und Holzverarbeitung, Land- und Forstwirtschaft, Maschinenbau, Verkehr, Wärme- und Kraftwirtschaft.
— Leipziger Frühjahrsmesse 1929. Von *Heller* . . . . . 10*
— Eröffnung der Wanderausstellung „Technik im Heim" . . 15*
— Die erste Etappe. Rückschau auf die Essener Ausstellung „Technik im Heim" . . . . 20
— Ein Blick hinter die Kulissen des Deutschen Museums. Von *Haßler* . . . . . 20*
— „Bitte einschalten". Aus dem Reichswirtschaftsmuseum in Düsseldorf. Von *Isermann* . 23
— Ausstellung „Bauten der Technik" in Danzig . . . . . 30
— Wohnung und Werkraum. Von *Rosenberg* . . . . . 30*
— Die Ladenstraße. Von W. *Rosenberg* . . . . . 32
— Reklame. Auf der Reklameschau . . . . . 34
— Von den Herbstmessen. Leipziger Herbstmesse. 17. Deutsche Ostmesse in Königsberg . . 35
— Die 6. Große Deutsche Funkausstellung in Berlin. Von *F. Noack* . . . . . 36*
— Eindrücke von der Polnischen Landesausstellung in Posen. Von *H. Großmann* . . . . . 40
— Die Wanderausstellung „Technik im Heim" in Lübeck vom 5. Oktober bis 3. November. Von *K. Böhm* . . . . . 41
— Die 21. Brauerei- und Kellereimaschinen-Ausstellung in Berlin. Von *E. Rausch* . . . . 42
— Herr Ford baut sich ein Museum. Von *C. Matschoß* . . 42
— Automobilausstellungen in Frankreich und England. Von *P. Friedmann* . . . . . 44
— Besuch im Deutschen Museum. Eindrücke eines jungen Studenten. Von *J. Fabian* . . . 50

**Nachrichtenverkehr** s. a. Ausland, Technisches Schrifttum.
— Drahtlos steuerbare Nebenuhranlagen. Von *Noack* . . . . 11
— Die Bildtelegraphie im Dienste der Tagespresse . . . . . 12*
— Ein Fernsprechkabel Europa-Amerika? . . . . . 19
— Das neue Fernamt in Berlin 20*
— Der Rundfunk in Europa und die Entwicklung der Hörerzahlen in den Jahren 1927/28. Von *Noack* . . . . . 24
— Überseewellen. Von *F. Runkel* . . . . . 35
— Die Entwicklung des Fernsprech- und Telegraphenverkehrs in Schweden . . . . . 36

Nr.

**achrichtenverkehr.**
- Fünfzig Jahre Selbstanschlußtechnik . . . . . 37
- Das Fernsprechnetz im Dienste von Tagungen und Unterricht. Von *P. Craemer* . . . . . 41
- Bildfunk und Kurzwellen im Dienste des Luftverkehrs. Von *F. Noack* . . . . . 44

**ahrungs- und Genußmitteltechnik** s. a. Wärme- und Kraftwirtschaft.
- Wie Zigaretten entstehen. Von *Schwenninger* . . . . . 27*
- Die Aufbereitung der Kaffeebohnen. Von *Nägele* . . . . 30*
- Die Ostpreußischen Fleischwarenwerke in Königsberg (Pr.). Von *E. Bieske* . . . 50*

**ormung und Vereinheitlichung** s. a. Betriebswissenschaft und -technik, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Techn. Schrifttum, Vertriebstechnik.
- Abschluß der Werkstoffnormung für die Kupferlegierungen . . . . . 8
- Normung der Brennstoffe . . 28
- Einführung der Normen in die Praxis . . . . . 29
- Normung der Straßenbrücken . 30
- Normung in der Reklame . . 32
- Weltnormung. Zeit und Weg — zwei Beispiele . . . . . 33*
- Normung von Verpackungen in Norwegen. Von *Hentschel* . 33
- Die Normung der Krankenhausmöbel. Von *Albeck* . . 34*
- Das erste Preisausschreiben auf dem Gebiete der Normung 42
- Zur Normung der Brennstoffe. Von *Landsberg* . . . . . 45
- Kann das Handwerk durch Normung sparen? . . . . 48
- Normungsprobleme in der Konservenindustrie. Von *Frank* . . . . . 49
- Normungsarbeit im Brückenbau. Von *Wedler* . . . . 51

**Papier und Zellstoff** s. a. Wärme- und Kraftwirtschaft, Wirtschaft.
- Die Holzchemie und ihre wirtschaftliche Auswertung. Von *Schwalbe* . . . . . 1
- Kleine Schleifereianlagen für Papierholz . . . . . 2*
- Die Großindustrie der Holzchemie in Ostpreußen. Von *Lauber* . . . . . 22*
- Eukalyptusholz für die Zellstoffgewinnung . . . . . 46
- Der Wirkungsgrad in der Zellstoff- und Papierindustrie. Von *Schwenninger* . . . . . 50

**Persönliches** s. a. Weltkraft.
- Stodola zum 70. Geburtstag. Von *Kraft* . . . . . 19
- Die Erbauer der „Bremen“ . 32*

**Rechts-, Patent- und Steuerfragen** s. a. Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Verkehr, Wirtschaft.
- Das Urheberrecht in Sowjet-Rußland. Von *Targonski* . . 1
- Hinausschiebung der „laufenden“ Grunderwerbsteuer . . W 3
- Freigabe deutschen Eigentums in den Vereinigten Staaten von Amerika . . . . . W 5
- Verordnung über die Herstellung von Medaillen und Marken vom 27. Dezember 1928 . W 6
- Abschreibungen und Steuer. Von *W. Prion* . . . . . W 6 u. 7

Nr.

**Rechts-, Patent- und Steuerfragen.**
- Zur Reform der Staatsverwaltung . . . . . 8
- Das Patentwesen im Lichte der Statistik. Von *Toussaint* . 9*
- Das deutsch-russische Wirtschaftsprotokoll vom 21. Dezember 1928 und der gewerbliche Rechtsschutz . . . . . W 9
- Die Entlastung des Reichsgerichts . . . . . W 9
- Patentversicherung in Amerika W 10
- Darf ein Verein nach dem Austritt eines Mitgliedes einen Beschluß des Inhalts herbeiführen, daß die Ausschließung beschlossen worden wäre, wenn das Mitglied nicht schon selbst seinen Austritt erklärt hätte? W 10
- Zur Frage des Schutzes des geistigen Eigentums. Von *Alexander* . . . . . 13
- Die Pflicht zur Aufbewahrung und Rücksendung von Zeugnissen . . . . . W 15
- Rechtsschutz der Wanderausstellung „Technik im Heim“ . W 15
- Die freien geistigen Berufe gegegen die Gewerbesteuer . . W 16
- Der Ingenieur als Staatsbürger. Von *Köttgen* und *Schiffer* 16
- Die Rechtsformen der Unternehmungen, Rechte und Pflichten ihrer Organe. Von *Waldschmidt* . . . . . 17
- Die öffentlich-rechtlichen Bindungen des gewerblichen Unternehmens bei Errichtung eines Betriebes. Von *Wenzel* 17
- Der Aufbau unsres Rechtssystems. Von *Drews* . . . 17
- Aufwertung amerikanischer Lebensversicherungen . . . W 18
- Der Aufbau der sozialpolitischen Gesetzgebung. Von *Syrup* . . . . . 18
- Zur Neuordnung der Schiedsgerichtsordnung des Deutschen Ausschusses für das Schiedsgerichtswesen . . . . . W 19
- Grundzüge des Kartellrechtes. Von *S. Tschierschky* . . . . W 20
- Merkblatt über Wechselversteuerung . . . . . W 23
- Gutachterausschuß für Musterrechtsverletzungen beim Leipziger Meßamt . . . . . W 24
- Gesetzentwurf über die Ausbeutung neuer Kohlevorkommen . . . . . W 25
- Leuchtzeichen an Rädern . . W 26
- Zum Begriff des „Betriebs eines Kraftfahrzeuges“ nach § 7 des Kraftfahrzeuggesetzes . W 27
- Entstehung und Erfüllung von Handelsgeschäften; Schiedsgerichtswesen. Von *Halberstadt* . . . . . 28
- Bedeutung der Rechtsfragen bei Handelsgeschäften gewerblicher Unternehmungen. Von *Werner* . . . . . 28
- Kann eine nach § 10 Abs. 1 Nr. 2 des Patentgesetzes erhobene Nichtigkeitsklage auf ein vernichtetes Patent gestützt werden? . . . . . W 30
- Wer haftet für den Schaden durch die Kesselexplosion einer Lokomobile? . . . . W 31
- Nationaler und internationaler Austausch von Fabrikationsrechten. Von *E. Neuberg* . . W 32
- Gesetzentwurf über Unfallverhütung in der Unfallversicherung . . . . . W 35
- Vorschläge zur Reform der Justizverwaltung . . . . . W 37

Nr.

**Rechts-, Patent- und Steuerfragen.**
- Die Erfindung des Ingenieurs und das Arbeitsgericht. Von *K. Alexander* . . . . . 38
- Zur Frage des Rechts „am eignen Bilde“ . . . . . W 41
- Gebühr bei Anmeldung von Gebrauchsmustern . . . . . W 43
- Erhöhung der Vermögensteuer W 43
- Das neue Gesetz über Arbeitsvermittlung und Arbeitslosenversicherung . . . . . W 44
- Gesetzentwurf zur Verlängerung des Steuermilderungsgesetzes . . . . . W 45
- Internationale Patentanwalts-Tagung . . . . . 46
- Verrat von Geschäfts- und Betriebsgeheimnissen . . . . W 51
- Angestellten-Erfindung und Dienstvertrag. Von *W. Kühnast* 51

**Schulwesen und Fortbildung** s. a. Geschichtliches.
- Neue technische Lehrmittel . 4*
- Der industrielle Nachwuchs in der Berufsschule. Zur Gewerbelehrerfrage. Von *Lippart* . . . . . 4
- Ein idealer Lehrplan . . . 13
- Das Bild als Berufsberater. Von *Hanffstengel* . . . . . 13*
- Werkstoffkunde . . . . . 19*
- Betriebliche Ertüchtigung des technischen Nachwuchses. Von *Stauch* . . . . . 19
- Arbeiterschulung . . . . . 19*
- Der Betriebsingenieur als Lehrer . . . . . 19*
- Ausbildung zu technischen Berufen. Von *Kothe* . . . . 25
- Vom technischen Schulwesen in Österreich. I. Die technisch-gewerblichen Bundeslehranstalten. Von *C. Volk.* II. Der Unterricht in den Lehrwerkstätten. Von *P. Müller* . . . 32
- Praktische Lehrmittel in der Schweißtechnik . . . . . 33*
- Die staatliche Fachschule für Gas, Wasser, Heizung und Lüftung in Köln. Von *Grunewald* 34
- Das Ausbildungswesen im Siemens-Konzern. Von *K. Elbel* 44*
- Zur Frage der technischen Mittelschulen. Von *G. Schmidt* 46
- Zur Ausbildung der Gewerbelehrer . . . . . 50
- 50 Jahre Kölner Technisches Schulwesen . . . . . 51*
- Die technischen Schulen in England und Frankreich . . 51

**Schweißtechnik** s. a. Schulwesen.
- Selbsttätige Lichtbogen-Schweißmaschinen . . . . 2*
- Aus der amerikanischen Schweißtechnik. Von *Bondy* . 10
- Elektrische Abschmelzschweissung für Karosserien und Fässer. Von *Hilpert* . . . . . 12*
- Schweißungen im Fahr- und Flugzeugbau . . . . . 19*
- Autogen - Schneidmaschinen. Von *Eberle* . . . . . 22*
- Die Vorgänge beim Überkopfschweißen . . . . . 23*
- Geschweißte Rohrkonstruktionen . . . . . 23*
- Eisenbauten werden geschweißt. Von *A. Hilpert* . . 29*
- Praktische Schnellprüfung von Schweißverbindungen . . . 32
- Ein elektrisch geschweißtes Motorboot . . . . . 34*
- Schweißtechnische Fachausdrücke . . . . . 45
- Geschweißte Konstruktionen . 49*

Nr.

**Städtebau und Siedlungswesen** s. a. Ausland, Heimtechnik, Ingenieurvereine und -tagungen.
— Die Gebrauchswohnung. Von *M. Mengeringhausen* . . . . 41*

**Technik und Techniker** s. a. Forschungsarbeiten und -anstalten, Kunst und Technik.
— Zum Jahreswechsel. Von *Köttgen* . . . . . 1*
— Der Ingenieur im Reichshaushalt für 1929. Von *Cremer* . 7
— Der Diplom-Ingenieur in den Dampfkessel - Überwachungs-Vereinen . . . . . 10
— Die Entwicklung der technischen Verwaltungszweige . . 27
— Über Reden und Schreiben. Von *O. Knoblauch* . . . . 32
— Phantasie, Kritik und Logik im Ingenieurberuf. Von *O. Franzius* . . . . . 35
— Die Diplom-Ingenieure in der elektrotechnischen Industrie. Von *K. Elbel* . . . . . 41
— „Verbinden". Von *E. Buchwald* . . . . . 47 u. 48
— Jenseits des Fachs. Von *E. Diesel* . . . . . 49
— „Sprengbagger 1010". Ein Film von neuzeitlicher Technik. Von *Isermann* . . . . 49
— Landtag und Verwaltungsingenieure . . . . . 51*
— Der Weg des Geistes in der Technik. Von *L. Erhard* . . 52

**Technisches Schrifttum** s. a. Ausland, Gießereiwesen, Schweißtechnik.
— Technische Übersetzungen. Von *Wagemann* . . . . . 3
— „Rationalisierung" der technischen Vorträge. Von *Hanffstengel* . . . . . 5
— Ausbau des Reichspatentamtes zu einer „Technischen Reichsbücherei". Von *Lüssenhop* . 7
— Ingenieure am Mikrophon. Von *Landsberg* . . . . . 7
— Die Ausgestaltung von Vortragsräumen. Von *Heintzenberg* . . . . . 11
— Der „Tag des Buches" in Berlin . . . . . 13
— Zusammengesetzte englische Maßeinheiten. Von *Klapper* . 22
— Die Schriftsteller der Technik 35
— Feuerungstechnik und Wärmewirtschaft. Von *E. Praetorius* 42
— Elektrotechnik. Von *W. Starck* . . . . . 42
— Wissenschaftliche und technische Chemie. Von *H. Großmann* . . . . . 42
— Brennstoffchemie und Brennstoffwirtschaft. Von *Faber* . 42
— Einiges über die physikalische Literatur. Von *W. Schmidt* 42
— Technisch - wissenschaftlicher Quellennachweis. Von Dr. *Freitag* . . . . . 43
— „Technische Mechanik und Thermodynamik". Von *M. Jakob* . . . . . 44
— Holz. Von *W. Müller* . . . . 45
— Metallische Werkstoffe. Von *L. Traeger* . . . . . 45
— Werkzeugmaschinen und Metallbearbeitung. Von *M. Kronenberg* . . . . . 45
— Allgemeiner Maschinenbau. Von *A. Erkens* . . . . . 45
— Technisch - wissenschaftlicher Quellennachweis . . . . . 46

Nr.

**Technisches Schrifttum.**
— Ziele der Dezimal-Klassifikation. Von *B. Walther* . . . 52
— Geschichte bedeutet Erleben . 49
— Zur Geschichte der Technik und Industrie . . . . . 49

**Sprachkundliches für den Ingenieur.**
— Aus unsrer Blütensammlung . 13
— Sprichwort und Technik. Von *Igelmeier* . . . . . 14
— Die Namen der chemischen Elemente. Von *M. Diersche* . 48

**Technische Physik und Chemie** s. a. Forschungsarbeiten und -anstalten, Geschichtliches, Hochschulwesen, Hygiene, Gesundheitstechnik und Unfallschutz, Ingenieurvereine und -tagungen, Lichtbild und Filmtechnik, Papier und Zellstoff.
— Schallwellen, die Löcher bohren können. Von *Bloch* . . . 2
— Künstlicher Kautschuk. Technische und wirtschaftliche Probleme. Von *Geisler* . . . . 11
— Um die Einheit der Natur. Einsteins Arbeit zur einheitlichen Feldtheorie. Von *Bloch* 11
— Die Doppelgestalt des Elektrons. Von *Bloch* . . . . . 14
— Neue Wege der Trinkwasserreinigung. Von *Kotte* . . . 16
— Lärmbekämpfung als Ingenieurberuf. Von *Hort* . . . 16
— Neue Berichte über wärmetechnische Forschungsarbeiten. Von *Jakob* . . . . . 18
— Der Ramann-Effekt. Von *Bloch* . . . . . 18
— Die heterogene Katalyse . . 21
— Die Anwendung hochfrequenter Schallwellen in der Ohrenheilkunde. Von *Mülwert* . . 21
— Röntgen-Kinematographie auch für die Technik? . . . 26
— Antiklopfmittel . . . . . 27
— Kunstzucker. Von *A. Thieme* . 30*
— Ein neues Verfahren zur Gewinnung von Ammoniumsulfat. Von *Huppert* . . . . . 32
— Technische Herstellung der Leuchtfarben. Von *A. Thieme* 33
— Die Zellulose als chemischer Rohstoff . . . . . 35
— Para- und Orthowasserstoff. Von *Schwenninger* . . . . 39
— Das Trocknen von Druckfarben . . . . . 42
— Eine Wasch- und Entlösungsanlage für Putztücher. Von *H. Faber* . . . . . 51*
— Schmiermittelfragen. Von *Schwenninger* . . . . . 51

**Technologie und Werkstoffprüfung** s. a. Bau- und Werkstoffe, Hochschulwesen, Ingenieurvereine und -tagungen, Lichtbild- und Filmtechnik, Schweißtechnik.
— Spanabhebende Werkzeuge für die Bearbeitung von Aluminium und Aluminiumlegierungen . . . . . 2*
— Die Sicherheit der Lastenketten . . . . . 21
— Holzprüfung . . . . . 22*
— Vergleichende Untersuchungen an Sperrholz und Vollholz . . 22
— Eignungsprüfung des Holzes . 38*
— Betriebsfragen der Glasindustrie. Von *Schwenninger* . . 47
— Die Bruchgefahr bei metallischen Werkstoffen. Von *W. Kuntze* . . . . . 49*

Nr.

**Textiltechnik** s. a. Ausland, Bau- und Werkstoffe, Ingenieurvereine und -tagungen, Wirtschaft.
— Textiltechnik . . . . . 9*
— Textilmaschinen. Von *Schwenninger* . . . . . 10*
— Kenaf . . . . . 12
— Ein geräuschloser Webstuhl . 17
— Von der Wolle zum Hut . . 40*
— Ein Webstuhl mit Schützenwechsel . . . . . 43

**Verkehr.**
Allgemeines s. a. Ausland, Verkehrswirtschaft.
— Der Großstadtverkehr . . . 1
— Wettbewerb und Gemeinschaftsarbeit der großen Verkehrsunternehmungen. Von *Rothhaas* . . . . . 4
— Die Verkehrsverhältnisse in Ostpreußen. Von *Ruge* . . 21*
— Großleistungen deutscher Verkehrstechnik . . . . . 29*

Eisen- und Straßenbahn s. a. Ausland, Bauwesen, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Geschichtliches, Verkehrswirtschaft.
— Die nordischen und schweizerischen Eisenbahnen im Verein Deutscher Eisenbahnverwaltungen . . . . . 1
— Dieseltriebwagen für Rußland 2*
— Die größte europäische Schnellzuglokomotive . . . . . 5*
— Neue Eisenbahnlinien in Bulgarien . . . . . 27
— Ein neues Beförderungssystem bei der Reichsbahn. Von *Adam* . . . . . 29
— Der elektrische Eisenbahnbetrieb in Schweden . . . . 33
— Die Leistungsfähigkeit von Bergbahnen. Von *L. Stelling* . 38
— Ein Triebwagen mit Gleichrichter. Von *Trautvetter* . . 40*
— Straßenbahn - Gelenkwagenzüge. Von *Trautvetter* . . . 44*
— 1000/1200 PS-Dieseldruckluftlokomotive der Deutschen Reichsbahn . . . . . 45*
— Die bulgarischen Eisenbahnen 45
— Elektrische Bahnen in Sowjetrußland . . . . . 46
— Behälterverkehr bei der Reichsbahn . . . . . 47
— Elektrischer Bahnbetrieb in den Vereinigten Staaten . 48
— Die Siemensbahn. Von *Baer* 51

Kraftwagen s. a. Ausland, Kraftmaschinen, Land- und Forstwirtschaft, Meßtechnik, Museen und Ausstellungen, Technische Physik und Chemie, Verkehrswirtschaft.
— Ein Lastkarren mit Antrieb durch Verbrennungsmotor . . 4
— Neue Kraftfahrzeuge für kommunale Betriebe. Von *Seidel* 14*
— Luftreifen im Pariser Omnibusverkehr . . . . . 20
— Neuzeitliche Automobilwertung. Von *Heller* . . . . . 20
— Erfahrungen mit dem Vorderachsantrieb bei Kraftomnibussen . . . . . 33
— Nutzkraftwagenbau in England und Frankreich. Von *Aders* . . . . . 49*
— Neue englische Vorschriften für Kraftfahrzeuge mit Vierradbremsen . . . . . 49
— Kraftwagenbesteuerung in Deutschland und Amerika. Von *Heller* . . . . . 49

Nr.

**Verkehr.**
**Luftfahrt** s. a. Ausland, Forschungsarbeiten und -anstalten, Geschichtliches, Ingenieurvereine und -tagungen, Nachrichtenverkehr, Schweißtechnik, Verkehrswirtschaft.
- Die englischen Luftschiffe R 100 und R 101 . . . . . 4*
- Wege der Luftfahrtforschung. Von *Everling* . . . . . 5
- Ein Versuchs-Luftschiff mit Flugmotoren. Von *Goßlau* . 9*
- Schnellste Flugzeuge. Von *Goßlau* . . . . . 16
- Meßgeräte für den Nebelflug . 18
- Sommerluftverkehr 1929 . . 22
- Das Parseval-Naatz-Luftschiff 29*
- Internationale Luftfahrtausstellung London 1929. Von *Iscrmann* . . . . . 30*
- In zwölf Tagen um die Erde. Die Weltfahrt des Luftschiffes LZ 127 „Graf Zeppelin“ . . . 36*
- Der internationale europäische Rundflug 1929. Von *Schüz* . 36*
- 528 km/Std. Von *F. Goßlau* . 37*
- Gasbetrieb für Luftschiffe . . 37
- Kann man in 14 000 m Höhe leben? . . . . . 40
- G 38. Das größte Landflugzeug der Welt . . . . . 46*
- Luftfahrt in Mexiko. Von *H. Schwilling* . . . . . 47*
- Die neue amerikanische Heliumanlage . . . . . 48

**Schiffahrt** s. a. Ausland, Geschichtliches, Ingenieurvereine und -tagungen, Kraftmaschinen, Persönliches, Schweißtechnik, Verkehrswirtschaft, Wirtschaft.
- Schiffahrt im „Eisernen Tor-Kanal“ . . . . . 4
- Das Panzerschiff „Ersatz Preußen“ . . . . . 6*
- Deutschlands Schiffbau im Jahre 1928 . . . . . 8
- Zweckmäßige Schiffsformen . 13*
- Die Seezeichen . . . . . 17
- Ein neuer Schiffsantrieb . . 18*
- Die „Bremen“ vor der Vollendung . . . . . 19*
- Die Sicherheitseinrichtungen der „Bremen“ . . . . . 26*
- Die Probefahrten des Schnelldampfers „Bremen“ . . . . 29*
- Das Blaue Band des Ozeans 31
- Ein Katapult auf der „Bremen“ . . . . . 31*
- Ein neues Motorschiff auf dem Bodensee . . . . . 35*
- Von der „Bremen“ . . . . 36*
- Antrieb und Formgebung der Schnelldampfer . . . . . 48

**Verkehrswirtschaft.**
- Die Deutsche Reichsbahn im Jahre 1928 . . . . . 2
- Betriebskostenersparnis bei leichten Straßenbahnwagen . 2
- Verbilligung der Eisenbahnfrachten . . . . . W 4
- Die Stellung der deutschen Schiffahrt . . . . . W 4
- Verbilligung der Eisenbahnfrachten auf Grund praktischer Erfahrungen des Saarbergbaues. Von *Röchling* . . . W 4*
- Zahlen aus dem Betrieb der Deutschen Reichsbahn . . . 7
- Hamburger Handel und Schiffahrt . . . . . W 8
- Reichsbahnbeschaffungen und deutsche Wirtschaft . . . . 13
- Die neue amerikanische Automobil-Statistik. Von *Heller* . 13

Nr.

**Verkehrstechnik.**
- Französische Luftfahrtreform. Von *Beck* . . . . . 13
- Gefahren für die deutsche Luftfahrt . . . . . W 18
- Die deutsche Luftfahrt-Wirtschaft als Gesamtproblem . . 23*
- Die deutsche Reichsbahn im Jahre 1929
- Entwicklungen und Aussichten des deutschen Luftverkehrs 26*
- Die Entwicklung der deutschen Binnenflotte . . . . . 41
- Arbeiten und Pläne der Deutschen Luft Hansa . . . . 41
- Zahlen aus dem Betrieb der Deutschen Reichspost . . . 42

**Vertriebstechnik und Marktanalyse** s. a. Industrielles Rechnungswesen, Museen und Ausstellungen, Wirtschaft.
- Monatliche Kennzahlen zur Wirtschaftsentwicklung . . . W 3
- Marktnoten Januar 1929 . . W 9
- Marktnoten für Februar 1929 . W 13
- Marktnoten für März 1929 . . W 17
- Marktnoten für April 1929 . . W 21
- Marktnoten für Mai 1929 . . W 26
- Marktnoten für Juni 1929 . . W 30
- Marktnoten für Juli 1929 . . W 35
- Marktnoten für August 1929 . W 39
- Marktnoten für September 1929 W 43
- Marktnoten für Oktober 1929 W 48
- Marktnoten für November 1929 W 52
- Bilder von einer „Efficiency“-Tagung in Amsterdam. Von *Bader* . . . . . 1
- Vertriebskosten senken . . . 11
- Konjunkturlehre Von *L. Stephinger* . . . . . W 11
- Bedeutung der Marktanalyse und Absatzschätzung für die Fabrikation. Von *Schulz-Mehrin* . . . . . 23*
- Standort, Frachten und Wettbewerb . . . . . 23*
- Schrifttum für den Vertrieb . 23*
- Der Einheitspreisladen als Anreiz zur Massenfertigung. Von *E. Neuberg* . . . . . 30
- Reklame. Auf der Reklameschau. Industrielle Reklame 31
- Ingenieuraufgaben im Überseehandel . . . . . 38
- Probleme der Absatzfinanzierung. Von *E. Tuchmann* . . W 43
- Der Mensch im Vertrieb. Ein Beitrag zur Entwicklung der Vertriebslehre. Von *I. A. Bader* . . . . . 51
- Vertrieb, Einkauf und Normung. Von *P. Grodzinski* . 51
- Die Absatzfinanzierung einer Schnellwaagenfabrik. Von *O. R. Schnutenhaus* . . . . . 51
- Werbenormen. Von *Porstmann* 51
- Wirtschaftliche Grenzgebiete der Betriebsführung . . . . 51

**Wärme- und Kraftwirtschaft** s. a. Ausland, Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft, Geschichtliches, Heimtechnik, Holz und Holzverarbeitung, Kraftmaschinen, Land- und Forstwirtschaft, Wirtschaft.
- Wirtschaftliche Kartoffeltrocknung . . . . . 2
- Das neue Kesselhaus der städtischen Elektrizitätswerke Dresden . . . . . 8*
- Wirtschaftliche Kartoffeltrocknung. Von *Rosin* . . . . 8*
- Eine Tagung über Hochdruckdampf. Von *Heller* . . . . 9

Nr.

**Wärme- und Kraftwirtschaft.**
- Maschinen und Geräte für Kraft und Wärme. Von *Heller* 10
- Vom Bau des ersten Groß-Kraftwerks mit Ruhrsspeichern 15*
- Neuere Dampfkesselforschungen. Von *Heller* . . . . 20
- Wärmewirtschaft in der Zellstoffindustrie . . . . . 24
- Ein halbes Jahrhundert Kältetechnik. Von *Linde* . . . . 25
- Das Holz in der Wärmewirtschaft . . . . . 26
- Prüfung von Wärme- und Kälteschutzanlagen . . . . 27
- Fortschritte der Rostfeuerungen . . . . . 30
- Ernährungsproblem und Energieproblem. Von *zur Nedden* 38
- Ein neuer Dampferzeuger. Von *E. Practorius* . . . . . 41*
- Fortschritte der Dampferzeugung in England. Von *D. Brownlie* . . . . . 42
- Die Gewährleistungen bei Wärme- und Kälteschutzanlagen . . . . . 48
- Feuerungsfragen . . . . . 50

**Wasserbau und Wasserwirtschaft** s. a. Ausland, Ingenieurvereine und -tagungen, Land- und Forstwirtschaft, Technische Physik und Chemie, Wirtschaft.
- Die Wasserversorgung der Städte. Von *Kühne* . . . 16*
- Füllung des Werkkanals am Shannon . . . . . 32*
- Nutzung der Wasserschätze. Rückblick auf die Teilsitzung der Weltkraftkonferenz in Barcelona. Von *C. Matschoß* . . 32
- Besichtigungen in Spanien. Von *Bree* . . . . . 32*
- Ausbau der Vorarlberger Illwerke . . . . . 33
- Schwedens Wasserkraftwirtschaft . . . . . 34
- Verlegung der Havelmündung 45
- Die Rheinregulierung Basel-Straßburg . . . . . 49
- Leistungsversuche an den Shannon-Turbinen . . . . 49*

**Weltkraftkonferenz** s. a. Brennstoffe, Wasserbau- und Wasserwirtschaft.
- Amerika rüstet zur Zweiten Weltkraftkonferenz . . . . 32*
- Japanischer Zeppelingruß zur Weltkraftkonferenz . . . . 38
- Deutschland und der Weltingenieurkongreß in Tokio . . . 40
- Auf der Reise zum Weltingenieurkongreß . . . . . 43*
- Weltkraft . . . . . 45*
- Der Reichspräsident Ehrenprotektor der Zweiten Weltkraftkonferenz . . . . . 46
- Fortschritte der Dampfturbinen für hohe Drücke . . . 47

**Wirtschaft.**
**Allgemeines** s. a. Ausland, Bau- und Werkstoffe, Normung und Vereinheitlichung, Rechts-, Patent- und Steuerfragen, Vertriebstechnik und Marktanalyse.
- Das Budget im Industriegebiet. Von *Kroner* . . . . . W 1
- Die deutsche Bauwirtschaft an der Jahreswende 1928/29 . . W 5
- Der deutsche Außenhandel 1928 . . . . . W 6
- Vertretungen im Auslande . W 11
- Die Wirtschaftslage im Auslande . . . . . W 12

Nr.

Wirtschaft.
— Die Notlage der Industrie im besetzten Gebiet . . . . . W 15
— Auslandsindustrien in Deutschland . . . . . W 16
— Die deutschen Reparationspläne . . . . . W 17
— Amerikanische und deutsche Wirtschaftsauffassungen. Von *Poensgen* . . . . . 17
— Weltenergiestatistik. Von *zur Nedden* . . . . . 18
— Die Einnahmen im Reichshaushalt . . . . . W 18
— Die Stellung der Reichspost im deutschen Wirtschaftsleben. Von *Cremer* . . . . . W 18
— Deutschland und die spanische Handelsvertragspolitik . W 19
— Die Arbeitslosigkeit in Deutschland . . . . . W 20
— Aufbau der deutschen Zahlungsbilanz . . . . . W 23
— Die Wirtschaftslage des Auslandes . . . . . W 24
— Die Wirtschaftslage in der Tschechoslowakei. Von *W. Speiser* . . . . . W 27
— Die Lage an den Rohgummimärkten . . . . . W 28
— Die Rheinisch-Westfälische Wirtschaft zum Young-Plan . W 29
— Die Wirtschaftslage im Juni 1929 . . . . . W 30
— Ferngaskampf — Ferngasfrieden? . . . . . W 33
— Die Wirtschaftsentwicklung Rumäniens. Von *E. Hurwicz* . W 34
— Deutsche Technik und Industrie in Sowjet-Rußland. Von *Dettmar* . . . . . 34
— Die Wirtschaft des Auslandes Mitte 1929 . . . . . W 36
— Die Bestrebungen des Europäischen Zollvereins. Von *C. Piorkowski* . . . . . W 36
— Grünland — Futtersilo — Handelsbilanz! Von *F. Brauer* . . W 37
— Unkosten- und Kreditverhältnisse im deutschen Großhandel W 37
— Der Reichsverband der Deutschen Industrie 1919/1929. Von *L. Kastl* . . . . . 38
— Hamburgs Handel und Schifffahrt 1928 . . . . . W 38
— Das ununterbrochene Arbeitsjahr in Sowjetrußland. Von *Saller* . . . . . W 41
— Diktatoren unter der Diktatur der Wirtschaft. Von *R. Kaysenbrecht* . . . . . W 42
— Die Saarwirtschaft. Von *O. Rixecker* . . . . . W 47
— Niedergang der Weltkonjunktur W 50

Bergbau- und Hüttenwesen.
— Die deutsche Kali-Industrie im Jahre 1928 . . . . . W 4
— Die Eisen schaffende Industrie im Jahre 1928 . . . . . 7*
— Die Erdölindustrie der Welt im vierten Vierteljahr 1928. Von *W. Mautner* . . . . . W 7
— Die Erdölindustrie der Welt im ersten Vierteljahr 1929. Von *W. Mautner* . . . . . W 19
— Der Welthandel mit Manganerzen . . . . . W 22
— Die deutsche Eisen- und Stahlindustrie auf dem Weltmarkt . W 25
— Die deutsche Braunkohle 1928/29 . . . . . W 25
— Die Welterdölpolitik im zweiten Viertel 1929. Von *W. Mautner* . . . . . W 29
— Die Erdölwirtschaft der Welt im zweiten Viertel 1929. Von *W. Mautner* . . . . . W 34

Nr.

Wirtschaft.
— Die Nichteisenmetalle in der Weltwirtschaft. Von *A. Marcus* 36
— Die Erzeugung an Nichteisenmetallen . . . . . W 41
— Die Welterdölpolitik im dritten Viertel 1929. Von *W. Mautner* W 45
— Geheimrat Klöckner zur Kohlenlage . . . . . W 46
— Der österreichische Bergbau . W 49
— Die Erdölwirtschaft der Welt im dritten Viertel 1929. Von *W. Mautner* . . . . . W 50
— Die Verbraucher der Ruhrkohle . . . . . 50
— Die englische Zinnpolitik. Von *A. Marcus* . . . . . W 51

Metallbearbeitung, Maschinenbau und Elektrotechnik, s. a. Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft.
— Aus der Drahtseilindustrie . W 4
— Kupfer und Aluminium im amerikanischen Automobilbau. Von *A. Marcus* . . . . W 8
— Automobilbau und Lokomotivindustrie. Von *H. Löffler* . . W 10
— Die deutsche Maschinenindustrie im Jahre 1928 . . . . W 19
— Die Zusammenschlüsse in der deutschen Kugellagerindustrie W 22
— Fortschreitender Auslesevorgang im deutschen Schiffbau . W 23
— Der deutsche Schreibmaschinen-Außenhandel . . . . . W 24
— Ausfuhrförderung, die Aufgabe der Maschinenindustrie . . . W 24
— Der deutsche Außenhandel in Maschinen . . . . . W 25
— Elektrizität in Japan . . . W 32
— Deutsche Maschinen in China . W 38
— Wandlungen der Metallwirtschaft. Von *A. Marcus* . . . W 42
— Deutsche Maschinen nach Osteuropa . . . . . W 45

Sonstige Industrien s. a. Ausland.
— Die Zementindustrie 1928 . . W 5
— Die deutsche Klavierindustrie W 10
— Die wirtschaftliche Lage der deutschen optischen Industrie. Von *S. Boelcke* . . . . . W 12
— Aus der nordischen Papierstoff- und Papierindustrie . . W 14
— Die deutsche Seidenindustrie . W 15
— Vertrustung in der deutschen Zigarettenindustrie . . . . W 16
— Aus der Baumwollindustrie . W 22
— Das Holzgewerbe als Quelle von Arbeit und Kapital. Von *Reinhold* . . . . . 22*
— Der Wettbewerb des Holzes . 22
— Standort und Absatzfragen der Sägewerkindustrie . . . . . 22*
— Die Entwicklung der französischen chemischen Industrie im Jahre 1928 . . . . . W 30
— Die Entwicklung der kanadischen verarbeitenden Industrien . . . . . W 41
— Um die Verlängerung des Drahtseilverbandes . . . . W 46
— Die wirtschaftliche Bedeutung der deutschen Teerindustrie . W 49

Geldmarkt und Börse. In jedem Heft ein Bericht über „Geldmarkt und Börse"; außerdem:
— Geldmarkt und Börse im Jahre 1928 . . . . . W 1
— Das Kreditgeschäft der deutschen Großbanken im Jahre 1928 . . . . . W 14
— Auslandgeld oder Selbstfinanzierung . . . . . W 47

## Graphische Darstellungen in der Beilage „Wirtschaft"

Nr
— Personen- und Lastkraftwagenherstellung der Welt . . . 1
— Kraftwagenherstellung in Deutschland . . . . . 1
— Deutsche und englische Kohlenförderung . . . . . 2
— Englische Kohlenausfuhr 1928 2
— Deutsche und französische Kohlentarife . . . . . 4
— Frachtkosten für Kohlen . . 4
— Metallpreise an der Berliner Börse 1928 . . . . . 5
— Umsätze an der Berliner Metall-Terminbörse 1928 . . . 5
— Die Produktion der Vereinigten Stahlwerke A.-G., Düsseldorf . . . . . 6
— Roheisen- und Rohstahlgewinnung in England und Frankreich . . . . . 6
— Die Verteilung der Erdöl-Produktion auf die wichtigsten Länder . . . . . 7
— Die Erdölförderung der wichtigsten Länder Ende 1928 . . 7
— Die Kupfergewinnung der Welt . . . . . 8
— Die schwedische Erz- und Eisenwirtschaft . . . . . 8
— Kohlenbergbau in Deutsch- und Polnisch-Oberschlesien . 9
— Deutschlands Eisen-Außenhandel 1928 . . . . . 10
— Produktion und Ausfuhr der Klavierindustrie . . . . . 10
— Deutschlands Kapitalbedarf seit 1927 . . . . . 11
— Die deutsche Erdöleinfuhr . . 11
— Die deutsche Rohkupferversorgung . . . . . 12
— Die deutsche Versorgung mit Kupfererzen . . . . . 12
— Kupferpreissteigerung . . . 13
— Gewicht und Wert der Textilmaschinenausfuhr der wichtigsten Länder . . . . . 14
— Die wichtigsten Kreditoren der D-Banken . . . . . 14
— Produktionswerte der deutschen Textilindustrie . . . 15
— Baumwollernte . . . . . 15
— Rohseideeinfuhr nach Deutschland . . . . . 15
— Der deutsche Außenhandel mit Seidengeweben . . . . . 15
— Einfuhr von Rohtabak nach Deutschland . . . . . 16
— Vierteljährliche Herstellung von Zigarren und Zigaretten in Deutschland . . . . . 16
— Der Auftragsbestand im Seeschiffbau . . . . . 17
— Die Einnahmen aus den wichtigsten Reichssteuern . . . 18
— Überblick über die Einnahmen des Reiches in den Rechnungsjahren 1925/28 . . . . 18
— Geldsätze an der Berliner Börse 18
— Hauptabsatzgebiete der deutschen Maschinenausfuhr 1928 19
— Deutschlands Maschinenausfuhr 1928 nach Fachverbandsgruppen . . . . . 19
— Die Erdölerzeugung der wichtigsten Länder in vH der Gesamterzeugung . . . . . 19
— Die Entwicklung des deutschen Außenhandels . . . . 20
— Die Schwankungen der Arbeitslosigkeit vor und nach dem Kriege in vH der Gewerkschaftsmitglieder . . . 20
— Reichsbankausweis 1927/29 . 20
— Die deutsche Ausfuhr an Wirkereimaschinen . . . . . 21

Graphische Darstellungen. Nr.
— Die deutsche Ausfuhr an Wirkwaren . . . . . 21
— Einfuhr von Baumwollgarnen 22
— Einfuhr von Baumwollgeweben 22
— Monatlicher Güterverkehr der Reichsbahn . . . . . 23
— Monatlicher Schiffsverkehr der deutschen Seehäfen . . . . 23
— Die deutsche Schreibmaschinenausfuhr, jährlich nach den wichtigsten Ländern . . . . 24
— Die deutsche Schreibmaschinenausfuhr, monatlich nach europäischen Ländern . . . 24
— Der deutsche Außenhandel in Schreibmaschinen . . . . . 24
— Die Rentabilität des deutschen Maschinenbaues im Vergleich zu den andern deutschen Industrien . . . . . 25
— Maschinenausfuhr der wichtigsten Länder . . . . . 25
— Kohleförderung im Deutschen Reich 1901 bis 1928 . . . . 25
— Kohle-, Roheisen- und Rohstahlgewinnung im Saargebiet 25
— Mineralölverbrauch der Schweiz 25
— Schiffsverkehr in Ost- und Nordseehäfen . . . . . 26
— Die Wirtschaftslage in der Tschechoslowakei . . . . . 27
— Die deutsche Ein- und Ausfuhr . . . . . 28
— Der Außenhandel mit Eisen und Eisenwaren . . . . . 29
— Der Außenhandel mit Kohlen 29
— Arbeitstägliche Wechselproteste in Deutschland . . . 30
— Zahl der arbeitstäglich neu eröffneten Konkurse und Vergleichsverfahren . . . . . 30
— Benzin- und Gasöleinfuhr nach Deutschland . . . . . 31
— Schwer- und Leuchtöleinfuhr nach Deutschland . . . . . 31
— Flugzeugausfuhr der Vereinigten Staaten . . . . . 31
— Erzeugung und Ausfuhr der deutschen Papierindustrie . . 32

Graphische Darstellungen. Nr.
— Erzeugung und Außenhandel der polnischen Papierindustrie 32
— Pferdebestand der europäischen Länder mit mehr als 0,4 Mill. Stück . . . . . 33
— Rindviehbestand der europäischen Länder mit mehr als 2 Mill. Stück . . . . . 33
— Der Viehbestand im Deutschen Reich . . . . . 33
— Rumänische Erdölgewinnung und -ausfuhr . . . . . 34
— Rumänischer Außenhandel und Großhandelskennzahl . . . 34
— Deutsche Ausfuhr nach Rumänien . . . . . 34
— Deutschlands Eisenerzeugung 35
— Arbeitstägliche Erzeugung elektrischer Energie . . . . 36
— Die Bestimmung des Hamburger Schiffsverkehrs . . . . 37
— Die Herkunft des Hamburger Schiffsverkehrs . . . . . 37
— Arbeitstägliche Neugründungen und Auflösungen von Unternehmungen in Deutschland 37
— Güterverkehr der Stadt Hamburg . . . . . 38
— Der Wettlauf der Nordseehäfen 38
— Die Entwicklung des Schiffsverkehrs in Hamburg seit 1850 38
— Rohstoffverbrauch in der Bereifungsindustrie . . . . . 38
— Die Wirtschaft Hollands . . 40
— Tarifstundenlöhne in einzelnen Industriegruppen . . . 41
— Arbeitslosigkeit in den wichtigsten Gewerbegruppen . . 41
— Metallerzförderung in der Tschechoslowakei . . . . . 41
— Deutsche Kohlen- und Koksgewinnung . . . . . 42
— Ausländische Steinkohlenförderung . . . . . 42
— Der Zinnpreis im Jahre 1929 . 44
— Der Elektrokupferpreis im Jahre 1929 . . . . . 44

Graphische Darstellungen. Nr.
— Hauptunterstützungsempfänger in der Arbeitslosen- und Krisenunterstützung . . . . . 46
— Arbeitslosigkeit in den Arbeiterfachverbänden in vH der Mitglieder . . . . . 46
— Die Entwicklung des Reichsbankstatus . . . . . 47
— Die Hauptabsatzgebiete der Saarkohle . . . . . 47
— Eisen- und Stahlgewinnung im Saargebiet . . . . . 47
— Die Verteilung des Ruhrkohlenabsatzes . . . . . 48
— Der deutsche Außenhandel mit Steinkohle . . . . . 48
— Der österreichische Bergbau . 49
— Stahlwirtschaft und Kraftwagenherstellung in den Ver. Staaten . . . . . 50
— Außenhandel der Ver. Staaten 50
— Erdöl- und Kohlenförderung der Ver. Staaten . . . . . 50
— Einnahmen und Ausgaben des Reiches . . . . . 50
— Steuereingänge . . . . . 50
— Metallpreise . . . . . 51
— Das Haupterzvorkommen Kanadas . . . . . 51
— Amtliche Preiskennzahlen für industrielle Fertigwaren . . 52
— Amtliche Preiskennzahlen für industrielle Rohstoffe . . . 52

## Fachbeilagen

— Holz und seine Verarbeitung 1
— Technik in der Landwirtschaft 7
— Unfallverhütung . . . . . 9
— Gas und Wasser . . . . . 16
— Ausbildung für den Betrieb . 19
— Holz und seine Verarbeitung 22
— Beschaffung und Vertrieb . . 23
— Feld und Wald . . . . . 25
— Das Recht des Handelsgeschäfts 28
— Metallkunde . . . . . 36
— Technisches Literaturblatt . 42
— Technisches Literaturblatt . 45
— Technisches Literaturblatt. Jenseits des Fachs . . . . . 49
— Der Vertriebsingenieur . . . 51

H. S. Hermann G. m. b. H.,
Berlin SW 19

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 73 SONNABEND, 6. JULI 1929 Nr. 27

# 50 Jahre deutscher Aufzugtechnik

*Von Oberregierungsrat Dr.-Ing. M. PAETZOLD. Berlin*

*Nach einem kurzen Rückblick über die Entwicklung der Aufzugwerke in der Zeit des 50jährigen Bestehens der Firma Carl Flohr A.-G., Berlin, werden deren neueste Einrichtungen zur Feineinstellung, Schachtverschlüsse, Fangvorrichtungen, Regler und Fahrtreppen beschrieben.*

Im Jahre 1879 übernahm der Ingenieur *Carl Flohr* durch Kauf eine von *Theodor Lessmann* in Berlin gegründete, in der Großen Frankfurter Straße gelegene Maschinenfabrik, die sich mit der Herstellung von Mühleneinrichtungen befaßte. Die Fabrik beschäftigte bei der Übernahme 25 Arbeiter, eine Dampfmaschine von 10 PS lieferte die Betriebskraft. Zu den Lieferungen der kleinen Fabrik gehörten naturgemäß auch die in Mühlen gebrauchten einfachen Aufzüge. Sie bildeten die Keimzelle für die Entwicklung des jungen Unternehmens. Denn der neue Inhaber der Firma wandte diesem Zweige der Fabrikation mehr und mehr seine ganze Liebe und seine ganze Kraft zu. Und so kam es, daß aus der kleinen Mühlenbaufirma im Lauf der Jahre die angesehene Aufzugfabrik von Weltruf wurde.

## Die Entwicklung des Aufzugwindwerks seit 50 Jahren

Wie aus dem Ursprung des Unternehmens begreiflich ist, waren die ersten von der Firma gelieferten Aufzüge solche für Hand- oder Riemenbetrieb, wie sie in Mühlen zu jener Zeit Verwendung fanden. Erst als sich *Carl Flohr* entschloß, den allgemeinen Aufzugbau besonders zu pflegen, wurden auch Aufzüge mit Druckwasserbetrieb, und zwar zunächst solche mit unmittelbar vom Kolben bewegtem Fahrkorb, später auch solche mit Seilen oder Ketten zur Übertragung der Bewegung vom Kolben auf den Fahrkorb in das Arbeitsgebiet aufgenommen.

Die stürmische Entwicklung der Elektrotechnik im letzten Viertel des vorigen Jahrhunderts regte die Firma sehr bald zu Untersuchungen über die Einführung des elektrischen Antriebs von Aufzügen an, denen im Jahre 1893 die erste Ausführung folgte. Abb. 1 zeigt das Windwerk dieses Aufzuges; ihm ist in Abb. 2 eine der neuesten Bauarten gegenübergestellt, die durch die Hinzufügung des im Vordergrund erkennbaren Hilfsmotors für die Feineinstellung umfangreicher erscheint, als sie wirklich ist. Läßt man die Einrichtung für die Feineinstellung unbeachtet, so erkennt man, daß in der Anordnung der mechanischen Teile des Windwerks zueinander keine wesentliche Änderung eingetreten ist. Wie bei der ersten Ausführung ist auch jetzt noch die Motorwelle durch eine als Bremsscheibe ausgebildete Kupplung mit einer Schneckenwelle verbunden, und das in die Schnecke eingreifende Schneckenrad ist auf der senkrecht zur Motorachse angeordneten Welle des die Bewegung auf die Aufzugteile übertragenden Mittels befestigt. Ein großer Fortschritt springt aber bei der Betrachtung der beiden Abbil-

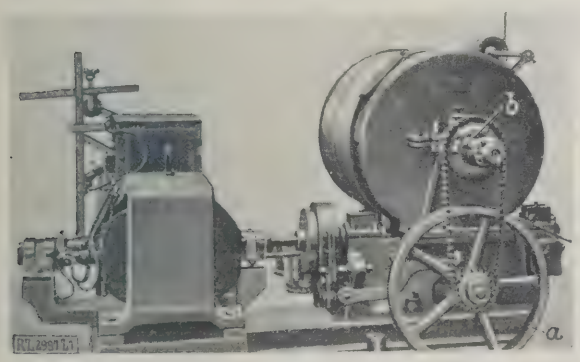



Abb. 1
Aufzugwindwerk mit elektrischem Antrieb aus dem Jahre 1893.
*a* Steuerscheibe *b* Endausrückung

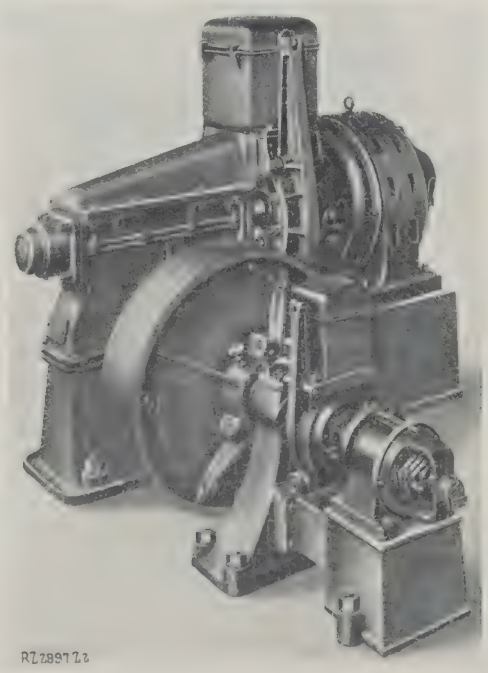


Abb. 2
Neuzeitliches Aufzugwindwerk mit elektrischem Antrieb.

dungen sofort ins Auge; die technische Durchbildung der baulichen Zusammenfassung der zusammengehörigen Bauteile des Windwerkes.

Ein weiterer Fortschritt besteht in der Befreiung des Windwerkes von allen zur Steuerung gehörenden Teilen und seine Beschränkung auf den Motor mit Kupplung und Bremse, das Getriebe und den die Aufzugseile aufnehmenden Bauteil. Die Möglichkeit zu dieser Beschränkung ergab sich erst im Laufe der Jahre aus der Fortbildung der Aufzugsteuerungen. Anfänglich, so auch bei dem Windwerk nach Abb. 1, wurden die bei hydraulischen Aufzügen üblichen Seilsteuerungen benutzt. Durch ein Handrad im Fahrkorbe wurde mittels eines Seilzuges die in Abb. 1 erkennbare Steuerscheibe *a* und die mit ihr verbundene, parallel zur Trommelachse gelagerte Steuerwelle in der einen oder andern Richtung gedreht. Dabei wurde durch mechanische Mittel die Bremse beeinflußt und außerdem der in der Abb. 1 hinter dem Motor sichtbare Anlasser geschaltet. Nach Einführung der elektrischen Steuerung (Druckknopf-, Hebelsteuerung) konnte man von einem gemeinsamen Bewegungsgliede für die Bremse und den Anlasser absehen und deshalb bei elektromagnetischer Steuerung von Anlasser und Bremse den Anlasser getrennt vom Windwerk aufstellen. Auch die in Abb. 1 mit *b* bezeichnete, auf der Welle der Seiltrommel angeordnete, aus Spindel und Mutter bestehende Endausrückung, durch die an den Grenzen des Fahrkorbweges die Steuerwelle in die Nullstellung zurückgeführt wird, ließ sich bei elektrischem Antrieb des Windwerks unschwer von dem Windwerk getrennt anordnen.

## Besondere Einzelheiten des neuzeitlichen Aufzugbaues

Von besonderer Bedeutung ist der Ersatz der früher benutzten Seiltrommeln durch

**Treibscheiben.**

Von der durch diese Maßnahme erzielten Raumersparnis kann man sich leicht eine Vorstellung machen, wenn man bedenkt, daß auf die Seiltrommeln die ganze der Hubhöhe entsprechende Länge des Förderseils oder der Förderseile aufgewickelt werden muß, während eine Treibscheibe, die die an einem Ende mit dem Fahrkorb, am andern Ende mit dem Gegengewicht belasteten Aufzugseile durch Reibung mitnimmt, nur mit so viel Seilrillen versehen zu sein braucht, wie Aufzugseile vorhanden sind. Die Firma Carl Flohr, A.-G., sieht zwar die doppelte Zahl von Seilrillen auf der Treibscheibe vor, weil sie ihnen zur Schonung der Seile den bei Seiltrommeln üblichen halbrunden Querschnitt gibt und deshalb, um den erforderlichen Reibungsschluß zu erreichen, zwischen Treibscheibe und Aufzugseil eine Gegenscheibe anordnen muß, über die die Aufzugseile zur Treibscheibe zurückgeführt werden; aber auch dann ist die Breite der Treibscheibe, da in der Regel nur vier Tragseile verwendet werden, namentlich bei größeren Hubhöhen erheblich geringer als die einer Seiltrommel.

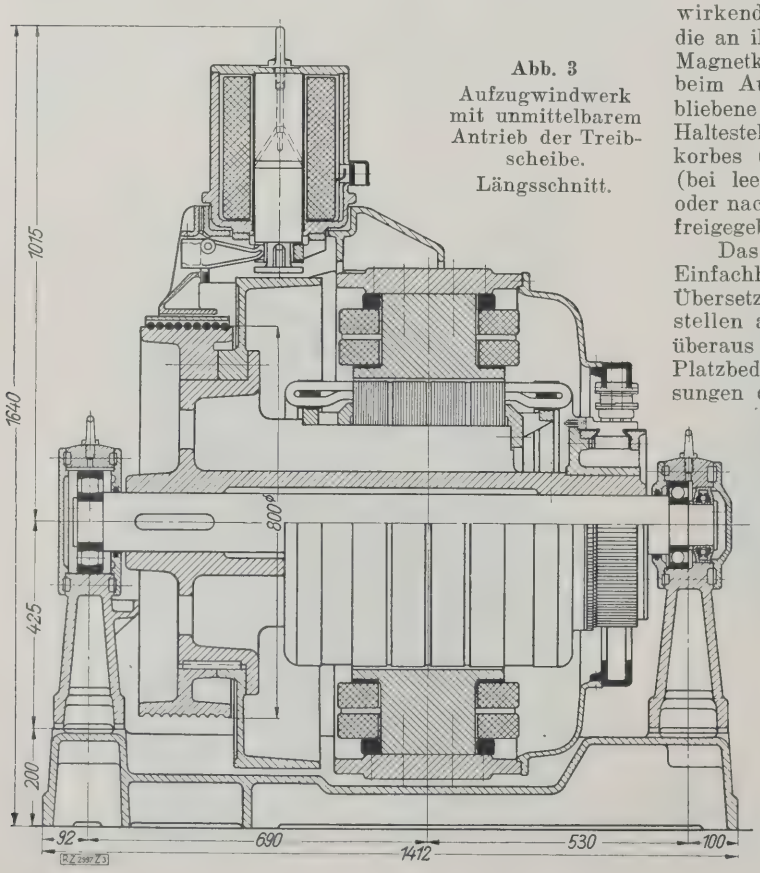



**Abb. 3**
Aufzugwindwerk mit unmittelbarem Antrieb der Treibscheibe.
Längsschnitt.

Auf die Vorteile, die die Treibscheibe hinsichtlich der Herstellung und Lagerhaltung vor der Seiltrommel hat, kann hier nur hingewiesen werden[1]).

Ein Aufzugwindwerk, das auch in der Anordnung wesentlich von den ersten Ausführungen abweicht, zeigt Abb. 3 im Längsschnitt. Es gehört zu dem von Flohr gelieferten Aufzug für den Funkturm Witzleben in Berlin[2]), der wegen der zeitweise sehr regen Benutzung, wegen seiner großen Hubhöhe und der geringen Zahl von Haltestellen (drei) eine im Inlande nur selten auftretende Aufgabe zu lösen hat. Die große Hubhöhe zwischen den Haltestellen begünstigte die Wahl einer hohen Fahrgeschwindigkeit, die auf 2,5 m/s bemessen wurde und eine wesentliche Steigerung der Leistungsfähigkeit der Aufzuganlage ermöglichte.

Das Windwerk ist im Kopf des Funkturms aufgestellt und besteht aus einem Gleichstrommotor von 20 PS, der eine Treibscheibe von 800 mm Dmr. unmittelbar, d. h. unter Weglassung des sonst üblichen Zwischengetriebes, mit 60 U/min antreibt. Der Kommutator, der Anker, die Bremsscheibe und die Treibscheibe sind auf einer langen Nabe angeordnet, die von der durchgehenden Motorwelle getragen wird. Die Backenbremse ist so bemessen, daß zum Festhalten der Last die Wirkung einer Bremsbacke genügt. So ist es möglich, das Auswechseln einer Bremsbacke unter Last vorzunehmen. Die durch den Bremsmagneten gesteuerte Bremse kann man auch mit der Hand lüften. Hierzu dient ein auf den Kern des Bremsmagneten wirkender Hebel, der nach Einschieben einer Stange in die an ihm angebrachte Tasche bewegt werden und so den Magnetkern anheben kann. Auf diese Weise kann der beim Ausbleiben des Stromes im Fahrschacht stehengebliebene Fahrkorb ohne Schwierigkeit bis zur nächsten Haltestelle bewegt werden. Das Übergewicht des Fahrkorbes (bei besetztem Fahrkorb) oder des Gegengewichts (bei leerem Fahrkorb) zieht den Fahrkorb nach unten oder nach oben, bis der Kern des Bremslüftmagneten wieder freigegeben wird und die Bremse einfällt.

Das Windwerk nach Abb. 3 zeigt eine bestechende Einfachheit. Durch den Wegfall der Kupplung und des Übersetzungsgetriebes und die Beschränkung der Lagerstellen auf die geringst mögliche Zahl ist außerdem ein überaus gedrängter Zusammenbau erreicht, so daß der Platzbedarf des Windwerkes trotz der größeren Abmessungen des mit verhältnismäßig geringer Umdrehungszahl laufenden Motors klein ist. Leider ist die Anwendung eines solchen Windwerkes aus wirtschaftlichen Gründen nur bei Aufzügen mit hohen Fahrgeschwindgkeiten möglich.

**Feineinstellung**

Wie aus dem zu Abb. 1 Gesagten hervorgeht, begnügte man sich bei den ersten Ausführungen elektrisch betriebener Aufzüge mit einem Anlasser zur Steuerung des Antriebmotors. Eine solche Steuerung gewährt aus verschiedenen Gründen keine Sicherheit für das genaue Halten des Fahrkorbes an der Haltestelle. Diese Schwierigkeiten wurden noch erhöht, als man im Laufe der Zeit höhere Fahrgeschwindigkeiten wählte. Durch Einführung einer Geschwindigkeitsregelung

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 69 (1925) S. 1306.
[2]) Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 399.

konnte man die Ungenauigkeit im Halten allerdings verringern; beseitigt wurde sie erst, als man im letzten Jahrzehnt dazu überging, den nicht genau eingefahrenen Fahrkorb durch einen Hilfsantrieb mit geringer Geschwindigkeit selbsttätig so weit zu bewegen, bis er bündig mit dem Fußboden der Haltestelle steht. Dazu war also nötig, dem normalen Windwerk einen Hilfsmotor anzufügen, der die Treibscheibe oder Seiltrommel mit einer gewissen Geschwindigkeit bewegen kann, während des Arbeitens des Hauptantriebsmotors aber abgekuppelt ist[3]).

Die Firma Flohr hat zwei Arten von Windwerken ausgebildet, die diesen Anforderungen entsprechen. Bei der einen in Abb. 4 dargestellten Art ist das Hauptwindwerk von beliebiger Bauart, und der Hilfsmotor für die Feineinstellung, der mit seinem Übersetzungsgetriebe zusammengebaut ist, wird durch eine Kupplung *g* mit dem verlängerten Motor- oder Schneckenwellenstumpf verbunden. Deshalb eignet sich diese Bauart besonders für die Umänderung bestehender Windwerke in solche mit Feineinstellung. Der Hilfsmotor *a* ist mit einem verschiebbaren Anker versehen. Erhält der Motor *a* Strom, so wird der Anker mit seiner Welle nach rechts bewegt und rückt über das Hebelwerk *c*, *d* die Kegelreibkupplung *f* unter Überwindung des Drucks der Feder *e* ein. Die Drehbewegung des Motorankers wird nunmehr über das Übersetzungsgetriebe *b* und die Kupplungen *f* und *g* auf die Welle des Hauptmotors oder die Schneckenwelle übertragen. Wird der Hilfsmotor stromlos, so bewirkt die Feder *e* die Rückführung seines Ankers und das Ausrücken der Kupplung *f*.

Wesentlich anders ist die zweite Art eines Windwerkes mit Feineinstellung nach Abb. 5. Hier ist das von der Schneckenwelle *a* des Hauptmotors angetriebene Schneckenrad *b* nicht mit der Treibscheibe *c*, sondern mit einem innerhalb der Treibscheibe angeordneten Getriebegehäuse *d* fest verbunden. Das Getriebegehäuse umschließt zwei um 180° gegeneinander versetzte Schneckenräder *e*, die über in der Zeichnung nicht sichtbare Zahnräder und Kegelräder den an der Treibscheibe *c* befestigten Zahnkranz *f* antreiben. Die Treibscheibe ist durch Seitenflansche auf dem zu einer Hohlwelle *g* ausgestalteten Getriebegehäuse *d* drehbar gelagert. In dieser Hohlwelle ist die mit dem Motor *h* für die Feineinstellung kuppelbare Schneckenwelle *k* angeordnet, die ihre Bewegung auf die Getriebeschneckenräder *e* überträgt. Der Motor *h* für die Feineinstellung ist auch hier mit einem verschiebbaren Anker ausgerüstet, der nach Einschaltung des Stromes bei seiner Bewegung nach rechts die Kupplung zwischen der Motorwelle und der Schneckenwelle *k* gegen die Wirkung der Feder *l* einrückt. Nach Abschaltung des Motors *h* wird sein Anker durch die Feder *l* in seine anfängliche Lage zurückgeführt, wobei die Kupplungshälften gelöst und zwei Bremsscheiben aneinandergepreßt werden. Der am Motor angebaute Elektromagnet erhält zugleich mit dem Motor *h* Strom und unterstützt die Verschiebung des Ankers nach rechts.

Beim Arbeiten des Hauptmotors wird die Bewegung durch das Schneckenrad *b*, das Getriebegehäuse *d* und das in diesem angeordnete feststehende Getriebe auf die Treibscheibe *c* übertragen. Wird der Motor *h* für die Feineinstellung eingeschaltet, so werden die Getriebeschneckenräder in Umdrehung versetzt und leiten ihre Bewegung über Stirnräder und Kegelräder der Treibscheibe zu, die infolgedessen eine Drehung gegenüber dem Getriebegehäuse erfährt.

Besondere Aufmerksamkeit wurde im Aufzugbau immer der Ausbildung der

**Schachttürverschlüsse**

zugewandt, da durch ihre mangelhafte Wirkung schwere Unglücksfälle herbeigeführt werden können. Die ursprünglich sehr einfachen Verschlüsse wurden mit dem Fortschreiten der Erkenntnisse der Gefahrquellen und

[3]) Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 1166.

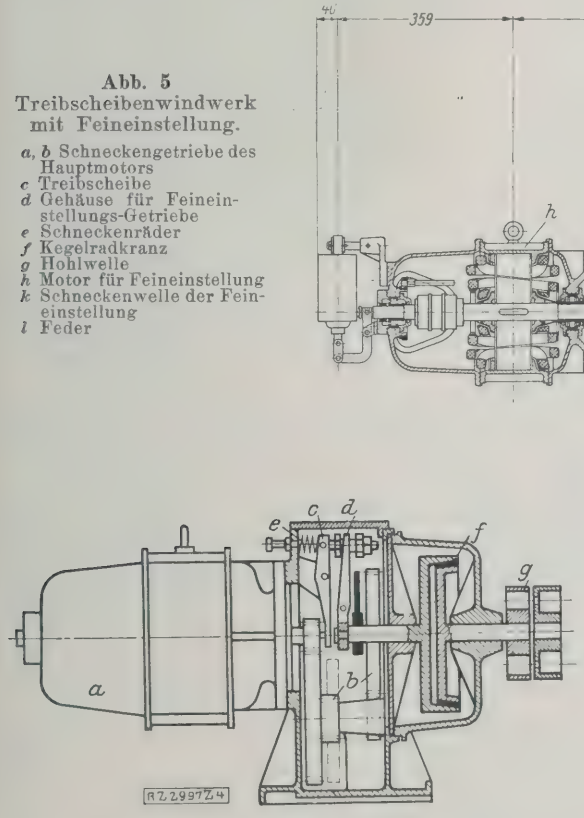



Abb. 4
Motor mit Getriebe für Feineinstellung.

*a* Motor für Feineinstellung
*b* Übersetzungsgetriebe
*c*, *d* Hebelwerk
*e* Feder
*f* Kegelreibkupplung (ausrückbar)
*g* starre Kupplung

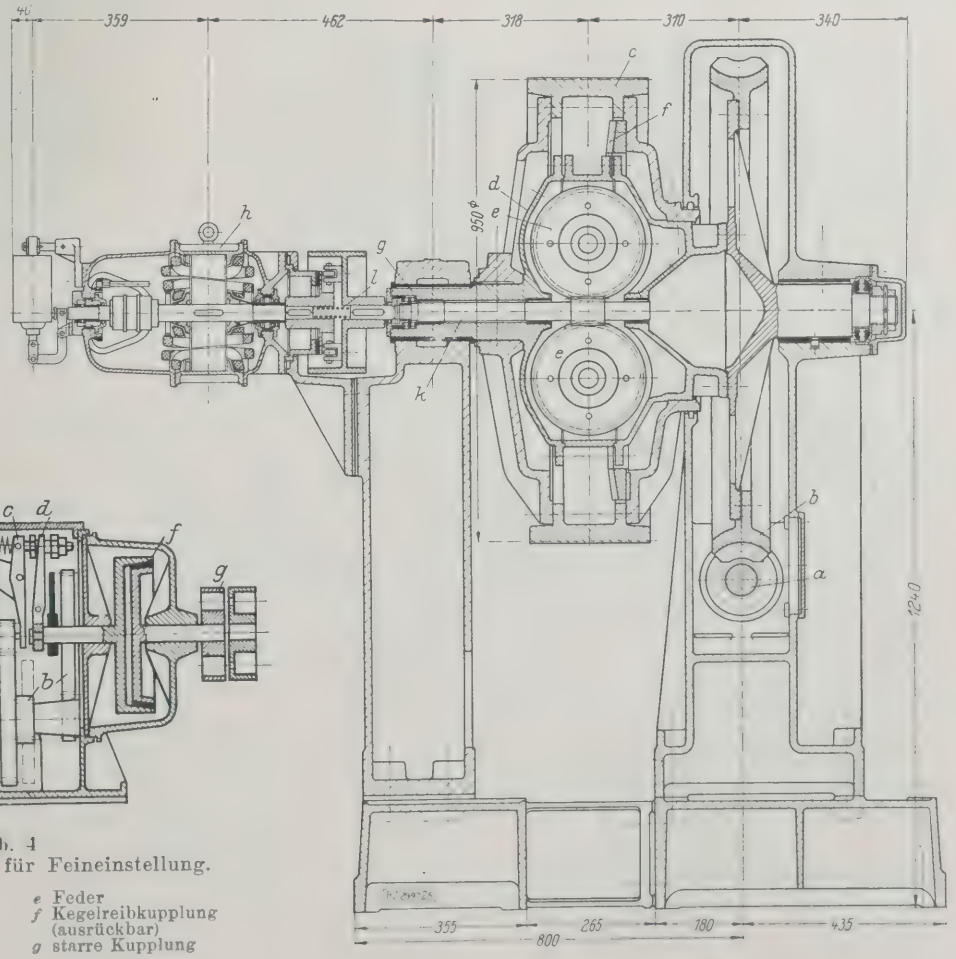



Abb. 5
Treibscheibenwindwerk mit Feineinstellung.

*a*, *b* Schneckengetriebe des Hauptmotors
*c* Treibscheibe
*d* Gehäuse für Feineinstellungs-Getriebe
*e* Schneckenräder
*f* Kegelradkranz
*g* Hohlwelle
*h* Motor für Feineinstellung
*k* Schneckenwelle der Feineinstellung
*l* Feder

der infolgedessen verschärften behördlichen Vorschriften immer verwickelter, so daß ihre Vielteiligkeit selbst wieder neue Gefahren heraufbeschwor. Deshalb wird in neuerer Zeit Wert darauf gelegt, durch möglichst einfache Mittel die Aufgaben der Türverschlüsse zu erfüllen.

Für Aufzüge mit Führerbegleitung ist der Schachttürverschluß nach Abb. 6 bis 8 geeignet. Auf der Schachtseite jeder Schachttür ist an der Türzarge ein Handhebel *a* drehbar angeordnet, der am oberen Ende mit dem Nocken *c* und der Sperrstange *d* verbunden ist. Bei verschlossener Tür befindet sich der Handhebel mit Nocken und Sperrstange in der Abb. 6 dargestellten Lage, der in dem Gehäuse *e* eingeschlossene Steuerkontakt ist von dem Nocken *c* freigegeben und geschlossen, und die Sperrstange verriegelt den an dem zuletzt schließenden Türflügel befindlichen Verschluß *v*. Wird der Fahrkorb vor einer so verschlossenen Tür angehalten, so muß der Führer vor dem Öffnen der Tür das untere Ende des Hebels *a* nach rechts drehen. Dies kann nur geschehen, wenn der Ausschnitt *h* in einer am Fahrkorb befestigten Auflaufschiene der am oberen Teil des Handhebels befestigten Rolle *b* gegenübersteht. Wird die Anordnung so getroffen, daß der Ausschnitt *h* nur dann der Rolle *b* gegenüberliegt, wenn der Fußboden des Fahrkorbes in gleicher Höhe mit dem der Haltestelle steht, so wird eine vorzeitige Einwirkung auf den Handhebel verhindert. Bei der Bewegung des Handhebels in die in Abb. 6 gezeigte Lage wird der Steuerkontakt im Gehäuse *e* durch den Nocken *c* unterbrochen und die Verriegelung des Verschlusses *v* durch die Sperrstange *d* aufgehoben. Um ein Schließen des Steuerkontaktes bei geöffneter Tür zu verhindern, hat man auf der Außenseite über der Tür eine über den oberen Türrand greifende schwingende Leiste *i* angeordnet, deren rückwärtiger Ansatz *k* schon bei geringer Öffnung eines Türflügels hinter den in seiner linken Endlage befindlichen Nocken *c* greift und dessen Verschiebung nach rechts verhindert.

**Abb. 6 bis 8**
Handhebelverschluß für Schachttüren.

*a* Handhebel
*b* Rolle
*c* Nocken
*d* Sperrstange
*e* Steuergehäuse
*g* Schiene am Fahrkorb
*h* Einschnitt
*i* Schwingleiste
*k* Ansatz an der Schwingleiste
*v* Verschluß

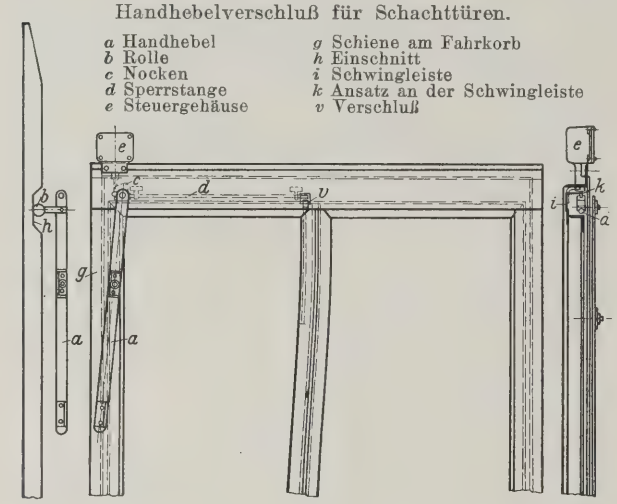


*Abb. 8* *Abb. 6* *Abb. 7*

Abb. 9 bis 11 zeigen einen Schachttürverschluß für Aufzüge ohne Führerbegleitung, der sich durch seine gedrängte Bauart auszeichnet. Zum Öffnen der Schachttür muß der federnd vorgedrückte Riegel *r* in das Gehäuse *a* zurückgeschoben werden. Um eine unzeitige Bewegung des Riegels *r* zu verhindern, hat man hinter ihm zwei drehbare Sperrscheiben *c*, *d* angeordnet, die an ihrem Umfang mit je einem Einschnitt versehen sind. Die Sperrscheibe *c* ist mit der Nabe *e* verbunden, deren Arm *f* an ein elektromagnetisch bewegtes Gestänge angeschlossen ist. Die Sperrscheibe *d* ist an der Nabe *g* befestigt, die auf der Nabe *e* drehbar angeordnet und mit dieser durch die Feder *h* verbunden ist. Auf der Nabe *g* sitzt der mit einer Gleitrolle versehene Arm *i*, der mit einer Gleitschiene am Fahrkorb zusammenwirkt. Bei der durch die Feder *h* gegebenen Stellung der Sperrscheiben *c* und *d* zueinander sind deren Einschnitte gegeneinander versetzt; der Einschnitt in der Scheibe *c* steht bei unwirksamem Elektromagneten dem Riegel *r* gegenüber. Wird der Aufzug in Betrieb gesetzt, so wird der Arm *f* durch das elektromagnetisch bewegte Gestänge so bewegt, daß nicht nur der Einschnitt der Scheibe *c*, sondern auch der der Scheibe *d* an dem Riegel *r* vorbeigedreht wird; der Riegel ist dann also

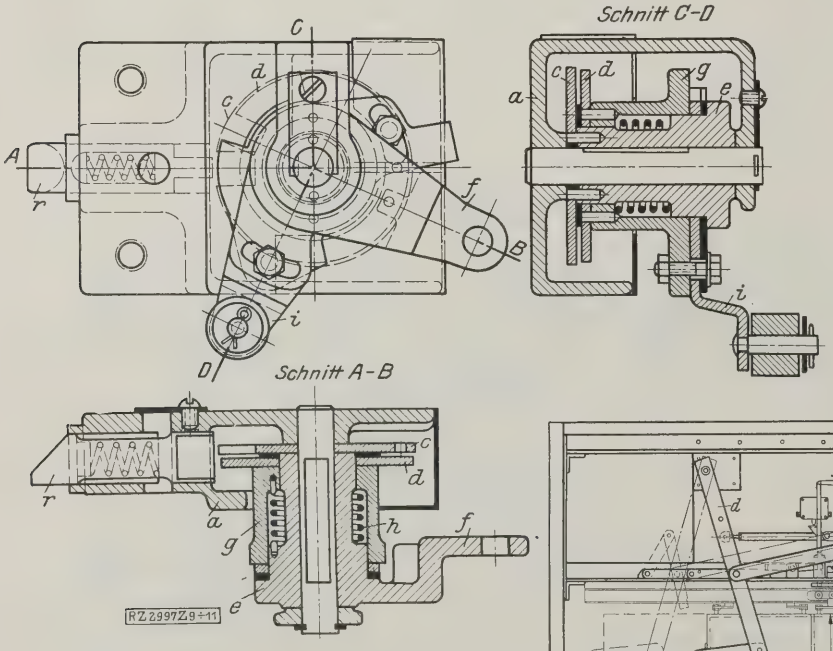



**Abb. 9 bis 11**
Schachttürverschluß für Aufzüge ohne Führerbegleitung.

*a* Gehäuse
*c*, *d* Sperrscheiben
*e*, *g* Naben
*f* Arm der Nabe *e*
*i* Arm der Nabe *g*
*h* Feder
*r* Riegel

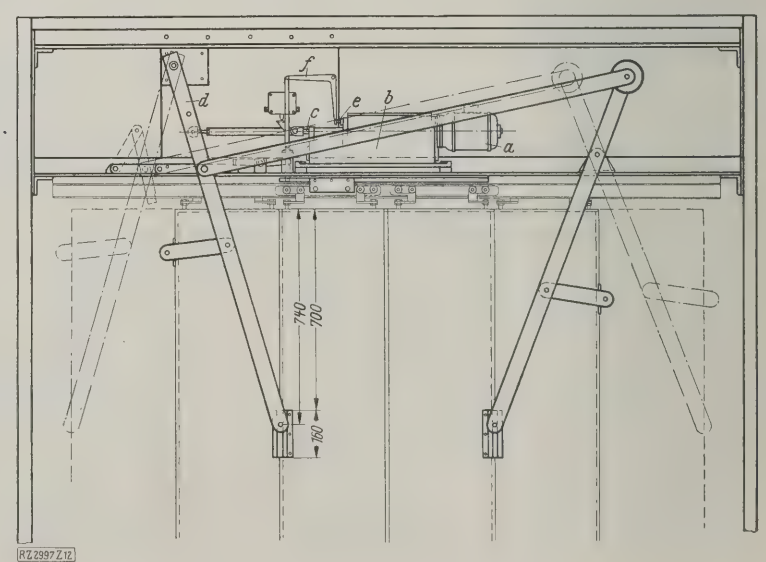



**Abb. 12**
Schachttürbewegungsmaschine.

*a* Elektromotor
*b* Gehäuse
*c* Kolbenstange
*d* Türgestänge
*e* Kolbenstange
*f* Riegelgestänge

durch beide Sperrscheiben in der Verschlußlage gesichert. Wird der Antriebstrom abgeschaltet, so kehrt der Hebel *f* mit der Sperrscheibe *c* und an allen Türen, vor denen der Fahrkorb nicht hält, auch die Sperrscheibe *d* in die Ursprungslage zurück, in der der Riegel *r* nur durch die Scheibe *d* gesperrt ist. An der Tür aber, hinter der der Fahrkorb zum Stillstand kommt, wird der Arm *i* durch eine Gleitschiene am Fahrkorb festgehalten, die Scheibe *d* kann daher der Bewegung der Scheibe *c* nur so weit folgen, bis ihr Einschnitt dem Riegel *r* gegenübersteht. Die Sperrung des Riegels *r* ist damit aufgehoben.

Dieser Verschluß paßt sich leicht an verschiedene örtliche Verhältnisse an. Ohne wesentliche Veränderungen und nur durch Vertauschung der gegenseitigen Anordnung einzelner Teile läßt sich die Verwendung des Verschlusses bei sehr verschiedener Lage der für sein Arbeiten maßgebenden Teile zueinander erreichen.

Eine Einrichtung, die sich in den letzten Jahren mehr und mehr einzuführen beginnt, hat im Laufe der hier betrachteten Entwicklungszeit keinen Vorgänger: die maschinelle Schließ- und Öffnungsvorrichtung für die Schachttüren. Erst die immer größer werdenden Abmessungen der Schachttüren zwangen dazu, die Öffnungs- und Schließarbeit dem Aufzugführer abzunehmen und durch eine Maschine ausführen zu lassen. Die Firma Flohr hat verschiedene Bauarten solcher Türbewegungsvorrichtungen entworfen. Die in Abb. 12 gezeigte stellt eine Vereinigung von elektrischem und Druckluftantrieb dar. Der Elektromotor *a* treibt eine in dem Gehäuse *b* eingeschlossene Zahnradpumpe, die je nach ihrer Drehrichtung die Betriebsflüssigkeit (Öl) dem einen oder dem andern Ende eines in dem Gehäuse *b* eingeschlossenen Zylinders zuführt. Die Druckflüssigkeit bewegt dabei einen im Zylinder eingeschlossenen Kolben und dessen Bewegung wird durch die Kolbenstange *c* und ihre Verlängerung auf das Türbewegungsgestänge *d* übertragen. Über der Kolbenstange *c* tritt eine zweite Kolbenstange *e* aus dem Gehäuse *b* heraus. Sie wird durch die Druckflüssigkeit zuerst bewegt und zieht mittels des Gestänges *f* eine Türsicherung zurück, bevor die Schachttürbewegung beginnt.

Auch dem Bau von

**Fangvorrichtungen,**

einem alten, aber schwer zu meisternden Teilgebiet des Aufzugbaus, hat die Firma Flohr immer rege Beachtung geschenkt. Die von ihr zuerst gebauten Fangvorrichtungen gehörten, wie das bei den damals vorhandenen Fahrgeschwindigkeiten erklärlich ist, zu den plötzlich wirkenden und bedienten sich des Exzenters oder des Keiles als Klemmmittel. Auch heute noch werden von der Firma Flohr bei Aufzügen mit geringer Fahrgeschwindigkeit Keilfangvorrichtungen angewandt. Bei ihnen verhütet man das Gleiten des Keils an den eisernen Führungsschienen durch Zähne, die auf seiner Gleitfläche vereinzelt angebracht sind, oder man gibt dem Klemmkörper die Gestalt einer Rolle, die in einem keilförmigen, auf der einen Seite von der Führungsschiene begrenzten Gehäuse bewegt wird.

Überschreitet die Fahrgeschwindigkeit eines Aufzuges 85 cm/s, so ergeben mit Klemmgesperren arbeitende Fangvorrichtungen unzulässig große Verzögerungen. Man muß daher Bremsfangvorrichtungen benutzen, die den Fahrkorb nicht plötzlich, sondern erst nach einer gewissen Wegstrecke zum Stillstand bringen. Eine diesen Anforderungen genügende Fangvorrichtung von Flohr zeigen Abb. 13 bis 15.

Von der Treibscheibe des Windwerkes sind die Laststeile in üblicher Weise einerseits zum Fahrkorb, anderseits zum Gegengewicht geführt. Außerdem ist aber zwischen dem Fahrkorb und dem Gegengewicht eine unmittelbare Verbindung durch ein Seil hergestellt, das mit dem einen Ende am Gegengewicht, mit dem andern Ende an einer im oberen Teil des Fahrkorbrahmens angeordneten Trommel *a* nach deren Umschlingung befestigt ist.

Die Trommel *a* ist lose drehbar gelagert und trägt ein Sperrad, in das zwei Sperrklinken greifen, wodurch eine Vorspannung im Fangseil und eine Sperrung der Fangvorrichtung in ihrer wirksamen Lage erreicht wird. Die Trommel *a* umschließt eine Bronzehülse, die in ihrer

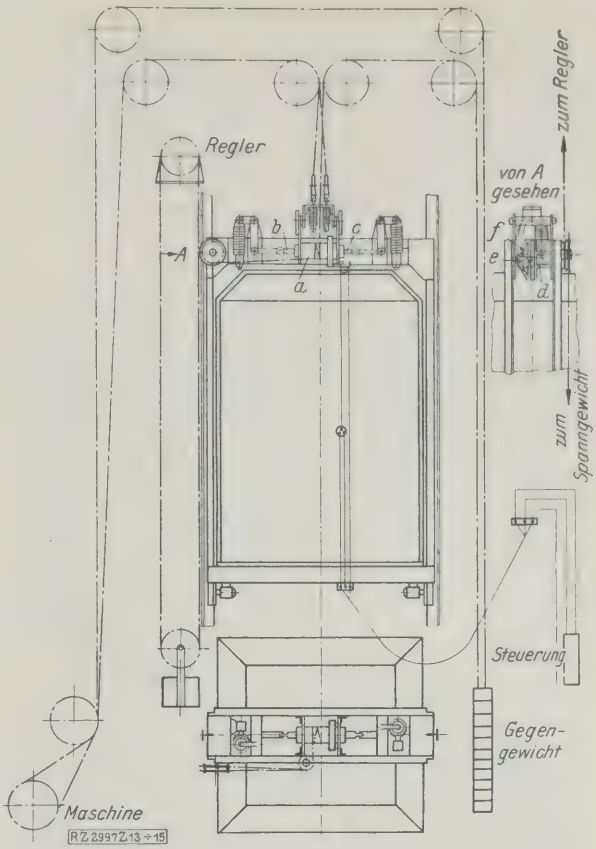



**Abb. 13 bis 15.** Bremsfangvorrichtung für Aufzüge.
*a* Trommel *b, c* Schraubenspindeln *d* Gabelhebel *e* Welle *f* Bremsbacke

Längsrichtung leicht verschiebbar angeordnet ist und ein Innengewinde hat, das zur Hälfte als Rechts-, zur Hälfte als Linksgewinde ausgebildet ist. In diese Gewinde greifen die beiden Spindeln *b* und *c*, deren äußere Enden mit dem langen Schenkel je eines Winkelhebels verbunden sind. Die kurzen Schenkel dieser Winkelhebel wirken über eine elastische Zwischenlage auf die gabelförmigen Hebel *d* der Wellen *e*, die mittels der exzentrischen Zapfen die Bremsbacken *f* tragen.

Reißen die Tragseile, so wird das Gewicht des Fahrkorbs von dem die Verbindung zwischen Gegengewicht und Fahrkorb herstellenden Fangseil übernommen, das sich infolgedessen von der Trommel *a* abwickelt. Die dadurch verursachte Drehung der Trommel *a* bewirkt, daß sich die Spindeln *b* und *c* nach der Mitte zu verstellen. Diese Bewegung wird durch die Winkelhebel und die Wellen *e* mit ihren Exzentern auf die Bremsbacken übertragen, die so allmählich stärker an die Führungen angepreßt werden. Die Verschieblichkeit der Bronzebüchse verbürgt die gleichmäßige Wirkung der auf beiden Seiten des Fahrkorbes angeordneten Fangvorrichtungen.

Wie aus Abb. 13 ersichtlich ist, steht die Fangvorrichtung auch unter dem Einfluß eines Reglers, der sie zur Wirkung bringen soll, wenn die Geschwindigkeit des Fahrkorbes die festgelegte Höhe um 40 vH überschreitet. Anfänglich benutzte man für diesen Zweck Reglerbauarten, die den im Dampfmaschinenbau üblichen vollkommen entsprechen, und verband mit der Reglermuffe eine Klemmvorrichtung, die das Reglerantriebseil bei Überschreitung der zulässigen Fahrgeschwindigkeit um 40 vH festhielt.

In neuerer Zeit hat die Firma Flohr eine Aufzugsart in ihr Arbeitsprogramm aufgenommen, die zur Massenbeförderung besonders geeignet ist,

**die Fahrtreppen.**

Die Fahrtreppen werden von der Firma Flohr in zwei Größen hergestellt. Die schmalere Treppe befördert stündlich bis zu 4000, die breitere Treppe stündlich bis zu 8000 Personen.

Die Fahrtreppe nach Abb. 16 hat eine am oberen Ende gelegene Antriebstelle, die die Antrieb-Polygonräder und Umkehrkurven für die Treppenstufen aufnimmt, eine am unteren Ende gelegene Umkehrstelle, die die Treppenstufen zurückleitet, und ein Mittelteil, welches die Verbindung zwischen Antriebstelle und Umkehrstelle herstellt. Diese Teile sind zu einem kastenförmigen Gitterträger verschraubt, der an mehreren Stellen gelagert wird. Hinter oder seitlich der Antriebstelle ist der Maschinenrahmen, der aus einer kräftigen U-Eisenkonstruktion mit angebauter Ölwanne besteht, angeordnet. In der Umkehrstelle ist ein verschiebbarer vierrädriger Wagen, der als Kettenspannvorrichtung dient, eingebaut. Der Wagen enthält zwei lose drehbar eingebaute Polygonräder und Umkehrkurven, an denen durch Rundeisen befestigte Spannfedern angreifen. Die endlosen Ketten, die von den oberen zu den unteren Polygonrädern laufen, tragen in gleichmäßiger Entfernung die Fahrtreppenstufen.

Jede Stufe läuft auf vier kleinen Rädern. Ein Holzbelag mit auswechselbaren Hartholzleisten stellt die Stufenfläche dar.

Von der Antriebwelle, die in die Antriebstelle eingebaut ist, laufen rechts und links angeordnete *Gallsche* Ketten zu den beiden Antriebstellen für die Handleisten, die rechts und links auf der Fahrtreppentragkonstruktion aufgebaut sind. Die Handleiste läuft von der Antriebstelle zu der Handleisten-Umkehrstelle und zurück und wird im Mittelteil auf der Ober- und Unterseite durch Führungsschienen unterstützt.

Die Fahrtreppe wird über Zahnräder und eine Schneckenübersetzung von einem Elektromotor angetrieben. Zur Wahrung eines ständig guten Zahneingriffs sind die Wellen der Zahnräder in einem sie verbindenden Schwinghebel gelagert.

In dem Spannwagen für die Antriebketten ist auf Spannbolzen je ein Kontakt als Sicherheitskontakt eingebaut, durch den die Fahrtreppe bei unzulässiger Längung der Stufenketten, beim Bruch einer Kette oder bei gegenseitiger Verschiebung der beiden Ketten stillgesetzt wird.

[B 2947]

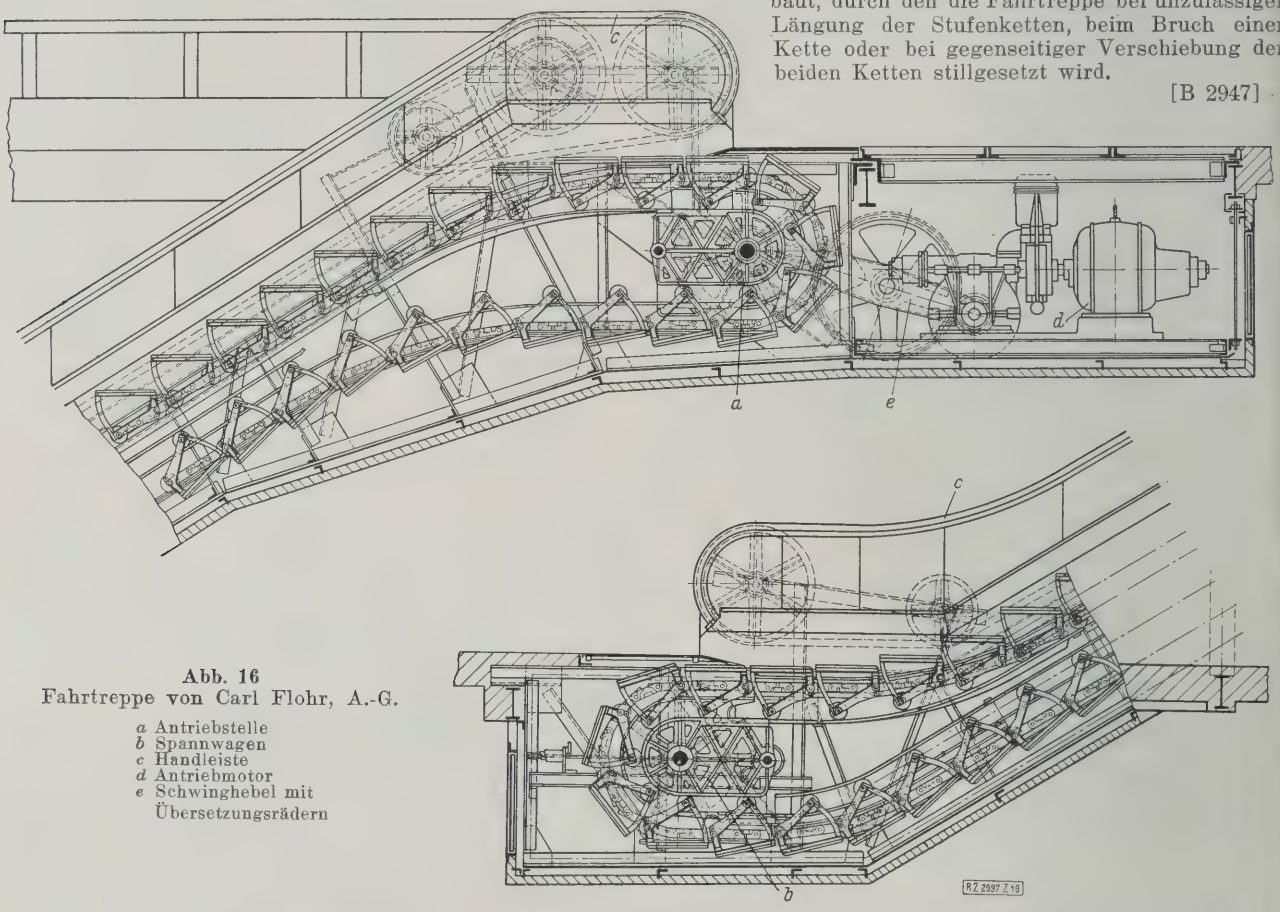



**Abb. 16**
Fahrtreppe von Carl Flohr, A.-G.

*a* Antriebstelle
*b* Spannwagen
*c* Handleiste
*d* Antriebmotor
*e* Schwinghebel mit Übersetzungsrädern

## Schweißmuffenverbindung in Gasfernleitungen

Bei der Verbindung geschweißter Rohrleitungen der National Tube Co. sind die an den Enden erweiterten Rohre mit einer Art Faltenring versehen, Abb. 1. In die beiden Rohrenden wird ein Nippel mit dem gleichen lichten Durchmesser wie der Durchmesser des eigentlichen Rohres eingeschoben. Dieser Nippel bildet eine Brücke zwischen den Rohrenden; er dient gleichzeitig als Unterlage für die Schweißung, so daß das Innenrohr auch an der Schweißstelle den gleichen Durchmesser behält. Laboratoriumsversuche über die Dehnungsfähigkeit der Verbindung[1]) zeigten bei nahtlosen Rohren von 254 mm Dmr., daß sich das Stück L, Abb. 1, von rd. 1 m Länge bei einem Innendruck von 35 at um 0,76 mm, bei einem Druck von 63 at um 3,1 mm vergrößerte. Ließ man den Druck langsam auf 53 at heruntergehen, so blieb noch eine Verlängerung von 2,92 mm zurück. Bei einem Druck von 70 at betrug die Verlängerung 4,8 mm.

[1]) Oil Weekly Bd. 53 (1929) Heft 5 S. 23.

Die Faltenverbindung hat die doppelte Dehnungsmöglichkeit wie eine glatte Rohrverbindung. Das Gewicht ist gegenüber dem gewöhnlicher Rohrverbindungen nur wenig erhöht. Die neue Verbindung wurde bei einer 97 km langen Rohrleitung von 254 mm Dmr. der Gulf Pipe Line Co. im West-Texas-Bezirk verwendet. [M 3052] *Pr.*

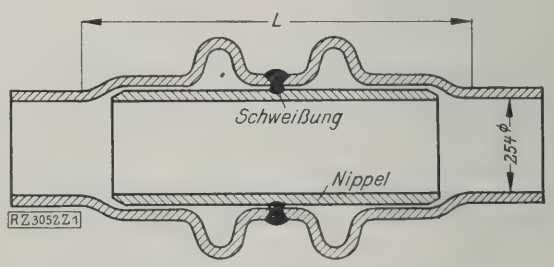



**Abb. 1**
Schweißmuffenverbindung für eine Gasfernleitung

# Die Kohlenstaublokomotive

## Die beiden deutschen Bauarten und die bisherigen Versuchsergebnisse der AEG-Lokomotive

*Von Prof. H. NORDMANN, Berlin*

*Verwendungsmöglichkeit minderwertiger Brennstoffe. Die wärmetechnische Aufgabe: stündliche Entwicklung einer sehr hohen Kalorienzahl je m³ Feuerraum. Die Brenner der beiden deutschen Bauarten. Die Hilfseinrichtungen der Kohlenstaublokomotiven: Staubschnecken und Gebläse, Hilfsbrenner. Vorversuche mit der AEG-Kohlenstaublokomotive vor betriebsmäßigen Güterzügen. Notwendigkeit genauerer Versuche unter Benutzung des Meßwagens. Durchführung der Versuche mit der Bremslokomotive. Versuchsergebnisse: Verringerung des Dampfverbrauchs durch höhere Überhitzung, Verbesserung des Kesselwirkungsgrades, gute Verbrennung. Gesamtersparnis bei größeren Leistungen bis 7,8, bei kleineren bis über 10 vH. Wärmeersparnis, vermindert durch höheren Kapitaldienst. Kleine betriebliche Verbesserungen. Notwendigkeit feiner Vermahlung des Staubes.*

Die Kohlenstaublokomotive gestattet, eine betrieblich brauchbare Lösung vorausgesetzt, dreierlei:

1. Die Verwendung minderwertiger und wenig heizkräftiger Brennstoffe, die sich auf dem Lokomotivrost nicht mehr oder nur unter starker Leistungseinbuße, dagegen nach entsprechender Behandlung in Staubform unter Erhaltung der vollen Leistungsfähigkeit verfeuern lassen. Auf dem Lokomotivrost nicht zu gebrauchen sind z. B. die deutschen Rohbraunkohlen von sehr hohem Wassergehalt, also sehr geringem Heizwert; Braunkohlenpreßlinge nur unter Leistungseinbuße. Auch Steinkohlen von geringerem Stückgehalt, aber mit viel staubartigen oder mulmigen Bestandteilen, sind für Rostfeuerung nur bedingt tauglich.

2. Die Einbeziehung der Lokomotive in die Bestrebungen zur sogenannten Veredlung der Kohle, insofern es jedenfalls möglich sein wird, den bei der Kohlenverschwelung anfallenden Halbkoks in Staubform zu verfeuern.

3. Die Ausführung so leistungsfähiger Lokomotiven, wie sie die Körperkraft eines Heizers selbst bei Verfeuerung der benötigten guten Kohlen nicht mehr gestatten würde, insofern die Kohlenstaubfeuerung eine — und zwar eine sehr gut regelbare — mechanische Feuerung ist. Die Forderung des Betriebes nach so leistungsfähigen Lokomotiven wird jetzt allerdings vielfach noch nicht auftreten.

Für manche ausländischen Verhältnisse steht das unter 1. und 3. Gesagte in einem gewissen Zusammenhang, insofern ausländische Kohle von geringerer Heizkraft, die an sich auf dem Rost noch brennbar ist, wegen der wesentlich erhöhten Menge ohnehin eine mechanische Feuerung erfordert, wenn man sich nicht zur Verwendung von zwei Heizern entschließen will.

## Die Kohlenstaublokomotive der AEG und der Studiengesellschaft

### Die wärmetechnische Aufgabe

Die Lösung der Kohlenstaubfeuerung war für die Lokomotive deshalb besonders schwierig, weil sie die Aufgabe bedeutete, in dem sehr beschränkten Raum der Feuerbüchse mit einer Staubflamme stündlich eine sehr große Anzahl von Kalorien zu entwickeln. Die sehr geräumige Verbrennungskammer galt ja gerade und gilt im allgemeinen noch heute als Merkmal eines ortfesten Kessels mit Staubfeuerung. Bei ortfesten Kesseln sind in 1 m³ Feuerraum etwa 200 000 kcal stündlich zu entwickeln. Demgegenüber läßt sich leicht errechnen, daß

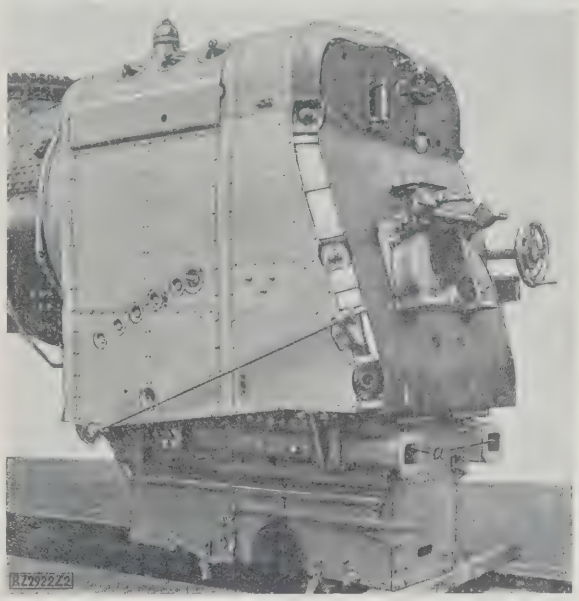


Abb. 1
Kessel der AEG-Kohlenstaublokomotive.
*a* Düsenbrenner

der voll angestrengte Lokomotivkessel der üblichen Bauform, in den die Kohlenstaubfeuerung eingefügt werden soll, etwa die zehnfache Wärmemenge für die Raumeinheit zu erzeugen hat.

Diese hohe Feuerraumbelastung von etwa 2 Mill. kcal/m³ in 1 h wurde denn auch erst nach längeren Versuchen erreicht, und zwar in beiden Entwicklungsreihen bei der Studiengesellschaft für Kohlenstaubfeuerung auf Lokomotiven (Henschel, Borsig, Hanomag, Krupp, Schwartzkopff und die Kohlensyndikate) einerseits und der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft anderseits[1]). Beide Versuchreihen haben als unerläßliche Voraussetzung der erfolgreichen Benutzung der Kohlenstaubfeuerung ergeben, daß der Staub gut mit einem sehr erheblichen Teil der Verbrennungsluft untermischt und fein verteilt in die Feuerbüchse eingeblasen wird. Die Studiengesellschaft gibt sogar die ganze Verbrennungsluft als Erstluft dem Staube bei, während die AEG einen Teil der Verbrennungsluft als Zweitluft, wie bei der gewöhnlichen Lokomotive, durch den Aschkasten ansaugen läßt. Bei beiden Feuerungen tritt das Gemisch aus Kohlenstaub und Erstluft gut durchgemischt aus dem Brenner aus.

### Konstruktive Lösung der beiden Bauarten

Der Brenner der AEG, je einer unten in der Feuerbüchse auf der rechten und linken Seite in Höhe des Bodenringes, Abb. 1 und 2, bläst das Kohlenstaub-Luftgemisch aus schmalen senkrechten Schlitzen, wobei kleine Strömungswiderstände durch Vorschaltung von Leitschaufeln gesichert sind, in den Feuerraum, Abb. 3 bis 5. Die beiden Flammenbüschel schlagen gegeneinander, umwandern dann als Gesamtflamme — unterstützt von der Saugwirkung des Blasrohrs — in großem Bogen

[1]) Über die geschichtliche, manchen „Haltepunkt" aufweisende Entwicklung habe ich in der „Braunkohle" Bd. 27 (1928) S. 647 ausführlich berichtet.

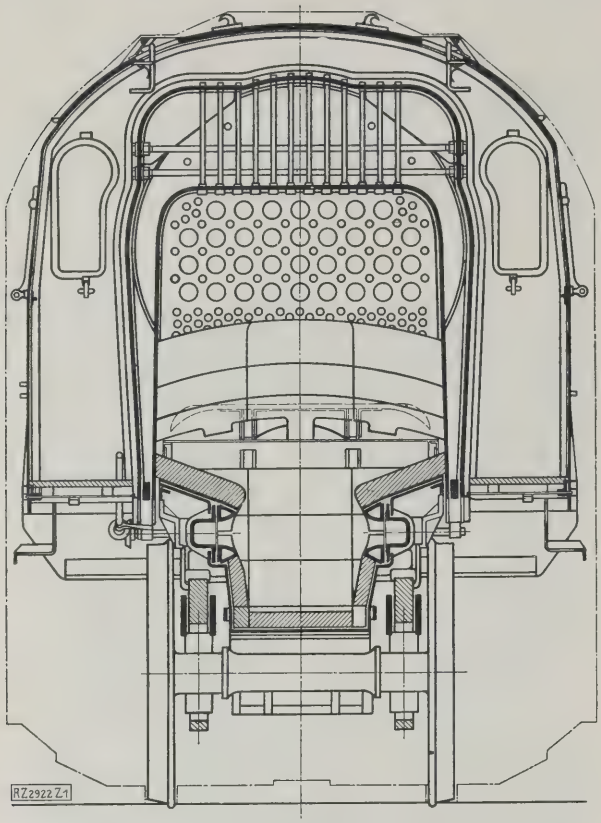


**Abb. 2**
Querschnitt durch die Feuerbüchse der AEG-Kohlenstaublokomotive.

die Feuerbrücke und treten in die Rohrmündungen ein. Es ist möglich, daß die letzten Staubteilchen erst im hinteren Teil der Rohre verbrennen.

Im Gegensatz dazu sitzt der Brenner der Studiengesellschaft, der nach seiner Ähnlichkeit mit einer Gießkannenbrause auch als Brausenbrenner bezeichnet wird, in einfacher oder doppelter Anzahl an der Rückwand der Feuerbüchse und bläst seine Flamme unter den Feuerschirm, wo sie umkehrt, um dann um ihn herum der Rohrwand zuzustreben, Abb. 6 bis 11. Der Flammenweg hat hier also die Gestalt eines großen S, Abb. 12. Die einzelnen Öffnungen in der Platte des Brausenbrenners haben Düsengestalt. Der Brenner liegt, von der Brennerplatte abgesehen, außerhalb der Feuerbüchse und ist so keinen hohen Temperaturen ausgesetzt; eine besondere Kühlung kann deshalb entfallen. Die AEG kühlt dagegen den Brennerkörper; sie benutzt aber einen Teil des Speisewassers zur Kühlung, so daß die Kühlwasserwärme nicht verlorengeht.

Beiden Kohlenstaublokomotiven ist die Anordnung zweier Schnecken eigen, die den Kohlenstaub aus den unteren Öffnungen des auf dem Tender liegenden Staubbehälters nach dem Vorderende des Tenders fördern, wo er von der Gebläseluft ergriffen und durch bewegliche Rohrleitungen den Brennern zugeführt wird, Abb. 12. Die Kohlenstaublokomotive erfordert daher eine Hilfsmaschine zum Antrieb der Schnecken und ein Gebläse für die Erstluft. Die AEG benutzt zum Schneckenantrieb eine kleine, einzylindrige Dampfmaschine, Abb. 13, die Studiengesellschaft eine kleine schnellaufende dreizylindrige Dampfmaschine. Das Gebläse wird in beiden Fällen von einer kleinen Dampfturbine angetrieben. Die Verbrennung läßt sich in sehr weitem Maße dadurch regeln, daß die Schnecken je für sich mit der Antriebmaschine gekuppelt werden können und außerdem die Umlaufzahl der Antriebmaschine in einem beträchtlichen Geschwindigkeitsbereich regelbar ist. Es ist also eine Regelung der Verbrennung und also Dampferzeugung möglich von der schwächsten Flammenwirkung bei langsamstem Lauf einer Schnecke bis zur höchsten Wirkung beim Betrieb beider Schnecken mit höchster Drehzahl.

Für die Leerfahrt der Lokomotive und längere Aufenthalte, wo es lediglich gilt, die geringen Ausstrahlverluste des Kessels zu decken und den Dampf für die Bremsluftpumpe zu liefern, ist freilich selbst die kleinste Fördermenge einer Schnecke noch zu groß; für diese Fälle ist nach dem Vorgang der AEG ein kleiner Hilfsbrenner mit einer kleinen Förderschnecke vorgesehen, dessen Flamme für den letztgenannten Zweck genügend Wärme entwickelt und außerdem als Zündflamme für die großen Brenner verwendet wird, s. Abb. 12. Das kleine Gebläse und die Hilfsschnecke werden von der Antriebmaschine der Hauptschnecke betätigt, so daß das Hauptgebläse in den Betriebspausen stillgesetzt werden kann. An den Bau der ganzen Lokomotive wurde in

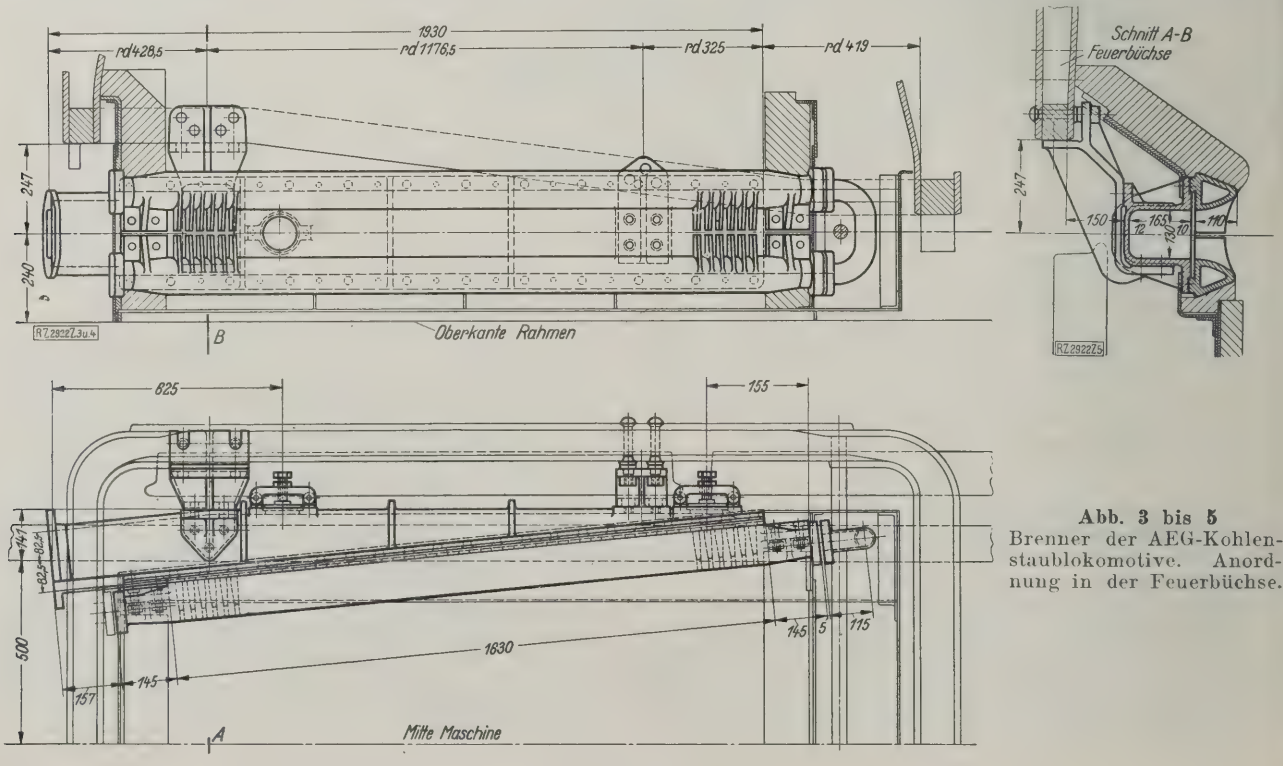



**Abb. 3 bis 5**
Brenner der AEG-Kohlenstaublokomotive. Anordnung in der Feuerbüchse.

beiden Fällen erst herangetreten, nachdem man bei den Versuchen am stehenden Lokomotivkessel die von der Reichsbahn geforderte Heizflächenbelastung erreicht, ja diese Werte noch beträchtlich überschritten hatte. Die Versuche fanden überwiegend mit Braunkohlenstaub statt, doch wurde auch Steinkohlenstaub verfeuert und auch mit diesem die gewünschte Kesselbeanspruchung erreicht.

## Die Versuche mit der AEG-Kohlenstaublokomotive

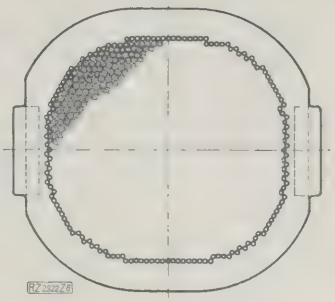
Eingehende Versuchsergebnisse liegen zunächst erst von der 1-D-Güterzuglokomotive (G 8²) vor, die von der AEG mit Kohlenstaubfeuerung ausgerüstet worden ist. Die Staublokomotive, Bauart Studiengesellschaft, unterliegt zur Zeit noch Versuchsfahrten durch das Lokomotivversuchsamt Grunewald, deren Ergebnisse in einigen Wochen als zweiter Teil dieser Abhandlung veröffentlicht werden.

Schon vor den eigentlichen messenden Versuchen war die AEG-Lokomotive vielfach als Vorspannlokomotive von Güterzügen auf der Strecke Berlin-Fürstenberg verwandt worden, wobei dann die Zuglokomotive entweder mitzuschleppen war oder nicht mehr Dampf gab, als der eigenen Beförderung entsprach. Bei diesen Fahrten war eine gute Regelbarkeit der Kesselanstrengung festgestellt worden. Den Teilnehmern fiel außerdem die sehr geringe Mühe auf, die der Heizer mit dem Kohlenstaubkessel hat. Er ist von der körperlichen Anstrengung des Kohlenaufwerfens befreit und hat nur noch für die Regelung der Verbrennung zu sorgen; infolge des vollständigen Abschlusses des Kohlenstaubes ist es auch auf dem Führerstand sehr sauber.

### Anordnung und Durchführung der Versuche

Für die genaue Beurteilung der Leistungsfähigkeit waren indes diese Fahrten — ohne Meßwagen — nicht ausreichend, weil dabei weder die genaue und eindeutige Bezugseinheit in PSh am Zughaken, noch die gewichtsmäßig verfeuerte Staubmenge festgestellt werden konnten. Auch die ortfesten Versuche über den Wirkungsgrad des Kessels, die bei beiden Versuchreihen gemacht wurden,

**Abb. 10**
Doppelbrenner der Studiengesellschaft für Kohlenstaublokomotiven.



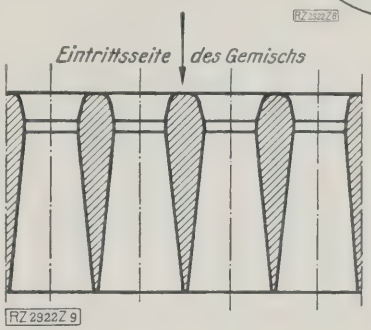



**Abb. 8 und 9**
Brennerplatte des Brenners nach Abb. 6 und 7
Abb. 9 (links) Schnitt (vergrößert) durch die Brennerplatte

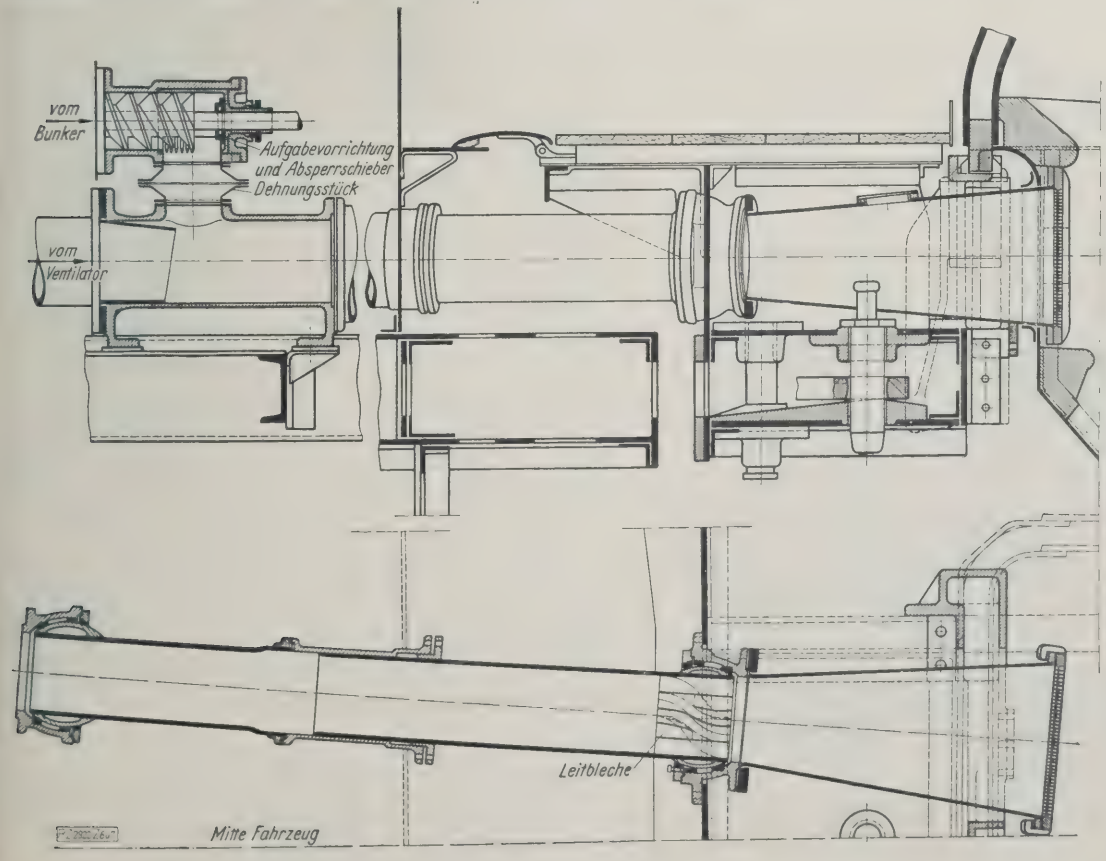



**Abb. 6 und 7**
Brenner der Studiengesellschaft für Kohlenstaublokomotiven.

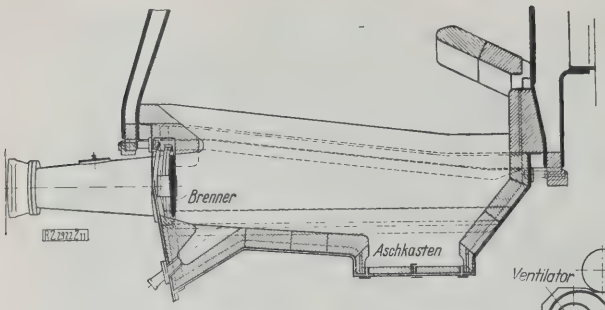
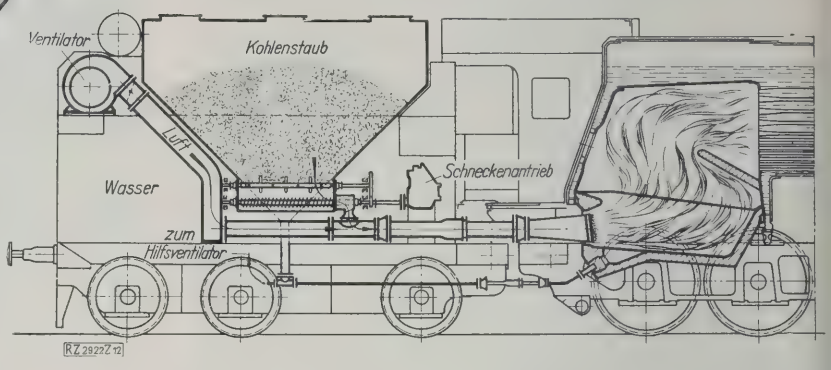



**Abb. 11**
Anordnung von Brenner und Aschkasten der Kohlenstaublokomotive, Bauart Studiengesellschaft.

**Abb. 12**
Schema der Gesamtanordnung der Kohlenstaublokomotive der Studiengesellschaft.




waren nicht in allen Fällen genügend zuverlässig, weil die Staubmenge z. T. volumetrisch festgestellt worden war, während das spezifische Gewicht des Staubes je nach der Menge der beim Bunkerfüllen beigemischten Luft bzw. der verfügbaren Zeit für das Entweichen dieser Luft sehr verschieden ist. Auch deshalb konnten genaue Versuche mit dem Meßwagen nicht entbehrt werden, weil bei den Versuchen am ortfesten Kessel die Hilfsmaschinen von Elektromotoren angetrieben worden waren, während der Brennstoff- bzw. Dampfverbrauch für die Hilfsmaschinen der ausgeführten Lokomotive dem Lokomotivkessel angerechnet werden mußte.

Die Aufgabe, den verfeuerten Staub gewichtsmäßig festzustellen, ist auch wegen eines zuverlässigen Vergleichs mit der Regellokomotive (mit Rostfeuerung) unbedingt erforderlich, wo das Zuwiegen der Stückkohle ein leichtes ist. Diese Aufgabe versuchte das Lokomotivversuchsamt zunächst so zu lösen, daß es den Staubbunker auf vier Meßdosen auflagerte, auf die sich die vier Pratzen des Staubbehälters stützten. Da sich der Staubbehälter sonst in eine große zylindrische Mulde des Wasserbehälters, also mit kleinem spezifischen Auflagerdruck, legte, mußte für die Aufnahme der vier großen Einzeldrücke der Wasserkasten innen verstärkt werden. Trotzdem waren die Meßergebnisse nicht zuverlässig genug, so daß doch der Weg gewählt wurde, der zunächst wegen seiner Umständlichkeit nicht beschritten war, nämlich den Tender vor und nach der Fahrt zu wiegen, und zwar beidemal bei leerem Wasserbehälter, um die Genauigkeit der Wägung des dann mit höherm Anteil am Gesamtgewicht beteiligten Staubes zu erhöhen. (Die Empfindlichkeit oder Fehlergrenze der Waagen wird stets auf die Gesamtlast bezogen.) Der Unterschied beider Wägungen entspricht dann dem Gewicht des verbrauchten Staubes. Da eine genaue Lokomotivwaage nur am Ausgangspunkt zur Verfügung stand, setzte diese Wägungsart naturgemäß voraus, daß sich Hin- und Rückfahrt in gleicher Weise abspielten, da man sonst nur einen überschläglichen Mittelwert des spezifischen Verbrauchs (für die PSh) von mindestens zwei verschiedenen Belastungen erhalten würde.

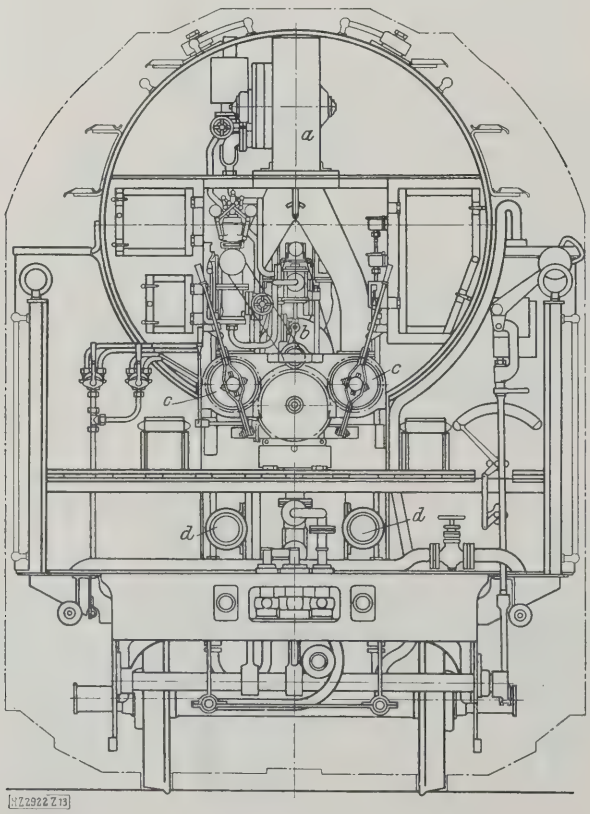



**Abb. 13**
Vorderansicht des AEG-Tenders mit Hilfsmaschinen.

*a* Turbogebläse
*b* Antriebdampfmaschine
*c* Schnecken mit Einrückkupplungen
*d* Staubleitungen

Eine völlig gleiche Hin- und Rückfahrt läßt sich nun dadurch erzielen, daß einmal stets der volle Schieberkastendruck gehalten wird, anderseits die Steuerung auf der Hin- und der Rückfahrt auf genau denselben Füllungsgrad eingestellt bleibt; wird dann noch vermöge der Bremslokomotive[2]), die bei allen planmäßigen Versuchen mit der Kohlenstaublokomotive zugunsten des Beharrungszustandes benutzt wurde, die Geschwindigkeit unveränderlich gehalten, so arbeitet die Lokomotive in der Tat während der ganzen Doppelfahrt mit gleicher indizierter Leistung. Da die Bremslokomotive auch die Schwerkraftkomponente auszugleichen gestattet, so bleiben selbst die Schwankungen der nutzbaren Leistung in sehr erträglichen Grenzen. Bezieht man die nutzbaren Pferdestärken noch auf die Ebene, durch Einrechnen der mittleren Steigung der Versuchstrecke, so fällt für diese völlig eindeutige Bezugeinheit der Einfluß der Steigungswechsel auf der besondern Strecke ganz heraus.

In dieser Weise wurden also die Fahrten mit 35 km/h auf der Strecke Berlin – Güterglück ausgeführt; sie wurden noch ergänzt durch einige Fahrten unter Belastung durch wirkliche Güterzüge auf der gleichen Strecke (Seddin – Güterglück).

### Die Versuchsergebnisse

Abb. 14 zeigt den gewichtsmäßigen Dampfverbrauch für die PSh am Zughaken im Vergleich zur G 8[2]-Lokomotive mit Rostfeuerung. Der Dampfverbrauch der Kohlenstaublokomotive bei Leistungen zwischen 800 und 1000 PS ist um etwa 8 bis 9 vH geringer

[2]) Vergl. Glasers Annalen Bd. 103 (1928) S. 137.

als der der Lokomotive mit Rostfeuerung. Doch ändert sich diese Überlegenheit, wenn man zur Dampfwärme übergeht. Zuvor sei noch auf den eigentümlichen Knick bei 570 $PS_e$ hingewiesen, der bei mehreren Versuchskurven auftritt und dem Übergang von einer auf beide Schnecken entspricht.

Abb. 15 zeigt die Dampftemperaturen. Wiederum ist die Unstetigkeit beim Übergang von einer Schnecke auf beide Schnecken erkennbar. Der Knick bei 570 $PS_e$ ist so entstanden, daß bei den kleineren Belastungen der Lokomotive eine Schnecke, bei den größeren zwei Schnecken im Betrieb waren; die beiden zugehörigen Kurven gehen nicht stetig ineinander über. Die Abbildung bringt klar zum Ausdruck, daß die Dampftemperatur bei der Kohlenstaublokomotive höher liegt als bei der Regellokomotive, und zwar bei mittleren Leistungen angenähert um 40 °. Jenseits der Zughakenleistung von etwa 1150 PS beginnt die Temperaturüberlegenheit wieder zu sinken.

Die höhere Dampftemperatur der Kohlenstaublokomotive ist offenbar darauf zurückzuführen, daß die Kohlenstaubflamme heißer in die Rohrmündungen schlägt als bei der gewöhnlichen Rostfeuerung. Indessen ist die Wärmeaufnahme auch im Kohlenstaubkessel als gut im Verhältnis zum Kessel mit Rostfeuerung zu bezeichnen, insofern selbst bei dem gedrungenen Kessel der G 8²-Lokomotive die Rauchkammertemperatur auch bei stärkster Beanspruchung 380 ° nicht überschreitet. Im übrigen hat die bei der Staublokomotive wachsende Eintrittstemperatur zur Folge, daß, wenn man den gewichtsmäßigen Dampfverbrauch in den Verbrauch an Dampfwärme unter Einrechnung der Speisepumpe umrechnet, die in Abb. 14 zum Ausdruck kommende Überlegenheit von etwa 8 bis 9 vH gemäß Abb. 16 auf bestenfalls 5 vH zusammenschrumpft.

Die Überlegenheit des Kesselwirkungsgrades bei Staubfeuerung gegenüber Rostfeuerung zeigt sich wieder mehr bei kleinen Leistungen, wo sie z. B. bei 500 PS Nutzleistung 10 vH beträgt, Abb. 17. An der Kesselleistungsgrenze dagegen verschwindet sie nahezu. Die Verbesserung des Kesselwirkungsgrades erreicht nicht die großen Werte, wie sie nach der ersten Veröffentlichung der Standversuche vorhanden zu sein schienen. Allerdings waren einmal bei den Standversuchen der AEG die Hilfsmaschinen nicht mit Kesseldampf betrieben, und weiter ist allem Anschein nach das Verhältnis zwischen Fahr- und Standversuch bei Kohlenstaublokomotiven und Lokomotiven mit Rostfeuerung etwas verschieden. Die Standversuche der AEG waren seinerzeit Standversuchen der Reichsbahn mit dem Regelkessel gegenübergestellt. Von einigen Streckenversuchen haben wir nun schon das Ergebnis bekommen, daß der Kesselwirkungsgrad bei gleicher Heizflächenanstrengung offenbar etwas vorteilhafter ist als beim Standversuch. Diese Erscheinung tritt auch bei der G 8²-Lokomotive ein, insofern der Kesselwirkungsgrad nach Abb. 17 um einige Hundertteile höher liegt als bei den früheren Standversuchen. Die Überlegenheit wird darauf zurückzuführen sein, daß sich die Dampfblasen infolge der Erschütterung während der Fahrt schneller ablösen und daher die Wärme von den Rohren auf das heiße Kesselwasser besser übertragen wird. Weiterhin ist es wahrscheinlich, daß die stoßweise Feueranfachung das Herankommen des Sauerstoffs an die Kohlen auf dem Rost etwas verbessert. Während nun die bessere Wärmeübertragung während der Fahrt auch bei der Kohlenstaublokomotive vorhanden sein würde, wäre es hier kaum möglich, den Verbrennungsvorgang durch den Auspuff zu verbessern, weil das Blasrohr der Kohlenstaublokomotive nur zum Teil (wegen der Zweitluft) den Verbrennungsvorgang beeinflußt, zum andern Teil aber nur die Verbrennungsgase abbefördert.

Die Verbrennung war gut. Bei 15 von 18 Fahrten im Beharrungszustand wurde bei der Rauchgasanalyse ein Kohlensäuregehalt von 13 vH und darüber, bis 14,2 vH festgestellt; der Luftüberschuß erreichte im Höchstfall 43 vH. Nur bei einigen Fahrten vor Zügen

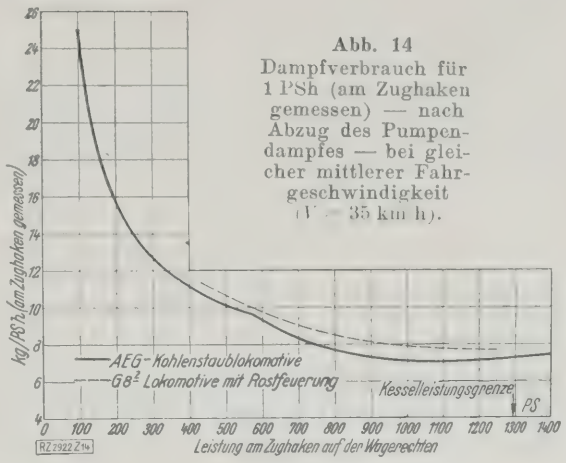



**Abb. 14**
Dampfverbrauch für 1 PSh (am Zughaken gemessen) — nach Abzug des Pumpendampfes — bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit ($V = 35$ km/h).

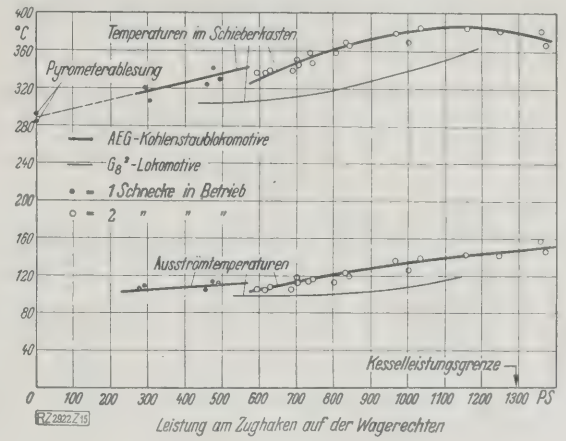



**Abb. 15**
Dampftemperaturen bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit ($V = 35$ km/h).

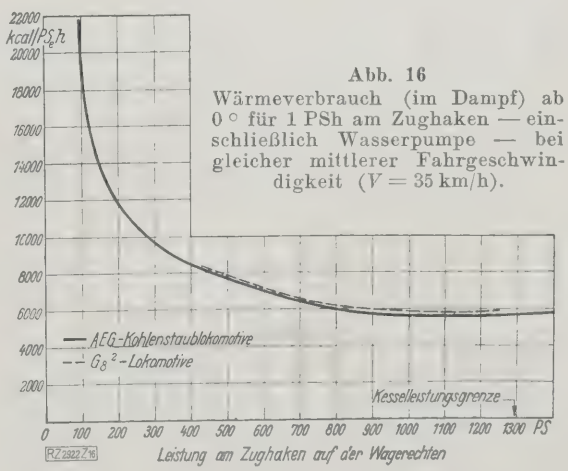



**Abb. 16**
Wärmeverbrauch (im Dampf) ab 0 ° für 1 PSh am Zughaken — einschließlich Wasserpumpe — bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit ($V = 35$ km/h).

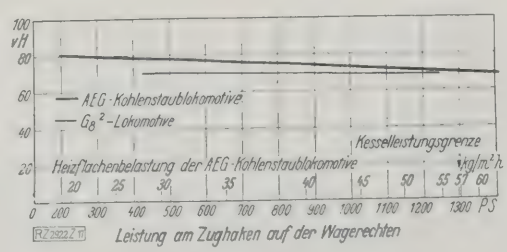



**Abb. 17**
Kesselwirkungsgrad bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit ($V = 35$ km/h).

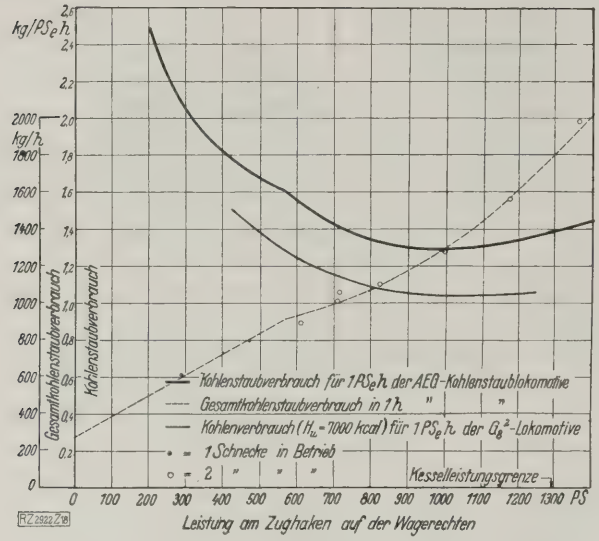



**Abb. 18**
Gesamtkohlenstaubverbrauch ($H_u = 5200$ kcal/kg) und Verbrauch für 1 PSh (am Zughaken) bei gleicher mittlerer Fahrgeschwindigkeit ($V = 35$ km/h).

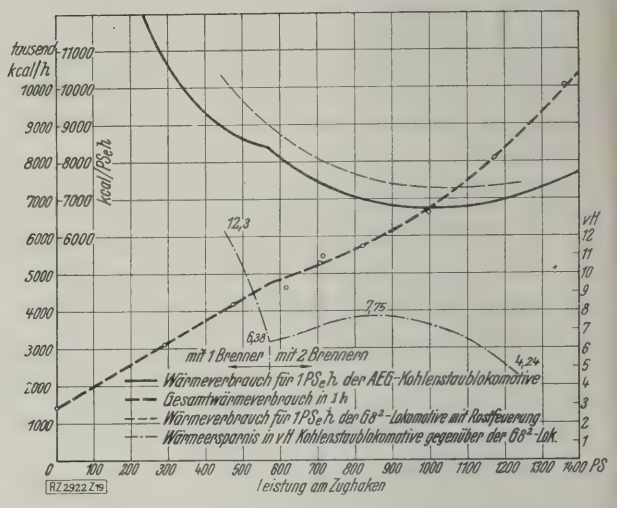



**Abb. 19**
Wärmeverbrauch für 1 h und für 1 PSh (am Zughaken) bei $V = 35$ km/h. Braunkohlenstaub $H_u = 5200$ kcal/kg.

im wechselnden Gelände, selbst mit einzelnen Dampfpausen, war der Kohlensäuregehalt kleiner, der Luftüberschuß größer. Der mittlere Kohlensäuregehalt von vier solcher Fahrten betrug aber immer noch 11,5 vH.

Der Dampfverbrauch der Hilfsmaschinen (Schnecken- und Gebläseantrieb) ist an sich nicht besonders untersucht worden. Sollte, was bei der geringen Leistung dieser Hilfsmaschinen leicht möglich wäre, deren Dampfverbrauch allein nicht ausreichen, um den geringeren Unterschied zwischen Kohlenstaub- und Regellokomotive beim Fahrversuch zu erklären, so würde die andre Art der Wärmebildung, die nicht mehr allein vom Blasrohr beherrscht wird, als weiterer Erklärungsgrund heranzuziehen sein. Bei den weiteren Versuchen mit Kohlenstaublokomotiven wird der Dampfverbrauch der Hilfsmaschinen besonders untersucht.

Abb. 18 zeigt den Kohlenverbrauch der beiden Lokomotiven, und zwar einmal bezogen auf Stückkohlen für die Rostfeuerung von $H_u = 7000$ kcal/kg, im andern Falle den Kohlenstaubverbrauch für Braunkohlenstaub der Grube Michel von $H_u = \sim 5200$ kcal/kg. Um die gesamte Verbesserung der Wärmeausnutzung durch die Kohlenstaubfeuerung zum Ausdruck zu bringen, sind endlich in Abb. 19 sowohl der Staub für die Kohlenstaublokomotiven, als auch die Stückkohlen der Vergleichslokomotive in Kalorien umgerechnet. Die Ersparniskurve liegt für die kleinen Leistungen am höchsten und übersteigt hier stellenweise 10 vH, sonst ist ein Maximum von 7,8 vH bei den größeren Leistungen festzustellen.

### Folgerungen aus den Versuchsergebnissen

Wie sich diese Ersparnis geldlich auswirkt, hängt von der jährlichen Laufstrecke der Lokomotive, von den jeweiligen Streckenverhältnissen und dem Staubpreis ab. Die allerwichtigste Rolle in der Gesamtwirtschaftlichkeit der Kohlenstaublokomotive spielt auf jeden Fall der Staubpreis, der ganz beträchtlich unter dem Stückkohlenpreis bleiben muß, weil die eben geschilderte Wärmeersparnis keine reine Ersparnis ist, sondern einen Subtrahenden findet in dem erhöhten Kapitaldienst und den etwas größeren Ausbesserungskosten der Staublokomotive. Auch mit der Möglichkeit muß gerechnet werden, daß die Kosten des Kohlenstaubes von der Erzeugungsstelle bis zum Tender durch verwickeltere Überladeeinrichtungen sich stärker erhöhen als die der Stückkohle. Eine Überschlagrechnung zeigt, daß Ersparnisse bei guter Auslastung und genügend großer monatlicher Laufstrecke der Lokomotive sehr wohl möglich sind. Genaueres werden indes erst die längeren Betriebsversuche im wirklichen Zugdienst in Halle a/S. ergeben, wo, als in einem Brennpunkt der deutschen Braunkohle, die Staublokomotiven jetzt beheimatet sind und wo sie Lokomotiven gleicher Bauart mit Rostfeuerung gegenüberstehen.

Für den erfolgreichen und sicheren Betrieb der Kohlenstaublokomotive sind noch einige Punkte zu beachten, die größtenteils schon an den vorhandenen Maschinen verwirklicht sind. Für genügendes Nachrutschen des Kohlenstaubes zu den Schnecken ist durch entsprechende Gestaltung des Staubbehälters zu sorgen; zweckmäßig sind sogar Wühldüsen, weil bei steilen Böschungswinkeln des zusammengesackten Kohlenstaubes der Staub den Schnecken nicht mehr restlos zufließt. In Befolgung der Sicherheitsvorschriften beim Umgang mit Kohlenstaub sind die Lokomotiven mit elektrischem Licht statt offenen Lampen auszurüsten. Die Kohlenstaubzuführung ist mit der Gebläseluft so zwangläufig in Abhängigkeit zu bringen, daß erst das Gebläse anlaufen muß, ehe die Schnecken in Betrieb gesetzt werden; andernfalls könnten die Schnecken so viel Staub in die gut beweglich zu haltenden Rohrleitungen fördern, daß eine teilweise oder völlige Verstopfung stattfindet. Wert ist endlich zu legen auf dichten Schluß der Feuertür. Für die Reinigung der Rohrwand von Schlackenansätzen ist ein Preßluft-Sandstrahlgebläse zweckmäßig.

Was den Kohlenstaub selbst betrifft, so ist Feinmahlung unbedingtes Erfordernis. Auf dem üblichen Sieb von 4900 Maschen auf 1 cm² darf auf keinen Fall ein höherer Rückstand als 20 vH liegen bleiben. Besser sind noch kleinere Rückstände (10 bis 12 vH). Ist diese Bedingung nicht erfüllt, so tritt frühzeitige Schlackenbildung an der Rohrwand und den Überhitzerumkehrstellen ein — eine Erfahrung, die in Grunewald mit einem versehentlich angelieferten groben Staub gemacht wurde —, womit infolge der kleineren Durchgangsquerschnitte für die Rauchgase die verfügbare Kesselleistung stark nachläßt. Jener Fall betraf einen Braunkohlenstaub, der an sich bei genügend feiner Mahlung einen erwünscht großen Fahrbereich durchaus gestattet. Weiterhin sind aber auch im Fall genügend feiner Mahlung bisher nicht alle Staube brauchbar. Es gibt Braunkohlenstaube von mengenmäßig großem Vorkommen, deren Eignung für den Kohlenstaubkessel erwiesen ist, neben andern Stauben, die mehr oder weniger stark schlacken und zur Bildung von „Schwalbennestern“ neigen. [B 2922]

# Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder kegligen Rädern[1)]

*Von Privatdozent Dr.-Ing. HANS FROMM, Berlin*

*Zwischen zylindrischen Walzen eines Reibungsgetriebes entstehen Spannungen, die in Abhängigkeit von der Andruckkraft, der Umfangskraft, der Reibungszahl und den Abmessungen der Walzen berechnet werden können. Aus diesen wird zur Beurteilung der Materialanstrengung eine reduzierte Spannung berechnet und das Ergebnis in einer für den praktischen Gebrauch geeigneten Form dargestellt. Bei der Anwendung auf Rad und Schiene können Ringspannungen, die durch Aufschrumpfen und Fliehkraft im Radreifen oder durch Biegung in der Schiene entstehen, in Rechnung gestellt und die Kegelform der Reifen berücksichtigt werden. Dabei ergeben sich auch Ausdrücke für den Schlupf und den Arbeitsverlust (Hebelarm der Rollreibung), der als Maß für die Abnutzung angesehen werden kann.*

Die Wirtschaftlichkeit eines Reibungsgetriebes hängt in erheblichem Maße von der Art seiner Belastung ab. Die Abnutzung, die dabei eine große Rolle spielt, steigt nicht nur mit wachsender Normalkraft, sondern vor allem mit größer werdender Umfangskraft und der dadurch bedingten Vergrößerung des Schlupfes. Man ist anderseits vielfach, insbesondere im Eisenbahnwesen, darauf angewiesen, die durch ein Rad zu übertragenden Kräfte so groß zu machen, wie es mit Rücksicht auf die Sicherheit gerade zulässig erscheint.

Die geeigneten Baustoffe werden nach Festigkeitseigenschaften, u. a. auch nach Ergebnissen von Abnutzungsversuchen auszuwählen sein. Bei der Wahl der Abmessungen aber wird der Konstrukteur gerne seine Erfahrungen mit dem Ergebnis einer Berechnung vergleichen, wo eine solche zur Verfügung steht. Die Theorie der Berührung nach *H. Hertz* setzt reibungsfreie Berührung voraus und ist daher auf Reibungstriebe nicht ohne weiteres anwendbar. Ich habe an andrer Stelle[1a)] gezeigt, wie durch eine Erweiterung der *Hertzschen* Theorie die Vorgänge in der Berührungsfläche eines Reibungsgetriebes der Rechnung zugänglich gemacht werden können, und habe ferner die Berechnung des Schlupfes, des Arbeitsverlustes, der Formänderungen und der Spannungen für zylindrische Reibungsräder durchgeführt. Die Rechnung selbst erscheint recht verwickelt; die Ergebnisse lassen sich aber für die praktisch wichtigen Fälle auf eine verhältnismäßig einfache Form bringen.

## Die Grundlagen der Berechnung der zulässigen Belastung

### Reduzierte Spannung und Zugspannung als Kenngrößen der Anstrengung

Es ist üblich, als Maß der Belastung bei nicht einachsigen Spannungszuständen eine „reduzierte Spannung" $\sigma_0$ einzuführen, die eine der wirklichen Anstrengung gleichwertige Zugbeanspruchung beim einachsigen Zerreißversuch angibt. Zur Berechnung dieser reduzierten Spannung aus dem gegebenen Spannungszustande bedient man sich in Deutschland noch heute sehr oft der Hauptdehnungshypothese, die u. a. auf die bekannte *Bachsche* Dehnungsformel[2)] führt. Nach ihr wird die Elastizitäts- oder die Fließgrenze überschritten, wenn die größte Dehnung einen gewissen, dem Stoff eigentümlichen Wert erreicht hat. Eine andere bekannte Hypothese ist die von *Mohr*, nach der die größte Schubspannung eine noch von der Normalspannung abhängige Grenze nicht überschreiten darf. Diese und eine Reihe anderer Hypothesen[3)] sind aber gerade mit neueren Versuchen nicht in Einklang zu bringen, während eine von *v. Mises*[4)] begründete Hypothese besser bestätigt worden ist. Nach ihr ist die reduzierte Spannung $\sigma_0$ durch die Gleichung

$$\sigma_0^2 = 2\,(\tau_I^2 + \tau_{II}^2 + \tau_{III}^2) \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

aus den drei Hauptschubspannungen:

$$\tau_I = \frac{\sigma_{II} - \sigma_{III}}{2}; \quad \tau_{II} = \frac{\sigma_{III} - \sigma_I}{2}; \quad \tau_{III} = \frac{\sigma_I - \sigma_{II}}{2}$$

($\sigma_I$, $\sigma_{II}$, $\sigma_{III}$ = Hauptnormalspannungen) zu berechnen.

Auf diese Hypothese soll die Berechnung der Belastung von Reibungstrieben gegründet werden, soweit bleibende Formänderungen zu befürchten sind. Daneben wird es sich empfehlen, die größte auftretende Zugspannung zu berechnen, da von ihr der Eintritt des spröden Bruches abhängt.

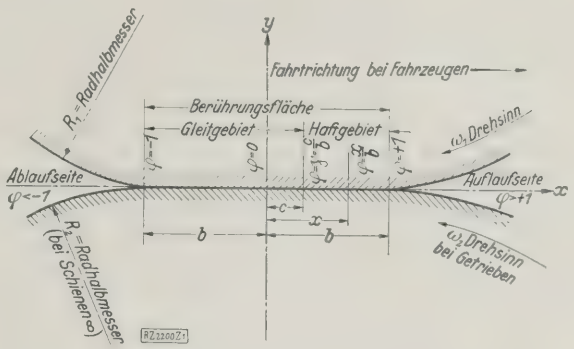



**Abb. 1**
Einteilung der Berührungsfläche zwischen rollenden Walzen.

### Spannungszustand infolge der Berührung zylindrischer Scheiben

Die in den zylindrischen Scheiben herrschenden Spannungen sollen angenähert und unter Voraussetzung eines ebenen Problems der Elastizitätstheorie berechnet werden. Man erfaßt so zwei Grenzfälle, zwischen denen das wirkliche Verhalten zu suchen ist: in dem einen Grenzfall, der für lange zylindrische Scheiben (Walzen) paßt, ist die Dehnung in axialer Richtung Null; ebene Querschnitte bleiben eben („ebene Verzerrung"). Im zweiten Grenzfall wirken in einem Querschnitt senkrecht zur Achse keine Spannungen, wie es für sehr dünne Scheiben nahezu der Fall ist („ebener Spannungszustand").

[1)] Mitteilung aus dem Festigkeitslaboratorium der Technischen Hochschule zu Berlin.

[1a)] Vergl. *H. Fromm*, Berechnung des Schlupfes beim Rollen deformierbarer Scheiben. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 27 und Arbeitsverlust, Formänderungen und Schlupf beim Rollen von treibenden und gebremsten Rädern oder Scheiben. Beitrag zur Analyse der Reibungsgesetze. Zeitschr. f. techn. Phys. Bd. 9 (1928) S. 299.

[2)] Vergl. z. B. „Hütte", 25. Aufl. Bd. 1 (1925) S. 589.

[3)] Eine Übersicht findet man bei Schleicher, Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 6 (1926) S. 199 und *Sandel*, Festigkeitsbedingungen, Leipzig 1925.

[4)] Vergl. *R. v. Mises*, Nachr. d. Kgl. Ges. d. Wissensch., Göttingen 1913, S. 582, Zeitschrift f. angew. Math. u. Mech. Bd. 8 (1928) S. 164.

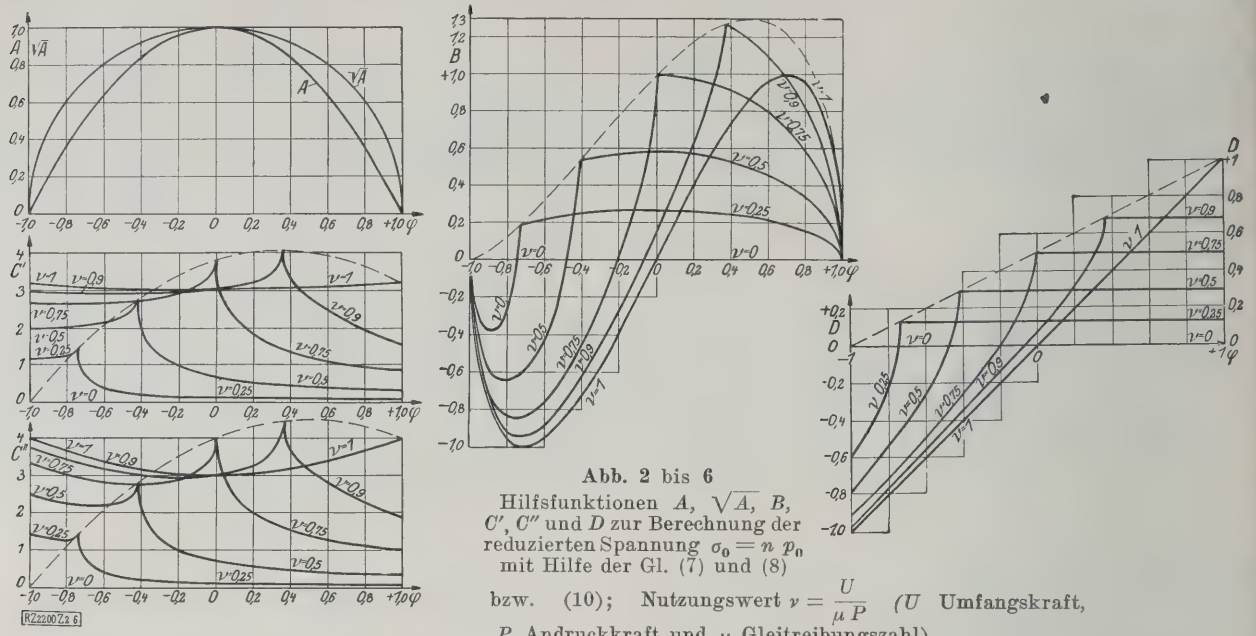


**Abb. 2 bis 6**
Hilfsfunktionen $A$, $\sqrt{A}$, $B$, $C'$, $C''$ und $D$ zur Berechnung der reduzierten Spannung $\sigma_0 = n\, p_0$ mit Hilfe der Gl. (7) und (8) bzw. (10); Nutzungswert $\nu = \dfrac{U}{\mu P}$ ($U$ Umfangskraft, $P$ Andruckkraft und $\mu$ Gleitreibungszahl).

Werden zwei um parallele Achsen sich drehende Zylinder[5]) von der Länge $l$ mit der Kraft $P$ aneinander gedrückt, so entsteht eine rechteckige Berührungsfläche von der Länge $l$ und der Breite $2\,b$, in der an einer Stelle $x$, Abb. 1, eine Druckspannung[6]) $p = p_0 \sqrt{1-\left(\frac{x}{b}\right)^2}$ übertragen wird, wobei für „ebene Verzerrung“

$$p_0 = \sqrt{\frac{m\,G}{m-1}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)\frac{P}{\pi\,l}} \quad \ldots\ldots \quad (2)$$

ist ($R_1$, $R_2$ = Halbmesser, $G$ = Schubmodul der beiden Scheiben, $m = {}^{10}/_{3}$ = *Poissonsche* Konstante für Metalle). Für „ebene Spannung“ ist $m$ durch $m^* = m + 1 = {}^{13}/_{3}$ zu ersetzen. Die Verteilung der Druckspannungen ist also dieselbe wie bei reibungsfreier Berührung nach *Hertz*. Setzt man zur Abkürzung $x/b = \varphi$, so erhält man für die Normalspannung in der Berührungsfläche, d. h. in Richtung der $y$-Achse

$$\sigma_y = -\,p = -\,p_0\sqrt{1-\varphi^2} \quad \ldots\ldots \quad (3).$$

Wenn man das *Coulombsche* Reibungsgesetz als gültig voraussetzen darf, nach dem die Reibungsspannung ($t$) beim Gleiten der Normalspannung ($p$) proportional ist, während sie beim Haften auch kleiner sein kann, so gibt es beim Rollen in der Berührungsfläche Stellen, an denen die Oberflächen der beiden zylindrischen Körper gegeneinander gleiten, und andre Stellen, an denen die Relativgeschwindigkeit Null ist, also die Körper aneinander haften[7]). Es hat sich gezeigt, daß die Berührungsfläche aus einem Gebiet des Haftens an der Auflaufseite ($\varphi = +1$) und einem Gebiet des Gleitens an der Ablaufseite ($\varphi = -1$) besteht. Die Grenze zwischen beiden Gebieten habe die Abszisse $x_{gr} = c$ und zur Abkürzung sei $c/b = \gamma$ eingeführt, s. Abb. 1. Die Lage der Grenze und damit der Wert $\gamma$ sind nun durch die Größe der Umfangskraft $U$ bedingt. Ist $\mu$ die Gleitreibungszahl, so kann die Umfangskraft höchstens $U_{\max} = \mu P$ werden. Das Verhältnis

$$\nu = \frac{U}{U_{\max}} = \frac{U}{\mu P} = \text{„Nutzungswert“}$$

liegt also zwischen 0 und 1. Es ergab sich die Beziehung

$$\gamma = 1 - 2\sqrt{1-\nu} = 1 - 2\sqrt{1-\frac{U}{\mu P}} \quad \ldots \quad (4).$$

Die Schubspannung $\tau_{xy}$ in der Berührungsfläche ist mit der Reibungsspannung ($t$) identisch. Sie ist durch folgende Ausdrücke gegeben:

$$\left.\begin{aligned} &\text{Im Gleitgebiet } (-1<\varphi<\gamma)\text{: } \tau_{xy} = \mu\, p_0\sqrt{1-\varphi^2}, \\ &\text{im Haftgebiet: } (\gamma<\varphi<+1)\text{:} \\ &\qquad \tau_{xy} = \mu\, p_0\left[\sqrt{1-\varphi^2} - \sqrt{(1-\varphi)\,(\varphi-\gamma)}\right] \end{aligned}\right\}. \quad (5).$$

Ferner läßt sich die Dehnung der Oberfläche in Richtung der $x$-Achse berechnen, und zwar ist angenähert für ebenen Verzerrungszustand:

$$\left.\begin{aligned} &\text{im Gleitgebiet:} \quad \varepsilon_x = -\,p_0\,\frac{m-1}{m\,G}\left[\frac{m-2}{2\,(m-1)}\sqrt{1-\varphi^2} \pm \mu\left\{\frac{1+\gamma}{2} - \sqrt{(1-\varphi)\,(\gamma-\varphi)}\right\}\right] \\ &\text{im Haftgebiet:} \quad \varepsilon_x = -\,p_0\,\frac{m-1}{m\,G}\left[\frac{m-2}{2\,(m-1)}\sqrt{1-\varphi^2} \pm \mu\,\frac{1+\gamma}{2}\right] \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (6).$$

Darin gilt das obere Vorzeichen vor $\mu$ für die treibende Scheibe, das untere für die getriebene. Bei ebenem Spannungszustand ist wieder $m$ durch $m^* = m + 1$ zu ersetzen.

An der freien Oberfläche außerhalb der Berührungsfläche ist $\sigma_y = 0$ und $\tau_{xy} = 0$ und die Dehnungen sind:

$$\left.\begin{aligned} &\text{an der Auflaufseite} \quad (\varphi>+1) \quad \varepsilon_x = \mp\,\frac{m-1}{m\,G}\,p_0\,\mu\left[\frac{1+\gamma}{2} - \sqrt{(1-\varphi)\,(\gamma-\varphi)} - \sqrt{\varphi^2-1}\right] \\ &\text{und an der Ablaufseite} \quad (\varphi<-1) \quad \varepsilon_x = \mp\,\frac{m-1}{m\,G}\,p_0\,\mu\left[\frac{1+\gamma}{2} - \sqrt{(1-\varphi)\,(\gamma-\varphi)} + \sqrt{\varphi^2-1}\right] \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad (6a).$$

[5]) Eisenbahnschienen sind hier als Zylinder von unendlich großem Halbmesser aufzufassen. Die Breite der Fahrbahn auf dem Kopf ist dabei die Zylinderlänge $l$ (s. Abb. 13 und 14).

[6]) Die Beweise für die folgenden Angaben findet man in Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 27.

[7]) Ich möchte nochmals ausdrücklich darauf hinweisen, daß eine solche Einteilung der Berührungsfläche nicht eine neue und willkürliche Annahme bedeutet sondern mit der Voraussetzung des Coulombschen Reibungsgesetzes notwendig verknüpft ist, da sonst die Spannungsverteilung unstetig sein müßte. Daß insbesondere die von mir berechnete Einteilung physikalisch möglich ist, ist überdies durch Versuche von *O. Reynolds* an Gummiwalzen nachgewiesen, Philos. Transactions Royal Society, London, Bd. 166 (1876) S. 155).

Eine Berechnung der Spannungen eines Reibungsgetriebes, die von anderen Vorstellungen ausgeht, hat *R. Lorenz* gegeben, s. Z. Bd. 72 (1928) S. 1899.

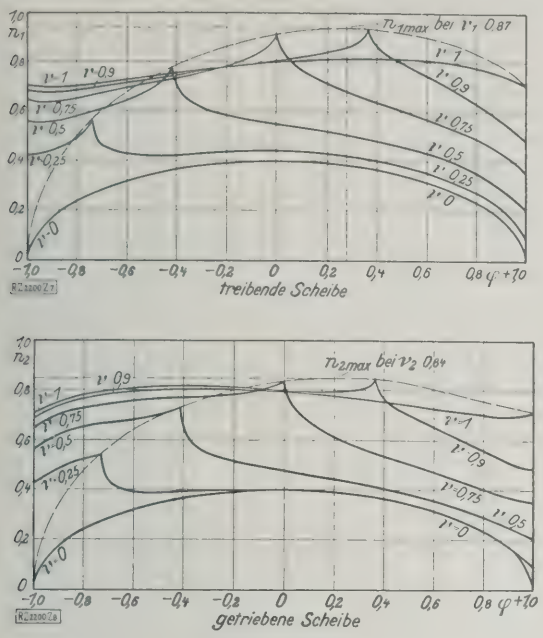



**Abb. 7 und 8**
Verteilung der reduzierten Spannung $\sigma_0 = n\, p_0$ über die Berührungsfläche bei ebener Verzerrung und einer Gleitreibungszahl $\mu = 0{,}4$ für verschiedene Umfangskräfte $U = 0{,}4\, \nu\, P$ ($P$ = Andruckkraft, $p_0$ = größte Andruckspannung).

### Beanspruchung zylindrischer Reibungsgetriebe

Aus diesen Angaben läßt sich die Beanspruchung für jede Stelle der Oberfläche in der Berührungsfläche oder in deren Nähe bestimmen. Es zeigt sich, daß die größte Anstrengung, wie zu erwarten, nicht außerhalb der Berührungsfläche, sondern innerhalb oder an ihrem Rande auftritt.

#### Reduzierte Spannung infolge der Berührung allein

Die reduzierte Spannung $\sigma_0$ in der Berührungsfläche läßt sich in einer sehr einfachen, zur praktischen Rechnung brauchbaren Form darstellen, wenn man sie als Vielfaches der größten Druckspannung $p_0$ in der Berührungsfläche angibt:

$$\sigma_0 = n\, p_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (7).$$

Darin ist $p_0$ aus Gl. (2) zu bestimmen und der Faktor $n$ ist unter Benutzung von Abb. 2 bis 6 aus

$$n^2 = \left(\frac{\sigma_0}{p_0}\right)^2 = a\, A \pm \mu\, a\, B + \mu^2\, C \quad \ldots\ldots \quad (8)$$

zu berechnen. Die Kurven geben für verschiedene Belastungsverhältnisse [Nutzungswerte $\nu = \frac{U}{\mu P}$ ($U$ Umfangkraft, $P$ Andruckkraft)] die Größen $A$, $B$, $C$ in Abhängigkeit von der Koordinate $\varphi$, also für jede Stelle der Berührungsfläche. Bei ebenem Verzerrungszustand ist $C = C'$ zu wählen und die Konstante $a = 0{,}16$ zu setzen, bei ebenem Spannungszustand gilt $C = C''$ und $a = 1$. Vor der Gleitreibungszahl $\mu$ gilt das Pluszeichen für die treibende, das Minuszeichen für die getriebene Scheibe.

So kann man sehr rasch einen Überblick über die reduzierten Spannungen gewinnen, wenn man für einige Belastungsfälle die Werte $n$ über $\varphi$ aufträgt, wie dies z. B. für $\mu = 0{,}4$ unter Voraussetzung ebener Verzerrung in Abb. 7 und 8 geschehen ist. Die Kurve für $U = 0$, also $\nu = 0$, gilt gleichzeitig für die bei Reibungsfreiheit ($\mu = 0$), also nach der *Hertzschen* Theorie auftretenden reduzierten Spannungen; man erkennt, daß der Stoff mit dem Auftreten der Umfangkraft bis auf über das Doppelte beansprucht wird.

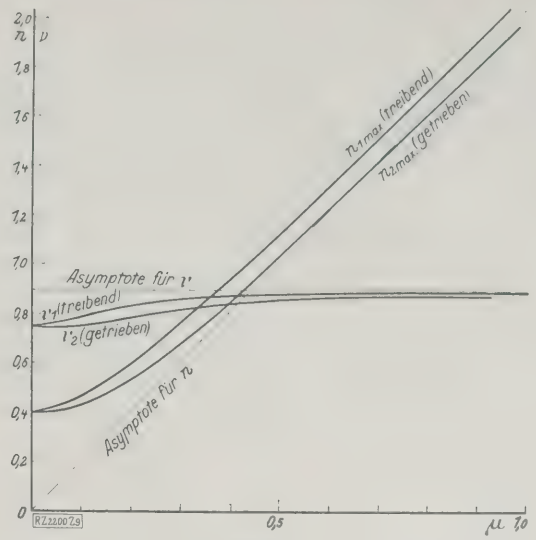



**Abb. 9**
Größtwerte $n_{max} = \frac{\sigma_{0max}}{p_0}$ und die Nutzungswerte $\nu_u = \frac{U_u}{\mu P}$, bei denen sie erreicht werden, in Abhängigkeit von der Gleitreibungszahl $\mu$.

Die einzelnen, je für einen bestimmten Nutzungswert $\nu$ gültigen Kurven weisen jedesmal an der Grenze zwischen Gleitgebiet und Haftgebiet ($\varphi = \gamma$) eine Spitze auf. Die Spitzen liegen sämtlich auf einer Spitzenkurve (gestrichelt), deren Größtwert zugleich die größte reduzierte Spannung angibt, die in der Berührungsfläche bei Veränderung der Umfangskraft bei gleichbleibender Druckkraft $P$ überhaupt auftreten kann. Es ergibt sich die Merkwürdigkeit, daß diese größte Anstrengung des Stoffs nicht erst bei der größtmöglichen Umfangskraft $U_{max} = \mu P$ auftritt[8]).

Für zwei Reibungszahlen seien die „ungünstigsten" Nutzungswerte $\nu_u$, für die die Größtwerte $n_{max}$ bei ebener Verzerrung auftreten, und die dazugehörigen Grenzstellen $\varphi = \gamma$ angegeben (für $\mu = 0{,}4$ s. Abb. 7 und 8).

**Zahlentafel 1**

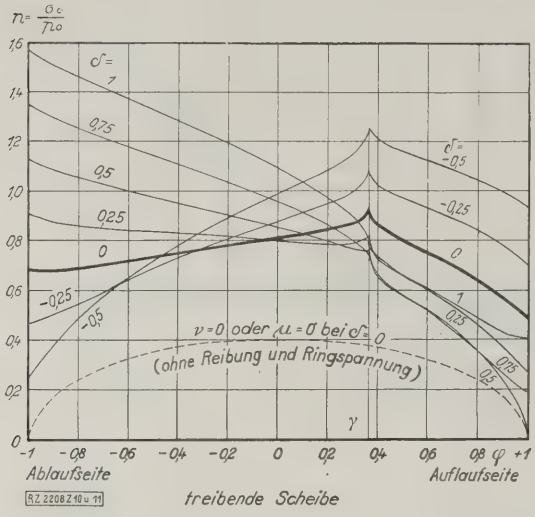
| | treibende Scheibe (1) | | | getriebene Scheibe (2) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\mu =$ | 0 | 0,25 | 0,40 | 0 | 0,25 | 0,40 |
| $\nu_u = \frac{U_u}{\mu P} =$ | — | 0,85 | 0,87 | — | 0,80 | 0,84 |
| $\varphi = \gamma =$ | ($\varphi = 0$) | 0,22 | 0,28 | ($\varphi = 0$) | 0,11 | 0,20 |
| $n_{max} =$ | 0,40 | 0,68 | 0,94 | 0,40 | 0,60 | 0,85 |
| also z. B. für $p_0 =$ | 2700 | | | | 2700 | kg/cm² |
| $\sigma_{0max} = n_{max}\, p_0 =$ | 1080 | 1830 | 2540 | 1080 | 1620 | 2300 kg/cm² |

Die reduzierten Spannungen $\sigma_0$ sind für eine größte Druckspannung in der Berührungsfläche $p_0 = 2700$ kg/cm² berechnet, wie sie etwa unter einem Lokomotivtriebrad von 1980 mm Dmr. auf einer Schiene mit flachem Kopf von 44 mm Breite der ebenen Lauffläche bei 8,5 t Radlast auftritt.

Nach den Größtwerten $n_{1_{max}}$ und $n_{2_{max}}$ ist das Reibungsgetriebe zu berechnen. Diese Werte sind nur noch von der Gleitreibungszahl $\mu$ abhängig, wie es in Abb. 9 für ebene Verzerrung dargestellt ist. Mit Benutzung dieser Abbildung und der Gl. (7) und (2) läßt sich nun sehr rasch die Anstrengung eines Reibungstriebes prüfen. Insbesondere kann man für größere Reibungszahlen ($\mu \geq 0{,}4$) die Kurve in erster Näherung durch ihre Asymptote ($n_{as} = \sim 2\,\mu$) ersetzen und erhält hierfür

$$\sigma_{0_{max}} = \sim 2\,\mu \sqrt{\frac{m\,G}{m-1}\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right)}\,\frac{P}{\pi\, l}.$$

[8]) Die gleiche Erscheinung zeigt sich, wenn man die reduzierte Spannung nach der Schubspannungstheorie berechnet. Vergl. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 56.



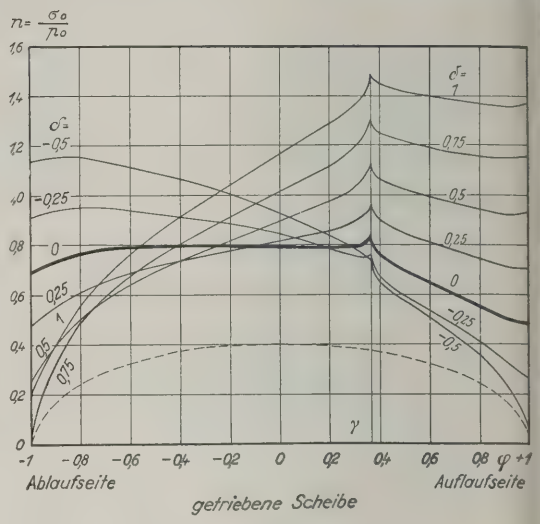




**Abb. 10 und 11** Verteilung der reduzierten Spannung $\sigma_0 = n\ p_0$ über die Berührungsfläche bei ebener Verzerrung, einer Gleitreibungszahl $\mu = 0{,}4$ und einem Nutzungswert $\nu = 0{,}9$ (Umfangskraft $U = 0{,}9 \cdot 0{,}4\,P$) für verschiedene zusätzliche Ringspannungen $\sigma_R = \delta\ p_0$ ($P$ = Andruckkraft, $p_0$ = größte Andruckspannung).

Aus der Eintragung der „ungünstigsten" Werte $\nu_u$ des Nutzungswertes, bei denen die Größtwerte $n_{max}$ erreicht werden, in die Abb. 9 geht hervor, daß die größte Anstrengung bei ebener Verzerrung stets erreicht wird, bevor der Reibungstrieb zu 90 vH ausgenutzt ist (Asymptotenwert $\gamma_{as} = 0{,}896$).

### Einfluß von Zusatzspannungen

Eine besondere Behandlung erfordern die Fälle, in denen beträchtliche Zusatzspannungen neben den von den Kräften $P$ und $U$ herrührenden Spannungen zu erwarten sind. Restspannungen von der Herstellung und Verarbeitung her sind natürlich auch hier der Rechnung nicht zugänglich. Wohl aber können z. B. Schrumpfspannungen und Fliehkraftspannungen berücksichtigt werden, wie sie etwa in den Radreifen der Eisenbahn auftreten. Durch das Aufschrumpfen und durch Fliehkräfte entstehen in einem Achsenschnitt der Reifen Zugspannungen („Ringspannungen"), deren Wert[9]) in der Nähe der Oberfläche wir wieder als Vielfaches von $p_0$ angeben wollen:

$$\sigma_R = \delta\, p_0 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (9)$$

In gleicher Weise können auch Biegungsspannungen in der Schiene berücksichtigt werden, die im allgemeinen als Druckspannungen im Kopf negativ anzusetzen sind ($\delta < 0$).

Für den Faktor $n$ ergibt sich nun die Formel

$$n^2 = \left(\frac{\sigma_0}{p_0}\right)^2 = [a\,A \pm \mu\,a\,B + \mu^2\,C] - [a\sqrt{A} \pm \mu\,(a+3)\,D]\,\delta + \frac{a+3}{4}\,\delta^2 \quad . \quad (10)$$

für die auch $\sqrt{A}$ und $D$ aus Abb. 2 bis 6 entnommen werden können. Im übrigen gelten die Bemerkungen zu Gl. (8) auch hier.

Für ein Beispiel ($\mu = 0{,}4$; $\nu = 0{,}9$; ebene Verzerrung) ist in Abb. 10 und 11 die Verteilung der Werte $n$ über die Berührungsfläche für verschiedene Ringspannungen ($\delta = -0{,}5$; $-0{,}25$; 0; 0,25; 0,5; 0,75; 1) dargestellt, die erkennen läßt, in welcher Weise Ringspannungen (+ Zug; − Druck) die reduzierte Spannung beeinflussen. In der getriebenen Scheibe[10]) ist schon infolge kleiner Ringspannungen eine Erhöhung der Anstrengung zu erwarten, und zwar tritt die größte reduzierte Spannung bei positiven Ringspannungen (Radreifen) an der Grenze zwischen Haft- und Gleitgebiet ($\varphi = \gamma$) auf, bei negativen Ringspannungen (Schienen) im Gleitgebiet. In der treibenden Scheibe dagegen kann bei kleinen positiven Ringspannungen in gewissen Fällen eine Entlastung des Stoffes eintreten, bis (im Beispiel etwa bei $\delta = 0{,}25$) die größte Anstrengung an die Ablaufseite ($\varphi = -1$) verlegt wird. Eine weitere Steigerung der positiven Ringspannung wirkt ebenso wie jede negative Ringspannung nachteilig.

[9]) „Hütte" 25. Aufl. Bd. 1 S. 676 und 681, *Föppl*, Vorlesungen Bd. 3 und 5, Teubner.

[10]) Bei Eisenbahnen sind Bremsrad und Schiene unter Triebrad als getriebene, Treibrad und Schiene unter Bremsrad als treibende Scheiben anzusehen.

Für die Konstruktion eines Reibungsgetriebes, das dem angeführten Beispiel entspricht, ergibt sich also der Gesichtspunkt, der treibenden Scheibe einen Laufring leicht aufzuschrumpfen, während bei der getriebenen Scheibe Ringspannungen zu vermeiden sind. Die Scheiben sind hinsichtlich ihrer Beanspruchung nicht vertauschbar.

Bei Radreifen ist die Schrumpfspannung mit Rücksicht auf festen Sitz stets so groß, daß sie die Anstrengung in der Berührungsfläche erhöht. Für das Beispiel der Zahlentafel 1 erhält man z. B. bei Berücksichtigung der Elastizität des Unterreifens und der Speichen als Schrumpfspannung etwa $\sigma_{Schr.} = 1840$ kg/cm². Der Einfluß der Fliehkraft beträgt bei 80 km/h Geschwindigkeit nur etwa 10 kg/cm². Man hat also $\delta = \frac{1850}{2700} = 0{,}69$.

Die Biegungsspannung in Schienen für Schnellzugstrecken darf $\sigma_R = 1100$ kg/cm² betragen[11]); hier wird also etwa $\delta = -\frac{1100}{2700} = -0{,}4$ zu setzen sein.

Mit diesen Werten erhält man in dem Beispiel der Zahlentafel 1 für die höchste Beanspruchung in der Berührungsfläche:

**Zahlentafel 2**

Triebrad: $\delta = 0{,}69$ ($\sigma_R = 1850$ kg/cm²)

| | treibend | | | gebremst | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\mu =$ | 0 | 0,25 | 0,40 | 0 | 0,25 | 0,40 |
| $\nu =$ | — | 1 | 0,9 | — | 1 | 0,9 |
| $\varphi =$ | 0 | −1 | −1 | 0 | | $= \gamma = 0{,}368$ |
| $n =$ | 0,66 | 1,06 | 1,30 | 0,66 | | 1,26 |
| $\sigma_0 =$ | 1790 | 2870 | 3510 | 1790 | | 3400 kg/cm² |

Schiene: $\delta = -0{,}4$ ($\sigma_R = -1100$ kg/cm²)

| | treibend (Bremsstrecke) | | | getrieben (Anfahrstrecke) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\mu =$ | 0 | 0,25 | 0,40 | 0 | 0,25 | 0,40 |
| $\nu =$ | — | | 0,9 | — | | 0,9 |
| $\varphi =$ | 0 | | $= \gamma = 0{,}368$ | 0 | | −0,8 |
| $n =$ | 0,77 | | 1,19 | 0,77 | | 1,07 |
| $\sigma_0 =$ | 2090 | | 3210 | 2090 | | 2890 kg/cm² |

Die Werte unter $\mu = 0{,}4$ gelten hierbei den Abbildungen 10 und 11 entsprechend nur für $\nu = 0{,}9$, also für eine Umfangskraft $U = \nu\,\mu\,P = 0{,}36\,P$. Für $\mu = 0{,}25$ wurde für das treibende Triebrad eine Rechnung vollständig durchgeführt, mit dem Ergebnis, daß die angegebene höchste reduzierte Spannung bei $\nu = 1$ zugleich der Größtwert ist, ($n = n_{max}$), der mit Veränderung der Umfangskraft bei fester Andruckkraft $P$ überhaupt auftreten kann. Zur Beurteilung der verschiedenen Einflüsse ist eine Gegenüberstellung beachtenswert:

[11]) Vergl. „Hütte" 25. Aufl. Bd. 3 S. 758.

Im treibenden Triebrade entstehen folgende Größtwerte der höchsten reduzierten Spannungen $\sigma_0$ in der Berührungsfläche:

| bei einer Flächenpressung von | $p_0 = 2700$ kg/cm² |
|---|---|
| ohne Reibung und ohne Ringspannung | $\sigma_{0_{max}} = 0{,}40\ p_0 = 1080$ kg/cm² |
| mit Reibung ($\mu = 0{,}25$), aber ohne Ringspannung | „ $= 0{,}68\ p_0 = 1830$ „ |
| ohne Reibung, aber mit Ringspannung ($\sigma_R = 1850$ kg/cm²) | „ $= 0{,}66\ p_0 = 1790$ „ |
| mit Reibung ($\mu = 0{,}25$) und Ringspannung ($\sigma_R = 1850$ kg/cm²) | „ $1{,}06\ p_0 = 2870$ „ |
| mit Reibung ($\mu = 0{,}4$) und Ringspannung ($\sigma_R = 1850$ kg/cm²) | $\sigma_{0_{max}} \geqq 1{,}30\ p_0 = 3510$ kg/cm² |

Man beachte, daß $\sigma_{0_{max}} > p_0$ wird.

In den Schienen treten, besonders in den Bremsstrecken, fast ebenso hohe, bei kleinen Reibungszahlen sogar größere Beanspruchungen als in den Radreifen auf. Dies ist auf die negativen Ringspannungen zurückzuführen. Man kann daraus schließen, daß bei guter Bettung und geringem Abstand der Schwellen sowie bei Wahl von Schienen mit großem Widerstandsmoment gegen Biegung der Verschleiß der Schienen in der Lauffläche wesentlich herabgemindert werden kann.

Zur raschen Prüfung der Anstrengung eines Reibungstriebes mit Ringspannungen dürften Kurven der Größtwerte $n_{max}$ in Abhängigkeit von $\mu$ für verschiedene $\delta$ geeignet sein (wie sie für $\delta = 0$ in Abb. 9 gezeichnet sind). Bei der Berechnung solcher Kurven ist darauf zu achten, daß die Größtwerte nicht bei $\varphi = \gamma$ zu liegen brauchen.

### Gefahr des spröden Bruches

Die Prüfung auf Gefahr des spröden Bruches gestaltet sich dadurch sehr viel einfacher, daß für die größte Zugspannung die einfache Formel

$$\sigma_{max} = \sigma_R + p_0 \mu F \quad \ldots \ldots \ldots \quad (11)$$

angegeben werden kann. Darin ist $F$ eine Funktion des Nutzungswertes $\nu$, die für die treibende und für die getriebene Scheibe verschiedene Werte annimmt, die der Abb. 12 entnommen werden können. Die Gl. (11) läßt im Rahmen der Genauigkeit dieser Rechnung erkennen, daß eine Steigerung der größten Zugspannung über die Ringspannung hinaus durch die Druckkraft $P$ allein nicht entsteht, sondern erst dadurch, daß durch eine Umfangskraft die Reibung wachgerufen wird.

Im obigen Beispiel für $\mu = 0{,}25$ ergeben sich ohne Berücksichtigung der Ringspannungen als größte Zugspannungen in Rad und Schiene $\sigma_{max} = 1350$ kg/cm². Von den Ringspannungen bewirkt hier die Druckspannung in den Schienen eine Entlastung, die am geringsten über den Schwellen ist. Im Radreifen entsteht dagegen eine Zugspannung von $\sigma_{max} = 1350 + 1850 = 3200$ kg/cm². Diese Zahl darf nicht nach der Streckgrenze bewertet werden, sondern nach der auf den eingeschnürten Querschnitt bezogenen Spannung im Augenblick des Zerreißens des Probestabes; denn nach dieser mittleren „wahren Spannung", die sehr große Werte annimmt, kann man die Kohäsion beurteilen, die für $\sigma_{max}$ die Grenze bildet.

### Herleitung der Formeln und Berechnung der Kurven, Abb. 2 bis 12

Zur Ableitung der Gl. (8) bzw. (10) bestimmen wir zunächst die Hauptspannungen: aus den Elastizitätsgleichungen (Achse der $z$-Koordinate parallel Zylinderachse)

$$\varepsilon_x E = \frac{2(m+1)}{m} G\,\varepsilon_x = \sigma_x - \frac{\sigma_y + \sigma_z}{m}; \quad \varepsilon_z E = \sigma_z - \frac{\sigma_x + \sigma_y}{m}$$

folgt bei ebener Verzerrung ($\varepsilon_z = 0$):

$$\sigma_z = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{m}; \quad \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} = \frac{m}{2(m-1)}\sigma_y + \frac{m\,G\,\varepsilon_x}{m-1}$$

$$\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2} = -\frac{m-2}{2(m-1)}\sigma_y + \frac{m\,G\,\varepsilon_x}{m}.$$

Bei ebener Spannung ist $\sigma_z = 0$ und in den beiden anderen Ausdrücken ist $m$ durch $m^*$ zu ersetzen.

Setzen wir hier $\sigma_y$ und $\varepsilon_x$ nach (3) und (6) ein, so erhalten wir Ausdrücke für die Spannungen $\sigma_x$ und $\sigma_z$ in jedem Punkte der Berührungsfläche, die bei der Belastung des Triebes durch die Kräfte $P$ und $U$ entstehen. Ist daneben eine Ringspannung $\sigma_R$ zu berücksichtigen, so ist bei Belastung des Triebes $\sigma_x' = \sigma_R + \sigma_x$

und für ebene Verzerrung $\sigma_z' = \frac{\sigma_x' + \sigma_y}{m}$.

So erhält man mit (3), (6) und (5)

$$\left.\begin{aligned} \frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} &= \frac{\sigma_R}{2} - p_0\left[\sqrt{1-\varphi^2} \mp \mu D\right] \\ \frac{\sigma_x' - \sigma_y}{2} &= \frac{\sigma_R}{2} \mp p_0 \mu D; \quad \tau_{xy} = p_0 \mu K \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (12),$$

worin für das Gleitgebiet

$$\left.\begin{aligned} D &= \frac{1+\gamma}{2} - \sqrt{(1-\varphi)(\gamma-\varphi)} \quad \text{und} \quad K = \sqrt{1-\varphi^2} \\ &\text{für das Haftgebiet} \\ D &= \frac{1+\gamma}{2} \quad \text{und} \quad K = \sqrt{1-\varphi}\left(\sqrt{1+\varphi} - \sqrt{\varphi-\gamma}\right) \end{aligned}\right\} \quad (12a),$$

zu setzen ist. Die Gleichungen (12) und (12a) gelten für ebene Verzerrung und für ebene Spannung; die Unterscheidung ist durch die Werte von $\sigma_R$ und $p_0$ gegeben.

Bezeichnet man nun die in der $xy$-Ebene liegenden Hauptspannungen mit $\sigma_I$, $\sigma_{II}$, $\tau_{III}$, so findet man der Reihe nach:

$$\left.\begin{aligned} \tau_{III} &= \sqrt{\left(\frac{\sigma_x' - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \\ \sigma_I &= \frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} + \tau_{III}; \quad \sigma_{II} = \frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} - \tau_{III} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (13),$$

ferner bei ebener Verzerrung:

$$\sigma_{III} = \sigma_z' = \frac{2}{m}\,\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2}$$

$$\tau_I = \frac{\sigma_{II} - \sigma_{III}}{2} = \frac{1}{2}\left(\frac{m-2}{m}\,\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} - \tau_{III}\right)$$

$$\tau_{II} = \frac{\sigma_{III} - \sigma_I}{2} = -\frac{1}{2}\left(\frac{m-2}{2}\,\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} + \tau_{III}\right),$$

dagegen bei ebener Spannung

$$\sigma_{III} = 0$$

$$\tau_I = \frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} - \tau_{III}\right); \qquad \tau_{II} = -\frac{1}{2}\left(\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2} + \tau_{III}\right).$$

Nach Gl. (1) erhält man also für die reduzierte Spannung

$$\sigma_0^2 = a\left(\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2}\right)^2 + 3\,\tau_{III}^2$$

$$= a\left(\frac{\sigma_x' + \sigma_y}{2}\right)^2 + 3\left(\frac{\sigma_x' - \sigma_y}{2}\right)^2 + 3\,\tau_{xy}^2.$$

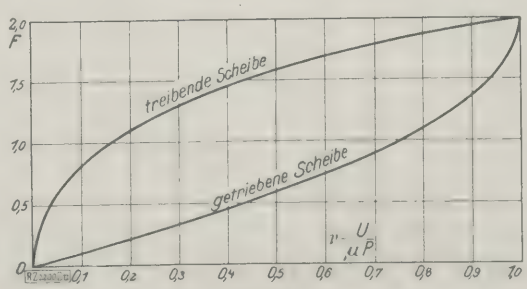



Abb. 12
Kurven der Hilfsfunktion $F$ zur Berechnung der größten Zugspannung nach Gl. (11).

Der Wert des Faktors $a$ ist

bei ebener Verzerrung $a = \left(\frac{m-2}{m}\right)^2 = 0{,}16$,

bei ebener Spannung $a = 1$ zu setzen.

Durch Einsetzen nach (12) wird

$$\sigma_0^2 = \frac{a+3}{4}\sigma_R^2 - \sigma_R p_0 \left[a\sqrt{1-\varphi^2} \pm (a+3)\,\mu D\right] + p_0^2 \left[a\,(1-\varphi^2) \pm \mu\, 2\,a\,D\sqrt{1-\varphi^2} + \mu^2 \left\{(a+3)\,D^2 + 3\,K^2\right\}\right] \quad . \quad (14).$$

Damit ist die reduzierte Spannung für jeden Belastungsfall und jede Stelle der Berührungsfläche bekannt. Man erhält aus Gl. (14) die Formel (10), wenn man folgende Abkürzungen einführt:

$$\left.\begin{aligned} &A = (1-\varphi^2); \qquad \sqrt{A} = \sqrt{1-\varphi^2} \\ &B = 2\,D\sqrt{1-\varphi^2} \\ &C = \left\{(a+3)\,D^2 + 3\,K^2\right\} \\ &\text{dazu} \qquad D \text{ nach Gl. (12a)} \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15).$$

Hiernach sind die Kurven in Abb. 2 bis 6 und die Beispiele der Abbildungen 7, 8, 10, 11 berechnet und können nach Bedarf vervollständigt werden.

Die Höchstwertkurve, s. Abb. 9, findet man folgendermaßen: Mit $\delta = 0$ und $\varphi = \gamma$ erhält man aus Gl. (14) die in Abb. 7 und 8 gestrichelten Spitzenkurven, die nur noch von $\mu$ und $\gamma$ abhängen, also $n_\gamma^2 = f(\mu, \gamma)$.

An den Höchstwerten gilt daher $\frac{\partial\left(n_\gamma^2\right)}{\partial\,\gamma} = \frac{\partial}{\partial\,\gamma} f(\mu, \gamma) = 0$.

Diese Gleichung liefert die „ungünstigsten" Werte $\gamma_u$ in Abhängigkeit von $\mu$; setzt man sie in die vorige Gleichung bzw. in Gl. (4) ein, so hat man die Gleichungen der Kurven in Abb. 9.

Es bleibt noch zu zeigen, daß

die größte Anstrengung nicht außerhalb der Berührungsfläche

liegt. Man findet unter Benutzung von Gl. (6a) für die reduzierte Spannung an der Auflaufseite

$$\left.\begin{aligned} &\sigma_0 = \sqrt{a+3} \\ &\times \left\{\frac{\sigma_R}{2} \mp p_0\left[\frac{1+\gamma}{2} - \sqrt{(1-\varphi)(\gamma-\varphi)} - \sqrt{\varphi^2-1}\right]\right\} \\ &\text{und an der Ablaufseite} \\ &\sigma_0 = \sqrt{a+3} \\ &\times \left\{\frac{\sigma_R}{2} \mp p_0\left[\frac{1+\gamma}{2} - \sqrt{(1-\varphi)(\gamma-\varphi)} + \sqrt{\varphi^2-1}\right]\right\} \end{aligned}\right\} \quad (16).$$

Diese Ausdrücke werden bei Entfernung von der Berührungsfläche kleiner.

Die Prüfung auf die Gefahr des spröden Bruches läßt sich jetzt rasch erledigen: Man überzeugt sich sofort, daß die größte Zugspannung nur durch $\sigma_I$ gegeben sein kann. Aus (13) und (12) folgt:

$$\sigma_I = \left(\frac{\sigma_R}{2} \mp p_0\,\mu\,D\right) - p_0\sqrt{1-\varphi^2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_R}{2} \mp p_0\,\mu\,D\right)^2 + p_0^2\,\mu^2\,K^2}.$$

Da für die Reibungszahl $\mu < 1$ anzunehmen ist, so ist stets $p_0\sqrt{1-\varphi^2} > p_0\,\mu\,K$, und da außerdem $D$ seine Extremwerte für $\varphi = -1$ und $\varphi = +1$ erhält, so sind die größten Zugspannungen hier zu suchen, und zwar unter den Werten $\sigma_I = 2\left(\frac{\sigma_R}{2} \mp p_0\,\mu\,D\right)$.

Nun ist für $\varphi = -1$ $D_1 = -\sqrt{\frac{1+\gamma}{2}}\left(2 - \sqrt{\frac{1+\gamma}{2}}\right) \leqq 0$,

für $\varphi = +1$ $D_2 = \frac{1+\gamma}{2} \geqq 0$.

Also wird $\sigma_I$ für die treibende Scheibe (oberes Vorzeichen vor $\mu$) ein Höchstwert mit $D_1$, für die getriebene Scheibe mit $D_2$. Die größte Zugspannung tritt daher in der treibenden Scheibe an der Ablaufstelle ($\varphi = -1$) auf und ist

$$\sigma_{1\max} = \sigma_{R_1} + p_0\,\mu\,2\sqrt{\frac{1+\gamma}{2}}\left(2 - \sqrt{\frac{1+\gamma}{2}}\right) \quad . \quad (17a);$$

in der getriebenen Scheibe tritt sie an der Auflaufstelle ($\varphi = +1$) auf und ist

$$\sigma_{2\max} = \sigma_{R_2} + p_0\,\mu\,(1+\gamma) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17b)$$

Die Ausdrücke $2\sqrt{\frac{1+\gamma}{2}}\left(2 - \sqrt{\frac{1+\gamma}{2}}\right)$ und $(1+\gamma)$ sind durch Vermittlung von (4) Funktionen des Nutzungswertes $\nu$ und sind als solche zur Erleichterung der Auswertung in Gl. (11) mit $F$ bezeichnet und in Abb. 12 dargestellt.

Für Randpunkte außerhalb der Berührungsfläche wird auch die größte Hauptspannung durch die Gl. (16) dargestellt, wenn man darin $a = 1$ setzt. Daher liegt auch für den spröden Bruch die Gefahr nicht außerhalb der Berührungsfläche. [B 2208]

Schluß folgt.

## Photographische Objektive

### Berichtigung

In Z. Bd. 73 (1929) Nr. 2 S. 49 darf, wie Direktor *Martin*, Emil Busch A.-G., Berlin-Rathenow, mitgeteilt hat, die Unterschrift zu 1 bis 4 nicht „Strahlengang" durch eine Lupe usw. heißen. Die Skizzen sollen lediglich ungefähr die Lage der einzelnen Bildebenen andeuten, in Abb. 1 und Abb. 4 geben die Pfeile auch ungefähr die Größenverhältnisse an.

### Zuschrift

In dem Aufsatz von *R. Thun* ist dem Verfasser bei Zusammenstellung der Aperturen mit den entsprechenden Öffnungsverhältnissen ein Irrtum unterlaufen. Es muß heißen unter

| | mittelstark | stark |
|---|---|---|
| numerische Apertur . . . . . | 0,65 | 0,95 |
| richtig Öffnungsverhältnis . | 1 : 0,77 | 1 : 0,526. |

Der Irrtum ist der Nichtbeachtung der bei allen brauchbaren Objektiven höherer Öffnung notwendig zu erfüllenden Sinusbedingung zuzuschreiben, der zufolge das Öffnungsverhältnis $1 : N = 2 \sin u$ ist, nicht aber, wie vermutlich irrtümlich angenommen $1 : N = \operatorname{tg} u$.

Wetzlar Dr. techn. *Erwin Lihotzky*

### Erwiderung auf vorstehende Zuschrift

Dem allgemeinen Gebrauch nach sowie auch gemäß dem Wortsinn ist das „Öffnungsverhältnis" eines Objektives das Verhältnis der wirksamen Öffnung zur Brennweite. Dieses Verhältnis ist gemäß dieser Definition der reziproke Wert von $2 \operatorname{tg} u$. Das Öffnungsverhältnis hat ebenso wie die numerische Apertur die Bedeutung einer Vergleichzahl. Die verschiedenen Eigenschaften von Linsenfolgen ändern sich in irgendeinem Verhältnis zu diesen Zahlen. Solange das Öffnungsverhältnis bzw. die numerische Apertur klein ist, sind beide Vergleichzahlen einander fast verhältnisgleich wegen der Ähnlichkeit von sin und tang bei kleinen Winkeln. Bei Mikroskopobjektiven von großer Öffnung ändert sich sowohl Lichtstärke als auch Auflösungsvermögen angenähert verhältnisgleich zu $\sin u$ oder zu $\sin^2 u$. Auf diesen Zusammenhang wollte wohl auch Dr. *Lihotzky* hinweisen, indem er als Öffnungsverhältnis $1 : 2 \sin u$ angibt. Die Werte können jedoch nach meiner Auffassung nicht als Öffnungsverhältnis bezeichnet werden, sondern sind nur ein ungeformter Ausdruck für die numerische Apertur. Gewisse Eigenschaften der Objektive sind verhältnisgleich einer Potenz von $\operatorname{tg} u$, so daß der von mir gegebene Zahlenvergleich ebenfalls eine gewisse Berechtigung hat. Allerdings ist es in der Mehrzahl der Fälle erforderlich, mit der numerischen Apertur zu rechnen.

Berlin [N 3064] *R. Thun*

# Dynamische Untersuchungen an technischen Gebilden

*Von Dr. phil. WILHELM SPÄTH, Barmen*

*Meßverfahren zur Untersuchung, Überwachung und Belastungsprüfung von technischen Gebilden. — Messung des dynamischen Verhaltens durch Erzeugung wiederkehrender Kräfte von einstellbarer Größe, Frequenz, Angriffrichtung, Angriffstelle. — Aufnahme von Resonanzkurven durch Messung des Ausschlages oder der verbrauchten Leistung in Abhängigkeit von der Frequenz. — Beschreibung einer Sonderausführung zur Untersuchung von Eisenbahnbrücken. — Versuche an Eisenbahnbrücken, Bestimmung der Eigenfrequenz, Dämpfung, der Federkonstanten, schwingenden Masse, Aufschaukelzeit, Abklingzeit usw. — Weitere vielseitige Anwendungsmöglichkeiten.*

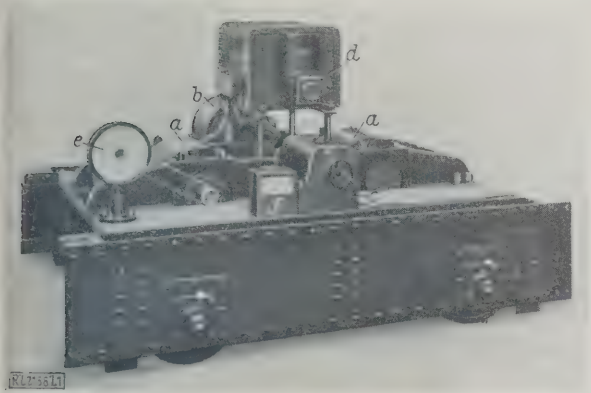



**Abb. 1.** Ansicht des Prüfwagens.
*a* Exzentrische Massen *b* Antriebmotor *c* Anlasser
*d* Regelwiderstände *e* Tachometer *f* Wattmeter

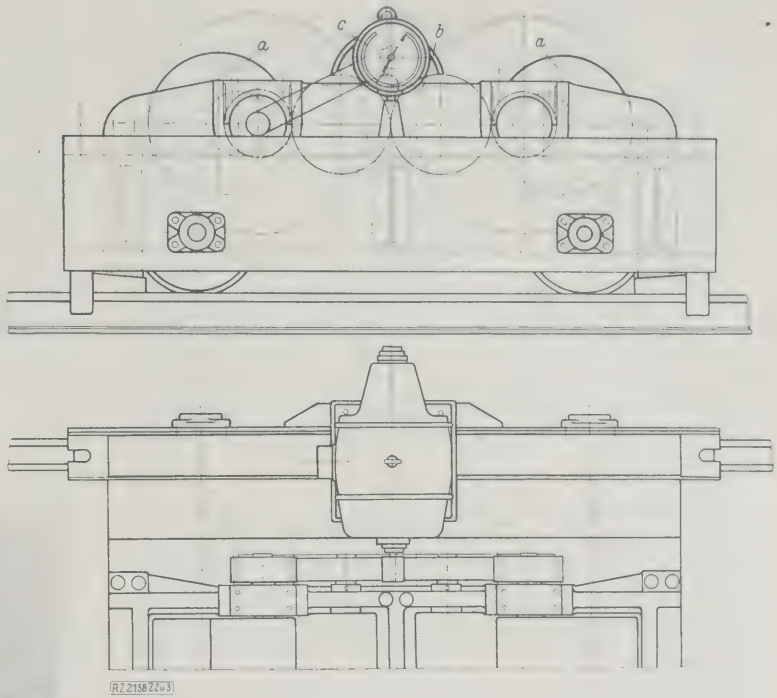



**Abb. 2 und 3**
Schwingungsprüfmaschine nach Späth.
*a* Exzentrische Massen *b* Antriebmotor *c* Tachometer

Bei der Untersuchung von Schwingungserscheinungen, sei es z. B. von Verdrehungsschwingungen einer Schiffswelle, von Schwingungen einer Brücke bei der Überfahrt eines Zuges, von Schwingungen einer Maschinengründung oder dergl., versucht man in der Regel durch besondere Geräte die auftretenden Schwingungserscheinungen aufzuzeichnen. In dieser Hinsicht sind in Deutschland die Apparate von Dr.-Ing. *Geiger* wohl am weitesten entwickelt[1]). So lehrreich auch die sich hierbei ergebenden Meßergebnisse sein mögen, darüber muß man sich stets klar sein, daß die Messung der Schwingungen als Gesamterscheinung eigentlich das letzte Glied einer Untersuchung sein müßte, und daß zur restlosen Erkenntnis der verwickelten Erscheinungen zwei Punkte von grundlegender Bedeutung sind, nämlich die versuchsmäßige Erfassung der dynamischen Eigenschaften des schwingungsfähigen Systems als solches und die Erforschung der Art der periodischen Kraftstöße. Erst nach Kenntnis dieser beiden Punkte ist die Auslegung der Schwingungsdiagramme auf eine sichere Grundlage gestellt.

Einen Fortschritt in der Erkenntnis des dynamischen Grundverhaltens eines technischen Gebildes stellt ein Meßverfahren dar, das erlaubt, dynamische Versuche unter genau einstellbaren Verhältnissen anzustellen, und das die dynamischen Grundeigenschaften eines technischen Gebildes klarlegt. Die entsprechenden Apparate und Maschinen werden nach meinen Angaben vom Losenhausenwerk A.-G., Düsseldorf-Grafenberg, hergestellt. Dieses Meßverfahren verwendet zur Erzeugung von erzwungenen Schwingungen periodische Kraftstöße, deren Größe, Frequenz, Angriffstelle und Richtung in beliebiger und meßbarer Weise eingestellt werden können. Eine Sonderausführung zur Untersuchung von Brücken, die den Teilnehmern des II. Internationalen Kongresses für Brücken- und Hochbau[2]) auf der Donaubrücke der Nordwestbahn bei Wien vorgeführt worden ist[3]), zeigen Abb. 1 bis 3.

Die Prüfmaschine ist auf einem vierrädrigen Wagen aufgebaut und kann so schnell auf den Gleisen bewegt werden. Auf diesem Wagen sind zwei Schwungmassen angeordnet, die exzentrisch auf ihren Achsen gelagert sind, wobei die Exzentrizität der Schwungmassen beliebig eingestellt werden kann. Die beiden Schwungmassen werden über ein Zahnradgetriebe durch einen Elektromotor gegenläufig in Umdrehung versetzt. Die Umdrehungszahl ist von null bis zu einem Höchstwert durch Widerstandreglung feinfühlig einstellbar und wird an einem Präzisionstachometer abgelesen.

Wird der Wagen auf die zu untersuchende Brücke geschoben und dort auf den Schienen befestigt, so drückt er zunächst, entsprechend seinem Eigengewicht, auf die Brücke. Werden nunmehr die Schwungmassen in Umlauf versetzt, so werden infolge der Fliehkraft sinusförmige Belastungen auf die Brücke ausgeübt, die genau gemessen werden können, da die Schwungmassen

[1]) Vergl. z. B. Z. Bd. 72 (1928) S. 350; „Der Bauingenieur" Bd. 5 (1924) S. 606.

[2]) Vergl. hierzu Z. Bd. 73 (1929) Nr. 3 S. 92.

[3]) Vergl. *W. Späth*, Zeitschr. d. Österr. Ing. u. Arch. Vereines, Bd. 80 (1928) Heft 37/38. *R. Bernhard* und *W. Späth*, Der Stahlbau Bd. 2 (1929) Heft 6 S. 61. Report of the Bridge Stress Committee, London 1928.

auf einer Waage mit größter Genauigkeit vorher geeicht worden sind. Hiermit ist die Grundlage für eine systematische Brückenuntersuchung gegeben, denn die periodischen Belastungen sind nunmehr in ihrer Größe genau bekannt, ihre Angriffstelle und ihre Richtung sowie die Frequenz der periodischen Kräfte sind beliebig einstellbar. Die Frequenz läßt sich außerdem mit größter Genauigkeit an dem Tachometer ablesen.

Bei langsamem Lauf der Schwungmassen bleibt die Brücke annähernd in Ruhe. Wird die Frequenz allmählich gesteigert, so gerät die Brücke bei Erreichen einer ganz bestimmten Frequenz in kräftige Schwingungen, die bei weiterer Steigerung der Frequenz wieder verschwinden. Die Brücke zeigt die typische Erscheinung der Resonanz eines Schwingungssystems, d. h. wenn die Frequenz der erregenden Kräfte mit der Eigenabstimmung zusammenfällt, tritt eine außerordentlich starke Aufschaukelung ein. Im einzelnen sind folgende Messungen von besonderer Bedeutung:

Zu jeder eingestellten Frequenz wird der zugehörige Schwingungsausschlag der Brücke mittels Schwingungsmesser an beliebigen Stellen gemessen. Sodann wird eine Linie gezeichnet, die den sich zu jeder Frequenz einstellenden Schwingungsausschlag darstellt. Da die in der Brücke schwingende Energie proportional dem Quadrat des Schwingungsausschlages ist, empfiehlt es sich, nicht den Schwingungsausschlag selbst, sondern dessen Quadrat aufzutragen.

Eine besonders wichtige Messung besteht darin, die Leistung des Antriebmotors durch ein vorgeschaltetes Wattmeter zu bestimmen. Da die vom Motor zu deckende Arbeitsleistung beim Durchgang einer kritischen Eigenfrequenz stark anwächst, stellt sich eine entsprechende Schaulinie etwa in der Form nach Abb. 4 dar. Die Linie *a* gibt hierbei den Verbrauch an Leerlaufarbeit zur Überwindung der elektrischen und mechanischen Verluste der Meßanordnung an. Diese Linie kann man auch gesondert aufnehmen, indem der Meßwagen auf eine starre Unterlage gestellt wird. Der Antriebmotor hat in diesem Fall lediglich die Leerlaufverluste zu decken, während die eigentliche Arbeit, also die Erzeugung von Schwingungen, künstlich auf null gehalten wird.

Für gewisse Zwecke kann es vorteilhaft sein, die Resonanzlinien auf konstante Erregungskraft umzurechnen. Da die Größe der Erregungskraft gemäß der Formel $Z = m\,r\,\omega^2$ mit der Frequenz quadratisch ansteigt, sind in diesem Fall die Resonanzkurven für $\frac{Z}{\omega^2}$ = konstant umzurechnen.

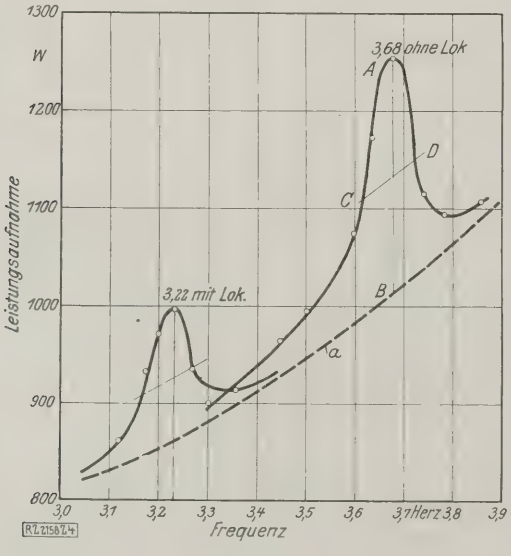



**Abb. 4**
Frequenzleistungsdiagramm einer 71 m weit gespannten Eisenbahnbrücke aus St 48.
*a* Leerlaufarbeit

### Auswertung der Resonanzkurve

Aus der Resonanzlinie kann ohne weiteres die Lage der Eigenfrequenz der Brücke abgelesen werden. Dies ist erlaubt, da die Dämpfung von Brücken sehr klein ist, so daß die durch die Dämpfung verursachte Frequenzänderung völlig zu vernachlässigen ist.

Außerdem kann man aus der Resonanzkurve die Dämpfung der Brücke entnehmen, und zwar in der Form des logarithmischen Dekrements der Dämpfung. Zu diesem Zweck wird z. B. in Abb. 4 die Strecke von der Spitze *A* der Schaulinie bis zum Schnittpunkt *B* mit der Verlustlinie halbiert und durch den Halbierungspunkt eine Parallele *CD* zur Verlustlinie gezogen. Die Länge dieser Linie zwischen den beiden Schnittpunkten mit der Resonanzkurve, in Hertz ausgedrückt, betrage $x$, dann ist das logarithmische Dekrement der Dämpfung:

$$\vartheta = \pi \frac{x}{n}.$$

Die durch Reibung und ähnliche Vorgänge in der Brücke beim Schwingen verbrauchte Arbeit läßt sich aus Abb. 4 ohne weiteres entnehmen. Sie ist in Watt ausgedrückt, unmittelbar der Strecke *AB* gleich.

Eine Brücke braucht eine bestimmte Zeit, um den einer bestimmten periodischen Belastung entsprechenden Höchstwert der Amplitude zu erreichen, die sogenannte Aufschaukelzeit. Diese ist aus dem logarithmischen Dekrement ohne weiteres zu berechnen und liefert eine weitere wertvolle Kennzahl einer Brücke.

Das Einsetzen einer Schwingung läßt sich darstellen durch die Formel:

$$a = A\,(1 - e^{-\delta t}) \sin \omega t.$$

Zu Beginn des Vorganges ist die Amplitude der Brücke null und wächst dann asymptotisch gegen den Wert *A*, der dem stationären Schwingungsvorgang entspricht. Die Schnelligkeit des Einschwingens ist durch den Wert $\delta$ oder $\vartheta$ bestimmt, wobei die Annäherung an die stationäre Amplitude *A* um so schneller eintritt, je größer die Dämpfung ist. Definiert man als Aufschaukelzeit die Zeit, innerhalb deren die Amplitude 90 vH ihres Endwertes erreicht, so beträgt die hierfür erforderliche Zeit $\frac{2{,}3}{\vartheta}$ Perioden. Dieser Wert ergibt zusammen mit der Brückendurchfahrzeit ein wichtiges Kennzeichen für das Verhalten einer Brücke im praktischen Fahrbetrieb.

In ähnlicher Weise kann man das Abklingen der Brückenschwingungen nach Aufhören der erregenden Kräfte durch die Messung der Dämpfung ohne weiteres feststellen. Da die Dämpfung der Brücke von der Größe des Schwingungsausschlages abhängt, derart, daß bei kleineren Schwingungen die Verluste und damit die Dämpfung kleiner sind, so werden die starken Schwingungen verhältnismäßig schnell abklingen, während mit abnehmender Schwingungsamplitude entsprechend der Dämpfung die kleineren Schwingungen langsamer abnehmen.

### Bestimmung der schwingenden Masse und der wirksamen Federkonstanten

Eine Brücke kann aufgefaßt werden als ein Schwingungssystem mit einer bestimmten Federkonstanten und einer schwingenden Masse, ähnlich etwa einem physikalischen Pendel, das ebenfalls durch die reduzierte Pendellänge und die reduzierte Pendelmasse ersetzt gedacht werden kann. Die Federkonstante sei $c$ und die Masse $m$, dann errechnet sich die Eigenfrequenz in $2\pi$ s zu

$$\omega = \sqrt{\frac{c}{m}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1).$$

In dieser Gleichung ist $\omega$ bekannt. Wird nun auf die unbelastete Brücke ein Zusatzgewicht aufgefahren, z. B. eine Lokomotive von der Masse $\Delta m$, und wird in diesem Zustande die neue Eigenschwingungszahl bestimmt, die $\omega_1$ sei, dann gilt:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{c}{m + \Delta m}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2).$$

Durch Division der beiden Gleichungen (1) und (2) wird erhalten:

$$\frac{1}{m}\left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^2 = 1,$$

woraus $m$ und damit auch $c$ bestimmt werden kann.

Die hiernach an einer Brücke mit größter Genauigkeit und in Form von absoluten Bestimmungen festzulegenden Größen, also die Eigenfrequenz, die Dämpfung, die Dämpfungsarbeit, die Federkraft, die schwingende Masse, kennzeichnen den Zustand einer Brücke. Veränderungen im Zustand der Brücke, z. B. infolge von Temperaturänderungen, durch einen auffahrenden Zug u. a., machen sich sofort in Änderungen dieser Größen bemerkbar und können daher gemessen werden. Auch kann man Vergleiche zwischen den schwingungstechnischen Eigenschaften verschiedener Brückenkonstruktionen, wie Steinbauten, Eisenbauten, Eisenbetonbauten usw. ziehen.

Durch die erste Untersuchung einer Brücke werden genaue Unterlagen für ihren Zustand gewonnen. Wenn man nun solche Linien in gewissen Zeitabständen wieder aufnimmt, wird eine besondere Überwachung ermöglicht, da sich alle Veränderungen in den gemessenen dynamischen Größen auswirken.

So wird eine Schwächung der Hauptträger durch Verrosten eine Erniedrigung der Eigenabstimmung zur Folge haben; in ähnlicher Weise wirkt eine Lockerung der Nietverbindungen.

Dauerbrüche werden sich besonders stark in einer Erniedrigung der Eigenabstimmung bemerkbar machen. Auch der Zustand der Gründungen hat auf die Eigenabstimmung Einfluß. Unterwaschungen durch Überschwemmungen lassen sich sofort feststellen.

Der Meßwagen gestattet je nach den besonderen Verhältnissen die Erzeugung einer periodischen Belastung von 100 000 bis 500 000 kg. Es können also mit ihm Belastungen bis zu der Größenordnung der Zuggewichte ausgeübt werden. Im Eisenbahnbetrieb ist die Zusammenstellung von Belastungszügen für statische Belastungsversuche sehr störend und mit großem Aufwand verbunden, so daß durch den Wagen auch bei der Ausführung von eigentlichen Belastungsprüfungen eine wesentliche Vereinfachung unter großer Ersparnis an Personal, Material und Zeit möglich ist.

Man hört häufig besonders von Eisenbahnfachleuten, daß der Wert derartiger Messungen zur Untersuchung der Veränderungen einer Brücke in regelmäßigen Zeitabständen heute beschränkt sei, da die Unterlagen für die Ausdeutung der Ergebnisse noch fehlten. Dies ist jedoch nur bedingt richtig, denn der Meßwagen gibt die Möglichkeit an die Hand, die Verhältnisse während der Liegezeit einer Brücke in wenigen Tagen nachzuahmen. Durch Anstellung von Dauerversuchen mit Hilfe des Schwingungswagens und Nachprüfung der Einzelwerte der dynamischen Eigenschaften während des Dauerversuches ist die Untersuchung der grundsätzlichen Vorgänge ohne weiteres möglich.

Im übrigen wurden bereits durch die bisherigen Versuche an zwei gleichen Brücken, die parallel auf denselben Pfeilern liegen und eine sehr verschiedene Liegedauer haben, sehr beachtenswerte Beziehungen über den Verlauf der Dämpfung in den Nietverbindungen aufgedeckt.

### Genauigkeit der dynamischen Versuche

Die Messung der grundlegenden Kennzahl einer Brücke, der Eigenabstimmung, ist ohne weiteres auf $^1/_{100}$ Hertz genau möglich. Diese genaue Bestimmung ermöglicht eine entsprechend genaue Ermittlung aller andern Werte der Brücke, insbesondere auch der Federkonstanten. Um die gleiche Genauigkeit bei statischen Belastungsversuchen zu erreichen, müßte man die Durchbiegung auf $^1/_{100}$ mm genau bestimmen. Bei praktischen Brückenmessungen fällt besonders der Umstand ins Gewicht, daß diese Genauigkeit völlig unabhängig von Witterungsbedingungen und den vielen störenden Einflüssen erzielt werden soll. Die Ablesegeräte sind gegen Witterungseinflüsse völlig unempfindlich und können auch ohne weiteres in einen besonderen Beobachtungswagen verlegt werden. Gerade diese Eigenschaft der ganzen Meßanordnung ist eine wesentliche Vorbedingung für zuverlässige Messungen bei der praktischen Brückenprüfung.

### Schlußfolgerungen

Die bisherigen Messungen haben gezeigt, daß durch systematische Versuche die häufig so verwickelt erscheinenden Schwingungserscheinungen der Technik in kurzer Zeit zu klären sind, wodurch Mittel an die Hand gegeben werden, störende Schwingungserscheinungen zu vermeiden, ohne daß der Leidensweg jahrelangen Probierens beschritten werden muß.

Einige Maschinen sind bereits in der Praxis erprobt worden, insbesondere hat man Versuche an Schiffen zur Bestimmung des dynamischen Verhaltens des ganzen Schiffskörpers und einzelner Decks durchgeführt. Ebenso wurde die Eignung des Verfahrens zur Untersuchung der Erschütterungsverhältnisse im Erdboden im Hinblick auf die heute besonders wichtige Frage der Verkehrserschütterungen erprobt. Entsprechende Messungen sind geeignet, zur Klärung der Schwingungserscheinungen an Maschinenanlagen jeder Art, insbesondere zur Untersuchung der Torsionsschwingungen in Energieleitungen von Schiffen, Flugzeugen, Dieselmotoren, Luftschiffmotoren usw. Ferner sind sie geeignet zur Untersuchung von Gründungen vor Aufstellung der Maschinen, von Pfahlgründungen, Bettungen, zur Messung der Standsicherheit und Erdbebensicherheit. Ebenso kommt in Frage die Untersuchung der dynamischen Verhältnisse von Lokomotiven, Eisenbahnwagen, Kraftwagen usw., die Messung der elastischen Eigenschaften von Straßen, Oberbauten, Gleisanlagen usw.

[B 2158]

## Die reibungslose Strömung im Außengebiet zweier Kreise

Gesucht ist die reibungslose, wirbelfreie Strömung, die das ganze Außengebiet zweier sich nicht schneidender Kreise in der Ebene erfüllt. Die Strömung soll im Endlichen singularitätenfrei sein, jedoch eine Geschwindigkeit im Unendlichen besitzen können. Durch diese Angaben ist die Strömung noch nicht eindeutig bestimmt; in die allgemeine Lösung gehen vielmehr zwei willkürliche Konstanten ein, die etwa dadurch bestimmt werden können, daß man die Werte der Zirkulation um jeden der beiden Kreise vorschreibt. *Lagally*, Dresden, löst in einer ausführlichen Abhandlung[1]) die Aufgabe mit Hilfe der konformen Abbildung des Außengebiets der beiden Kreise auf ein Rechteck unter Einführung bipolarer Koordinaten. Für die Darstellung der Strömung benutzt er *Weierstraßsche* elliptische Funktionen. Es gibt vier einfache Strömungen, aus denen sich die allgemeinste linear zusammensetzt. Von besonderem Interesse ist die Bestimmung des Flusses, der durch die Lücke zwischen den beiden Kreisen hindurchgeht, die die aus dem Unendlichen kommende Strömung einschnüren, und seine Abhängigkeit von den beiden Zirkulationen und von der Geschwindigkeit im Unendlichen. In einfachen Fällen ist die wirksame Breite der Lücke zwischen den beiden Kreisen gleich dem Abstand der Nullkreise des durch die beiden Kreise bestimmten Büschels.

Die Ergebnisse lassen sich durch geeignete konforme Abbildung auf das Außengebiet von zwei beliebigen geschlossenen Kurven übertragen. Damit hat man die Grundlagen einer exakten ebenen Theorie des Doppeldeckers. Doch enthält die Arbeit hierüber keine Ausführungen.

[N 3191]

[1]) *M. Lagally*, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 9 (1929) Nr. 3.

# Durchflußzahlen der Normaldüse

*Von H. MUELLER und H. PETERS, Göttingen*

(Aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Strömungsforschung)

Vor kurzem sind zwei neue Versuchsarbeiten über Durchflußzahlen von Düsen und Staurändern erschienen, die eine von *Witte*[1]), die andere von *Jakob* und *Kretzschmer*[2]). Die Durchflußzahlen der VDI-Düsen zeigten dabei untereinander recht erhebliche Abweichungen und außerdem war der Kurvenverlauf in beiden Versuchsreihen so stark verschieden, daß wir uns entschlossen haben, eigene Versuche zur Klärung dieser Abweichungen durchzuführen. Es hat sich allerdings hinterher herausgestellt, daß ein Teil der Abweichungen auf eine von der üblichen abweichende Definition der *Reynoldsschen* Zahl durch *Witte* zurückzuführen ist[2a]), so daß in Wirklichkeit die Abweichungen wesentlich geringer sind. Wir hatten zunächst begonnen, Versuche mit Luft auszuführen, die hauptsächlich dem Studium der Störungen dienen sollten, die von den Unterschieden in der Art des Zustroms zur Düse herrühren. Die Schwierigkeiten der Mengenmessung in Luft veranlaßten uns aber, zunächst einmal Eichungen mit Wasser als strömender Flüssigkeit vorzunehmen, die wegen der Möglichkeit der Behältermessung eine sehr viel höhere Genauigkeit aufweisen als die Messung der Menge mit Hilfe von Staugeräten. Das Entgegenkommen von Prof. *D. Thoma* ermöglichte die Vornahme der Versuche im Hydraulischen Institut der Technischen Hochschule München, in dem besondere Einrichtungen zum Wägen größerer Wassermengen vorhanden sind.

Untersucht wurden zwei Normaldüsen für Rohrweiten von 70 mm und 175 mm Dmr. in der Ausführung nach den Regeln für Leistungsversuche an Ventilatoren und Kompressoren 1926. Abb. 1 zeigt, daß aus konstruktiven Gründen die Druckentnahmestellen hinter den Düsen nicht geometrisch ähnlich ausgeführt sind. Es kann somit auch keine genaue Übereinstimmung der Düsendurchflußzahlen erwartet werden. Als Meßleitungen wurden glatte gezogene Messingrohre verwendet, deren Anordnung sich aus Abb. 2 ergibt. Der größeren Düse mit 70/175 mm Dmr. waren rd. 42 D, der kleineren Düse mit 28/70 mm Dmr. rd. 50 D Anlaufstrecke vorgeschaltet. Wir wählten so große Anlaufstrecken, um mit ziemlicher Sicherheit störungsfreien Einlauf zur Düse zu haben.

Das Wasser wurde einem Hochbehälter entnommen, dessen Überfalleinrichtung gleichbleibende Druckhöhen und damit eine große Gleichmäßigkeit der Durchflußmenge gewährleistet. Die Druckhöhe von 16 bis 18 m gestattete, bis zu 16 m/s mittlere Geschwindigkeit im engsten Düsenquerschnitt ohne Kavitationsgefahr zu erreichen. Zum Ändern der Durchflußmengen diente ein am Ende der Meßleitung eingebauter Schieber $s_2$; der Schieber $s_1$ war während der Versuche vollständig geöffnet. Das abfließende Wasser konnte mittels eines Schwenkarmes in einen Bottich von rd. 2,5 m³ Inhalt, der auf einer Dezimalwaage stand, oder in den Unterwasserkeller geleitet werden.

Die Füllzeiten wurden von einem Bandchronographen durch elektrische Kontaktgebung beim Ein- und Ausrücken des Schwenkarmes aufgezeichnet. Für die Druckablesung standen zwei Manometer (als Sperrflüssigkeit diente Quecksilber und für die kleineren Druckunterschiede Luft) zur Verfügung. Die Manometer entsprachen den von *H. Mueller*[3]) beschriebenen. Der behelfsmäßige Anschluß der Druckzuleitung mit den verschiedenen Entlüfthähnen und -flaschen brachte unvermeidliche, geringe Undichtheiten mit sich. Kontrollversuche mit vollständiger Dichtung oder mit stark rinnenden Hähnen zeigten aber, daß die Undichtheiten keine Fehler in der Druckmessung verursachten. Die entsprechenden Punkte sind deshalb ohne besondere Unterscheidung in das Diagramm eingetragen.

Die Durchflußzahlen $\alpha$ wurden gerechnet nach

$$Q = \alpha \frac{d^2\,\pi}{4} \sqrt{\frac{2\,g}{\gamma}\,(p_1 - p_2)}.$$

Die Ergebnisse der Eichung sind in Abb. 3 wiedergegeben, und zwar ist $\alpha$ als Funktion der *Reynoldsschen* Zahl[4]) $R = \frac{w\,d}{\nu}$ aufgetragen. Es bedeutet

$d$ den Durchmesser des engsten Düsenquerschnittes,
$w$ die mittlere Geschwindigkeit in diesem Querschnitte (ermittelt aus der Durchflußmenge) und
$\nu$ die kinematische Zähigkeit.

Die Durchflußzahlen nach Abb. 3 sind für einige *Reynoldssche* Zahlen in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Die Unterschiede der Durchflußzahlen der beiden untersuchten Düsen können durch die fehlende geometrische Ähnlichkeit der Druckentnahmestellen und der Düsenformen bedingt sein. Die Tatsache, daß sich die Unterschiede schon allein durch die Anordnungen der Druckmeßstellen (vergl. die Messungen von *Schütt*[5]) erklären lassen, läßt den Schluß zu, daß der Einfluß der Abweichung beider Düsenformen voneinander innerhalb der Meßgenauigkeit liegt.

Nach einer persönlichen Mitteilung von *Witte* stimmen neuere *JG*-Versuche mit einer Genauigkeit von 0,1 bis 0,2 vH mit unseren überein. Aus der gleichen Mitteilung konnten wir entnehmen, daß sämtliche *Reynoldsschen* Zahlen in der *Witteschen* Veröffentlichung, abweichend von der üblichen Darstellungsweise, auf den Rohrdurchmesser bezogen sind. Bei Auftragung nach *Reynoldsschen* Zahlen, bezogen auf den engsten Düsenquerschnitt, verschwinden die eingangs erwähnten beträchtlichen Abweichungen zu einem großen Teil. In Abb. 3 sind die auf den engsten Düsenquerschnitt umgerechneten Durchflußzahlen von *Witte* zusammen mit der von *Jakob* und *Kretzschmer* angegebenen Mittelwertkurve eingetragen. Prof. *Jakob* haben wir auf die Unwahrscheinlichkeit des S-förmigen Verlaufes der Durchflußzahlen mit Rücksicht auf die dadurch ansteigenden Staurandbeiwerte aufmerksam gemacht. Bisher hatten wir auf Grund der mit Wasser ermittelten *Witteschen* Werte angenommen, daß die Durchflußzahlen von *Jakob* und *Kretzschmer*, die sich bei kleineren *Reynoldsschen* Zahlen auf die Messungen von *Jakob* und *Erk*[6]) stützen, in diesem Bereich zu niedrig seien. Die vorliegenden Versuche zeigen jedoch, daß die unteren Werte innerhalb der angegebenen Meßgenauigkeit von ± 1 vH mit unseren gut übereinstimmen, daß vielmehr die oberen Werte, die sich auf e i n e n Meßpunkt stützen, der durch Messung der Geschwindigkeitsverteilung ge-

[1]) *R. Witte*, Durchflußbeiwerte der I. G.-Meßmündungen für Wasser, Öl, Dampf und Gas. Z. Bd. 72 (1928) S. 1493.

[2]) *M. Jakob* und *Fr. Kretzschmer*, Die Durchflußzahlen von Normaldüsen und Normalstaurändern für Rohrdurchmesser von 100 bis 1000 mm. Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure. Heft 311, Z. Bd. 73 (1929) S. 935.

[2a]) vergl. dieses Heft S. 976.

[3]) *H. Mueller*, Beeinflussung der Anzeige von Venturimessern durch vorgeschaltete Krümmer. *D. Thoma*, Mitt. d. Hydraulischen Instituts der T. H. München, Heft 2.

[4]) Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß alle Reynoldsschen Zahlen in der *Witteschen* Arbeit auf den Rohrdruckmesser D bezogen sind.

[5]) *H. Schütt*, Versuche zur Bestimmung des Energieverlustes bei plötzlicher Rohrerweiterung. *D. Thoma*, Mitt. des Hydraulischen Institutes der T. H. München, Heft 1.

[6]) *M. Jakob* u. *S. Erk*, Der Druckabfall in glatten Rohren und die Durchflußziffer von Normaldüsen, Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure. Heft 267.

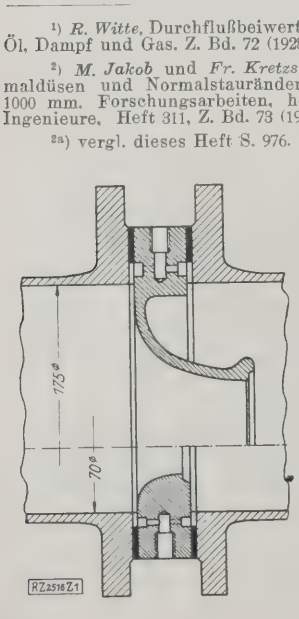



**Abb. 1**
Vergleich der Druckentnahmestellen der untersuchten Normaldüsen

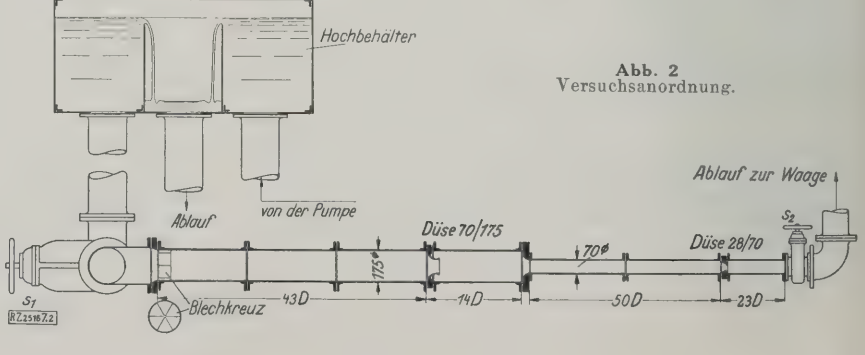



**Abb. 2**
Versuchsanordnung.

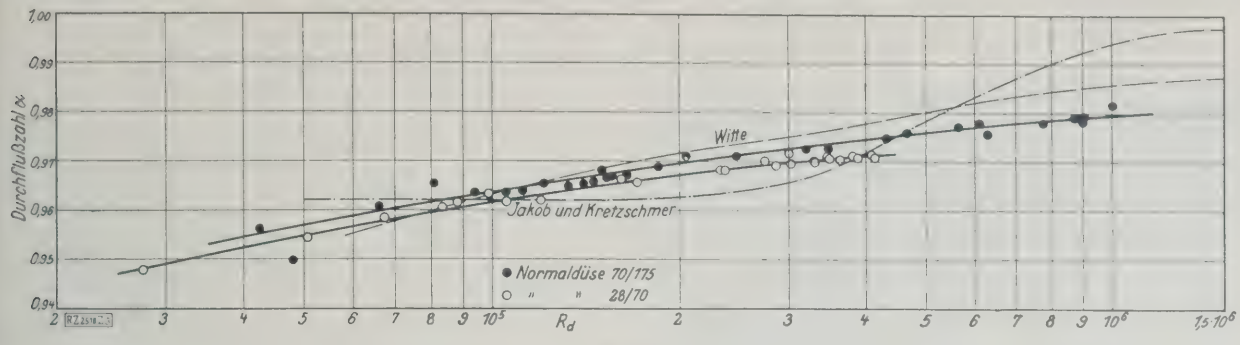



**Abb. 3**
Durchflußzahlen der Normaldüsen; Vergleich mit den Meßergebnissen von *Witte* sowie von *Jakob* und *Kretzschmer*.

wonnen wurde, zu hoch liegen. Kontrollmessungen von uns in Luft, wobei die Durchflußmenge ebenfalls aus der Geschwindigkeitsverteilung ermittelt wurde in ähnlicher Meßanordnung, wie bei *Jakob* und *Kretzschmer*, ergaben um 1,5 bis 2 vH höhere Durchflußzahlen als die obigen Wassermessungen. Dies würde besagen, daß bei Verwendung von Staurohren in ungeordneter Strömung mit einem größeren Fehler, als *Jakob* und *Kretzschmer*[7]) angenommen haben, (0,5 vH) gerechnet werden muß.

Die vorstehenden Durchflußzahlen gelten, streng genommen, nur für Anlagen, die auch in bezug auf die vorgeschaltete Rohrstrecke unserer Versuchsanordnung geometrisch ähnlich sind; hierzu gehört auch eine Übereinstimmung in der Rauhigkeit der Rohrwand. Der Einfluß kleinerer Anlaufstrecken und sonstige Einflüsse sollen durch weitere Untersuchungen geklärt werden.

**Zahlentafel 1**
Durchflußzahlen der Normaldüse

| $R = \frac{w\,d}{\nu}$ | α | | $R = \frac{w\,d}{\nu}$ | α | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Düse 28/70 | Düse 70/175 | | Düse 28/70 | Düse 70/175 |
| 25 000 | 0,947 | — | 200 000 | 0,967 | 0,970 |
| 35 000 | 0,951 | 0,953 | 300 000 | 0,970 | 0,973 |
| 50 000 | 0,955 | 0,957 | 450 000 | 0,972 | 0,975 |
| 70 000 | 0,958 | 0,960 | 600 000 | — | 0,977 |
| 100 000 | 0,962 | 0,964 | 800 000 | — | 0,978 |
| 150 000 | 0,965 | 0,967 | 1 000 000 | — | 9,979 |

[D 2516]

[7]) *M. Jakob* und *Fr. Kretzschmer*, s. Anmerkung 2, S. 13.

## Spannung und Dehnung in Gestellen mit Zugankern

*Von Dr.-Ing. FRITZ SCHMIDT, Kiel*

*Einfaches Diagramm zum Ermitteln der Spannungen und Dehnungen von Bauwerken, die durch vorgespannte Anker zusammengehalten werden. Das Verhalten der Anker und der Gestellteile im Ruhezustand und bei Betriebsbelastung.*

Hochbeanspruchte gußeiserne Bauteile spannt man oft mittels stählerner Zuganker so zusammen, daß sie durch deren Vorspannung dauernd auf Druck belastet werden, auch wenn eine große Kraft auf Zug wirkt. Das Verfahren hat sich neuerdings besonders im Dieselmotorenbau eingeführt; viele Firmen wählen den Aufbau der Motorengestelle so, daß die verhältnismäßig leichten Gestelle aus Gußeisen vom Zünddruck im Zylinder ganz entlastet werden, indem lange Zuganker die Brücke unter den Hauptlagern mit dem oberen Gestellbalken oder unmittelbar mit dem Zylinderdeckel verbinden, s. Abb. 1.

Bei großen Maschinen erfordert diese Bauweise besondere Überlegungen, weil die elastischen Dehnungen der Anker groß werden und unter Umständen die im Betrieb auftretenden kleinen Bewegungen recht störende Nebenerscheinungen hervorrufen können, sei es, daß die periodische Veränderung der Spiele im Steuerungsantrieb wiederkehrende Geräusche verursacht, oder daß eine Flanschverbindung oder ein Paßsitz durch solche Bewegungen überbeansprucht oder gelöst wird. In letzter Folge kann ein Bruch der Verbindung oder ein „Fressen" oder Undichtwerden des Paßsitzes eintreten.

$P_z = \frac{\pi\,d^2}{4}\,p_z$ sei der Zünddruck, d. h. der höchste Verbrennungsdruck, wobei $p_z$ gewöhnlich 35 bis 40 at beträgt, $P_v$ die Vorspannung des Ankers, d. h. der Druck, den der Anker durch das Anspannen bei der Montage auf das Gestell ausübt. Die Elastizität des Ankers sei durch die Elastizitätszahl $c_A$ (kg/cm) ausgedrückt; die Längung $\Delta_A$ des Ankers unter dem Einfluß einer Kraft $P_v$ beträgt dann

$$\Delta_A = \frac{P_v}{c_A} \quad \ldots\ldots (1).$$

Hat der Anker überall gleichen Querschnitt $f_A$, und sein Werkstoff den Elastizitätsmodul $E_A$, so ist

$$c_A = \frac{f_A\,E_A}{l} \quad \ldots (1a)$$

oder bei wechselndem Querschnitt

$$c_A = E_A \frac{1}{\sum_1^n \frac{l_k}{f_k}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1b).$$

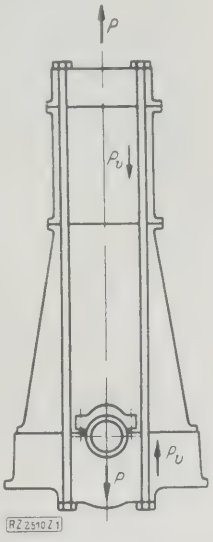



**Abb. 1**
Motorengestell mit Zugankern.

Auf demselben Wege wird auch die Elastizität des Gußeisengestells durch eine Vorzahl $c_g$ bestimmt. Hierbei kann man aber nur mit angenäherten Werten rechnen; denn bei den vielgestaltigen Gußstücken ist es schwer zu beurteilen, in welchem Maß Wände und Rippen zur Aufnahme der Belastung beitragen. Von vornherein soll man beim Entwurf des Gestells darauf achten, daß es dort, wo durch die Mutter des Ankers eine große Kraft auf kleiner Fläche vereinigt wird, genügend steif ist, damit sich die Kraft ohne merkliche Formänderungen auf den Gestellquerschnitt verteilt.

Die Vorspannung $P_v$ sei zunächst gegeben, schon weil ihre Größe durch die Erfahrung festliegt. In einem Dehnungsdiagramm, Abb. 2, trägt man dann die durch $P_v$ erzeugte (negative) Dehnung des Gußeisens $\overline{BO} = \Delta_g$ und dann von $C$ aus die entsprechende Dehnung $\Delta_A$ des Ankers auf; die Geraden $\overline{AO}$ und $\overline{DO}$ zeigen dann den Zusammenhang zwischen Kraft und Dehnung für Gehäuse und Zuganker. An den waagerechten Maßstäben kann man von $D$ nach links die Dehnungen $\Delta_A$ oder die entsprechenden Beanspruchungen $\sigma_A$ des Ankers abgreifen. Unten werden die negativen Dehnungen sowie die entsprechenden Druckbeanspruchungen des Gußeisens abgelesen.

Das Diagramm zeigt die Verhältnisse bei vorgespanntem Anker und vor der Belastung durch den Zünddruck. Die Vorspannung $P_v$ dehnt den Anker um $\overline{DC} = \Delta_A$. Das Gestell wird um $\overline{CA} = \Delta_g$ zusammengedrückt und mit $\sigma_g = \overline{EC'}$ beansprucht. Um die Vorspannung $P_v$ zu erzeugen, mußte man die Mutter des Ankers um $\overline{AD}$ anziehen. Dieses

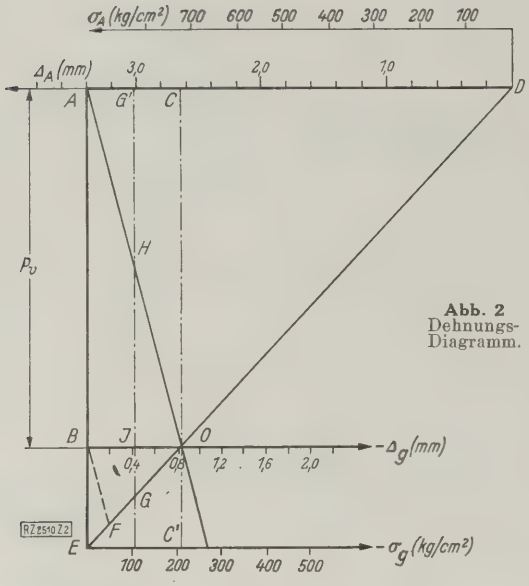



**Abb. 2** Dehnungs-Diagramm.

Maß ist wichtig für den richtigen Zusammenbau von Gestell und Anker; für gleichmäßige Ausführung bei allen Ankern muß durch Anwendung von Feinmeßgeräten gesorgt werden.

Im Betrieb wird nun das Gestell durch die Kraft $P$ der Zündung, die auf den Zylinderdeckel wirkt, belastet. Das ruft eine zusätzliche Belastung der Anker, eine Verminderung der Druckspannung im Gestell und eine Dehnung des gesamten Gestells einschließlich der Anker hervor. Diesen Vorgang kann man in dem Diagramm darstellen, indem man $\overline{CC'}$ nach links rückt, bis zwischen $\overline{AO}$ und $\overline{DE}$ eine Strecke von der Größe $P_z$ abgeschnitten wird. Man zieht durch $B$ eine Parallele zu $\overline{AO}$, teilt die Strecke $\overline{OF}$ so, daß $\overline{OG} : \overline{OF} = P_z : P_v$ und zieht durch $G$ die Senkrechte; dann ist $\overline{HG} = P_z$, wie sich leicht ableiten läßt.

Für jedes Verhältnis der Belastung zur Vorspannung kann man nun die Formänderungen und Spannungen ablesen. $\overline{OJ}$ ist die senkrechte Dehnung des Gestelles bei jeder Zündung, $\overline{G'H}$ ist die noch verbleibende Druckbelastung des Gestells, $\overline{BJ}$ die noch verbleibende Zusammendrückung des Gestells. Die Gesamtdehnung der Anker ist jetzt $\overline{DG'}$, ihre Gesamtbelastung ist $\overline{GG'}$.

Das Diagramm erklärt nun einige Tatsachen, über die man häufig unklaren Verstellungen und Irrtümern begegnet. Zunächst ist darauf hinzuweisen, daß auch bei stärkster Vorspannung eine Dehnung des Gestells auftritt, wenn es durch den Zünddruck belastet wird; diese Dehnung hängt, wie man aus dem Verlauf der Linien ersehen kann, weniger von der Elastizität der Anker, als von der Nachgiebigkeit des Gestells ab. Rechnerisch kann man leicht aus dem Diagramm ableiten, daß diese Betriebsdehnung

$$\Delta_B = \frac{P_z}{c_g \left(1 + \frac{c_A}{c_g}\right)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2)$$

ist.

Solange nun, wie es praktisch zumeist vorkommt, $c_g$ bedeutend größer als $c_A$ ist, hängt die Betriebsdehnung hauptsächlich von der Elastizitätszahl $c_g$ des Gestells ab. Will man also aus bestimmten Gründen diese Dehnungen vermeiden oder wenigstens unmerklich klein erhalten, so braucht man ein steifes Gestell, auch wenn wegen der Entlastung durch die Zuganker eigentlich viel kleinere Gußeisen-Querschnitte zulässig wären. Durch höhere Vorspannung kann man die Dehnung während des Betriebes nicht verringern, wie schon aus Gl. (2) ersichtlich ist. In Abb. 2 wird zwar durch Verringern von $P_z/P_v$ die Strecke $\overline{OJ}$ scheinbar kleiner; da aber $P_v$ bei gleichbleibendem $P_z$ entsprechend zunehmen muß, vergrößert sich in demselben Maß das Dehnungsdiagramm, Abb. 2, und die Gestelldehnung bleibt wieder dieselbe.

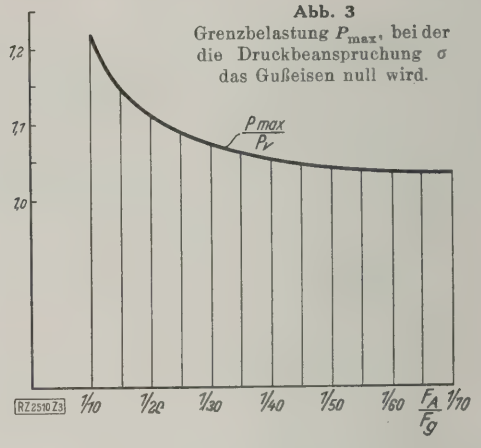



**Abb. 3** Grenzbelastung $P_{max}$, bei der die Druckbeanspruchung $\sigma$ das Gußeisen null wird.

Weiterhin zeigt das Diagramm, daß die Vorspannung des Gestells noch nicht aufhört, wenn $P_z = P_v$ geworden ist. Die Druckbelastung des Gußeisens hört erst auf, wenn die Senkrechte bis zur Linie $AB$ vorgerückt ist, $P_z$ muß also auf die Größe $AE$ wachsen;

$$P_{max} = P_v \left(1 + \frac{c_A}{c_g}\right) \quad \ldots\ldots \quad (3a)$$

Nimmt man für Gußeisen und Stahl

$$E_g = 1\,000\,000 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_A = 2{,}2 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

und außerdem bei gleicher elastischer Länge beider Bauteile ihre Querschnitte so an, daß sie durch konstante mittlere Querschnitte $F_g$ und $F_A$ richtig dargestellt sind, so kann man auch für Gl. (3a) schreiben:

$$P_{max} = P_v \left(1 + 2{,}2 \frac{F_A}{F_g}\right).$$

In Abb. 3 sind die Werte von $P_{max}/P_v$ über $F_A/F_g$ aufgetragen. Für Verhältnisse zwischen $^1/_{20}$ und $^1/_{40}$ liegt also die höchstzulässige Beanspruchung noch 10 bis 15 vH über der Vorspannung; umgekehrt kann die Vorspannung um ungefähr 10 vH kleiner sein als die Zündkraft. In der Praxis bleibt man natürlich stets mit den Verhältnissen von $P_z/P_v$ weit unter 1, um die Sicherheit des Aufbaues nicht zu gefährden; denn Ermüdung der Anker, Ungenauigkeit der Rechnungen und ungenügendes Anziehen der Anker müssen berücksichtigt werden.

Man erkennt außerdem aus dem Diagramm, daß die Beanspruchung des Ankers während der Zündung um so mehr über die Vorspannung herausgeht, je weicher das Gestell, d. h. je kleiner $c_g$ ist. Diese zusätzliche Beanspruchung beträgt, ausgedrückt in Teilen ursprünglicher Beanspruchung durch die Vorspannung:

$$\frac{\Delta \sigma_A}{\sigma_v} = \frac{P_z}{P_v} \frac{1}{\left(1 + \frac{c_g}{c_A}\right)};$$

je kleiner $c_g/c_A$, d. h. je weicher das Gestell ist im Verhältnis zur Elastizität der Anker, desto größer ist die zusätzliche Beanspruchung der Anker bei der Zündung. Gl. (3) zeigt, daß unter den gleichen Verhältnissen die zulässige höchste Zugkraft zunimmt.

Es empfiehlt sich also, bei verhältnismäßig elastischem Gestell die Vorspannung geringer zu wählen, vielleicht nur mit $1{,}2\,P_z$, damit die höchste Beanspruchung der Anker im Betrieb niedrig bleibt. Die Sicherheit der Ankerbauart bleibt dabei ebensohoch wie die mit steifem Gestell und großer Vorspannung, da der Abstand von $P_z$ bis $P_{max}$ ebensogroß bleibt. [M 2510]

# R U N D S C H A U

## Technische Lehranstalten

### Das Höchstspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin[1])

In der Technischen Hochschule Berlin wurde unter der Leitung von Prof. *Matthias* im Laufe der letzten zwei Jahre eine Lehr- und Forschungsstelle für Hochspannungstechnik geschaffen, die im folgenden kurz beschrieben werden soll.

Da größere Räumlichkeiten, wie sie für ein Hochspannungslaboratorium in Anbetracht der einzuhaltenden Abstände und der Größe der Aufbauten wünschenswert wären, nicht zur Verfügung standen, wurde das Laboratorium in einem überdachten Lichthof des Hochschul-Hauptgebäudes untergebracht. Es gelang, unter Ausnutzung aller Möglichkeiten in dem Raume eine Anlage für 1 Mill. V unterzubringen. Durch Ausschachtungen und zur Wahrung eines ausreichenden Abstandes vom Dach mußte Platz für zwei große Maschinensätze geschaffen werden. Die Haupthalle hat 22,58 × 22,56 m², ihre größte lichte Höhe beträgt etwas über 11 m. Seitlich sind in einer überdeckten Grube die Hauptmaschinen untergebracht; der Platz darüber ist für Versuche vorgesehen.

Den Kern der Betriebsanlage bildet der aus drei Trockentransformatoren bestehende Transformatorensatz für 1000 kV von der Hochspannungsgesellschaft Köln. Jede der drei Einheiten ist für 100 kVA bei einer Spannung von 335 kV gebaut und einzeln verwendbar. Zur Erzeugung von 1000 kV werden die drei Oberspannungswicklungen in Reihe geschaltet. Da dann den beiden oberen Transformatoren an dem einen Ende der Oberspannungswicklung, das mit dem Gestell leitend verbunden ist und beim Einzelbetrieb geerdet wird, ⅓ bzw. ⅔ der Gesamtspannung seitens des vorgeschalteten Transformators aufgedrückt wird, mußte das Gestell dieser beiden Transformatoren für 335 bzw. 670 kV mittels Hartpapiersäulen gegen Erde isoliert werden. Die isolierende Übertragung der Erregung der beiden oberen Transformatoren sollte zunächst mittels Isoliertransformatoren geschehen, die, zwischen Netz und Unterspannungswicklung des Transformators geschaltet, eine unabhängige Spannungsregelung jeder Einheit in der Reihenschaltung gestattet hätten. Diese Schaltung, bei der jedem Haupttransformator sein eigener Leistungsbedarf zufließt, ermöglicht eine volle Ausnutzung der Leistungsfähigkeit des Satzes. Die Isoliertransformatoren konnten vorläufig nicht aufgestellt werden; die Erregung der beiden oberen Transformatoren wird jeweils einer Übertragungswicklung der vorhergehenden Einheit entnommen, die deren Endpotential erhält. Diese Anordnung beschränkt die Leistungsfähigkeit der Anlage auf die Nennleistung des untersten Transformators, da die gesamte Leistungszufuhr durch diesen geleitet wird; außerdem nimmt die Streuung beträchtliche Werte an. In der geschilderten Anordnung arbeitet der Transformatorensatz seit längerer Zeit bis zu seiner höchsten Spannung einwandfrei. In Abb. 1 sind die Transformatoren mit ihren Isoliersäulen gut zu erkennen. Die Transformatoren werden durch feinstufige Abgriffe an der festen Netzspannung von 500 V geregelt; die Stufenregler haben Motorantrieb, der mittels einer Leonardschaltung die Einstellung einer bestimmten Geschwindigkeit der Spannungsänderung ermöglicht. Für die Fernbetätigung und Steuerung der Erregung der Transformatoren wurde im Laboratorium eine Schaltung entwickelt, die ein Höchstmaß an Sicherheit für den Bedienenden wie für die Anlage bietet.

Zur Messung der hohen Spannungen dienen Funkenstrecken mit verschiedenen Elektroden, ferner eine Scheitelwert-Meßeinrichtung von *Haefely*[2]) sowie ein Effektiv- und Scheitelspannungsmesser nach *Palm*[3]).

Das Laboratorium verfügt außerdem über eine Anzahl kleinerer Transformatoren für Spannungen zwischen 15 und 120 kV. Zur Erzeugung von Hochfrequenzspannungen bis etwa 1000 kV ist ein Teslatransformator vorhanden. Eine mit Rücksicht auf den beschränkten Raum verhältnismäßig kleine Gleichspannungsanlage liefert 250 kV ruhende Gleichspannung bzw. 500 kV Stoßspannung (bei einer wirksamen Kapazität von etwa 2000 $\mu\mu$F).

Neben der Haupthalle befinden sich weitere Versuchsräume zur Untersuchung von Schaltgeräten für kleine und mittlere Spannungen sowie für feinere Versuche, insbesondere auf dem Gebiete der Vakuumtechnik und hier wieder

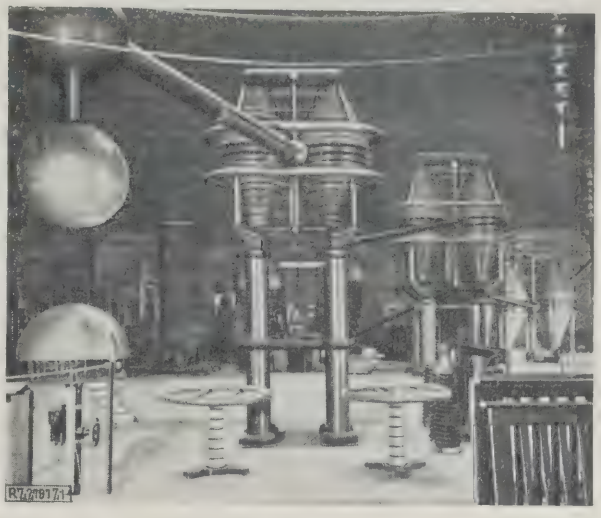


Abb. 1
Transformatorensatz für 1 Mill. V Höchstspannung im Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin.

vor allem an Kathodenstrahl-Oszillographen, an deren Entwicklung das Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin regen Anteil nimmt.

Den Strom für das Laboratorium liefern ein aus drei Maschinen bestehender Umformersatz von 50 kW, ferner die bereits erwähnten beiden Umformer für je etwa 200 kW (Gleichstrom von 115 V/Drehstrom von 3000 V) und eine weitere Gleichstrommaschine für Versuche mit höheren Gleichspannungen. Die beiden großen Umformer speisen über eine fernbetätigte Hochspannungs-Schaltanlage zwei Transformatoren für je 200 kW bei 500 bzw. 240/120 V Unterspannung; außerdem können sie über eine besondere Schaltanordnung zu Hochstromversuchen bei Niederspannung auf eine im Schalterraum befindliche Hochstrom-Sammelschiene geschaltet werden. Die Niederspannungen werden an die Arbeitsplätze und zu den Betriebsanlagen über eine gekapselte Schaltanlage[4]) geleitet. An den Arbeitsplätzen befinden sich Abnahmetafeln mit je zwei Gleichstrom- und zwei Drehstromanschlüssen, an einigen ferner Anschlüsse für Druckluft und Vakuum. Bewegliche Anlagen zur Erzeugung von Wechselstrom mit 500 Hertz sowie von mittleren und hohen Gleichspannungen können an jeder Stelle des Laboratoriums in Benutzung genommen werden.

Außer staatlichen Mitteln erhielt das Laboratorium zur Einrichtung beträchtliche Zuwendungen aus den Kreisen der Elektrizitätswerke und der Industrie.

[M 2797] Dipl.-Ing. *Carl Stoerk*

[1]) Eingehende Beschreibung siehe *A. Matthias*, ETZ Bd. 50 (1929), Nr. 11, S. 373.
[2]) Vergl. ETZ Bd. 50 (1929), Nr. 3, S. 95.
[3]) Vergl. ETZ Bd. 47 (1926), S. 873 u. 904.
[4]) Vergl. AEG-Mitt. 1929, Heft 6, S. 388.

## Fabrikbetrieb

### Eine neue Zentralwerkstatt der Rheinischen Stahlwerke

Die Rheinischen Stahlwerke, A.-G., Essen, haben im Jahre 1928 in der Nähe ihrer Schachtanlage Prosper II in Bottrop eine neue Zentralwerkstatt errichtet, die die bisherigen vielen Einzelwerkstätten aller Betriebe der Abteilung Arenberg ersetzen soll. Die Abteilung Arenberg umfaßt vier große Schachtanlagen mit den zugehörigen Kokereien, Ziegeleien, ein besonderes Kraftwerk, einen großen Hafenbetrieb usw. Die arbeitstägliche Förderung beträgt bis 12 000 t und die kalendertägliche Kokserzeugung 3600 t. Zur Bewältigung des Bahnbetriebes auf Anschlußgleisen sind 18 Vollspur-Lokomotiven von 30 bis 60 t Dienstgewicht und ein großer Park von Sonder- und Bauwagen vorhanden.

Alle diese Betriebe hatten bisher ihre besonderen Werkstätten, in denen meist mit unzulänglichen Hilfsmitteln die vorkommenden Ausbesserungen erledigt wurden. Außerdem bestanden noch Sonderwerkstätten, vor allem die große Ausbesserwerkstatt der Bauabteilung (Schreinerei, Bauschlosserei usw.), die alle Ausbesserungen an den werkseigenen Häusern (etwa 5200 Wohnungen) auszuführen hatte. Die Grubenbetriebe auf den vier Schachtanlagen

hatten sich im Laufe der Zeit ebenfalls eigene Werkstätten zugelegt. Sodann war noch eine Turbinenwerkstatt vorhanden, die lediglich Ausbesserungen an umlaufenden Maschinen, wie Dampfturbinen, Turbokompressoren, Pumpen usw. erledigte. Die Werkstätten der größeren Betriebe waren wieder unterteilt in Schmiede, Schlosserei und Schreinerei. Sodann waren auch noch sonstige Handwerker, wie Klempner, Sattler, Anstreicher usw. tätig.

Schon lange war die Unwirtschaftlichkeit und Rückständigkeit einer derartigen Werkstattverzettelung erkannt worden. Eine wirtschaftliche Abänderung erforderte jedoch große Geldmittel, zu deren Bewilligung sich die Verwaltung erst entschließen konnte, als man über den Neubau einer weiteren großen Werkstatt für die gleichfalls im Vorjahre in Betrieb genommene Zentralkokerei entschied. Die neue Zentralwerkstatt ist zwischen der Schachtanlage Prosper II und der neuen Zentralkokerei errichtet worden, so daß diese beiden großen Betriebe unmittelbar bedient werden können. Für die Abholung und Zubringung der auszubessernden Teile von und zu den übrigen Schachtanlagen hat man einen täglichen regelmäßigen Bauwagenverkehr eingerichtet. Um die Auf- und Abladearbeiten auf den einzelnen Schachtanlagen möglichst zu vereinfachen, sind in der Nähe der Schächte elektrische Hebezeuge angeordnet, die die auf Teckeln oder in Förderwagen aus der Grube kommenden auszubessernden Teile mit diesen unmittelbar auf die Bauwagen setzen. Die für die Gruben von der Zentralwerkstatt kommenden instandgesetzten Teile, neue Teile und auch neue Maschinen werden in Förderwagen verpackt geliefert. Alle Teile und auch neue Maschinen für die Gruben werden in der Werkstatt vorher auf Betriebs- und Leistungsfähigkeit geprüft. Für die eilige Abholung von auszubessernden Teilen, insbesondere aus den Übertagebetrieben, stehen Lastkraftwagen bereit.

Die rechtzeitige Veranlassung von Ausbesserungen, der Aus- und Wiedereinbau von Ersatzteilen wird von dem jeweiligen Betriebsleiter veranlaßt. Für die Ausführung dieser Arbeiten und für die Erhaltung einer höchsten Betriebsicherheit hat man in den einzelnen Betrieben eine bestimmte Anzahl Handwerker belassen. Im Bedarfsfalle stellt die Zentralwerkstatt besondere Handwerkerkolonnen den Betrieben zur Verfügung.

Die Zentralwerkstatt soll im allgemeinen nur Ausbesserungen in der Werkstatt selbst erledigen. Der Arbeitsplan ist ausdrücklich hierauf beschränkt. Insbesondere sind fabrikationsmäßige Neuanfertigungen, auch sogenannte Füllarbeiten verboten. Infolge der ausgedehnten Betriebe ist die Werkstatt ausreichend beschäftigt.

In den bisherigen vielen Einzelwerkstätten wurden Ausbesserungen an gleichen Maschinen und Einrichtungen, selbst für gleichartige Betriebe verschieden ausgeführt. Für gleiche Betriebzwecke beschafften gleiche Betriebe die verschiedensten Einrichtungen, Maschinen usw. Erst nach Inbetriebnahme der Zentralwerkstatt war es möglich, alle gleichen Betriebe grundsätzlich mit gleichen Betriebmitteln zu versorgen und eine weitgehende Vereinheitlichung von Maschinen, Einrichtungen, Ersatzteilen usw. zu erreichen. Wenn hierdurch auch ein gewisser immer wiederkehrender Arbeitsplan für die Werkstatt vorliegt, so bedingen die zu versorgenden vielen verschiedenartigen und großen Betriebe doch eine Vielseitigkeit in der Ausführung der Arbeit, die sonst Ausbesserwerkstätten nicht kennen. Dementsprechend sind auch vielerlei Handwerkszweige und Sondereinrichtungen in der Zentralwerkstatt vertreten.

Die Werkstatt, Abb. 2, besteht aus fünf 16 m breiten und 80 m langen Hallen. Alle Hallen sind mit elektrisch betriebenen Dreimotoren-Laufkranen ausgerüstet. In alle Hallen können mittels einer 80 t-Schiebebühne Eisenbahnwagen von einer Giebelseite eingesetzt werden. Auf der andern Giebelseite zieht sich quer durch die Hallen ein Gang, der ebenfalls mit einem Eisenbahngleis versehen ist. Auf der andern Seite des Ganges sind quer vor den Hallen das Magazin und dahinter das Verwaltungsgebäude angeordnet. Letzteres enthält im Kellergeschoß die Bade- und Umkleideräume, im Erdgeschoß die Bureaus und im Obergeschoß Aufenthaltsräume, einen Lehrsaal usw. Ein Teil der Hallen ist unterkellert. Diese Keller werden zu Lagerzwecken benutzt. Mit Ausnahme der westlichen Halle, die die Holzbearbeitungswerkstätten, die Anstreicherei und Entrostungsanlage enthält, sind alle Hallen nur durch Brustwehren und 2 m hohe Drahtgewebe voneinander getrennt, so daß alle Arbeitsplätze gleichzeitig übersehen werden können. Die einzelnen Hallen sind von dem Quergang aus zugänglich. Am Eingang jeder Halle ist neben dem dort angeordneten Meisterraum eine Zeitkartenkontrolleinrichtung aufgestellt.

An der südlichen Giebelseite liegt der Eisen- und Schrottplatz. Diese Plätze sind ebenfalls mit Bahngleisen versehen und können mittels der Schiebebühne bedient werden. Die Kranbahn einer Halle ist über die Schiebebühne hinweg bis auf den Eisenlagerplatz verlängert.

Die verschiedenen Hallen enthalten folgende Werkstattabteilungen:

Halle 1: Annahme der auszubessernden Teile, Ausbau und Reinigung, Metallgießerei, Klein- und Grobschmiede, Gezäheschmiede und Härterei.

Halle 2: Schlosserei und Maschinenbau, Schweißerei und Versuchsstand.

Halle 3: Mechanische Werkstatt, Werkzeugmacherei und -ausgabe, Vorrichtungsbau und Lehrwerkstatt.

Halle 4: Lager- und Abstellhalle, Elektrowerkstatt. Wickelei, Installationsabteilung, Versuchstand, Klempnerei, feinmechanische Werkstatt.

Halle 5: Entrostungsanlage, Anstreicherei, Bankschreinerei, Maschinenschreinerei, Bau- und Grubentischlerei und Zimmerei.

Am Südende der Hallen 2, 3 und 4 befinden sich $6 \times 2$ Ausbesserstände für Lokomotiven und Eisenbahnfahrzeuge.

In der Halle 3 ist eine besondere Lehrwerkstatt eingerichtet, für die eine besondere Aufsicht nach dem Dinta-System besteht. Z. Z. erhalten hier 50 Fachlehrlinge und 120 Bergjungleute, letztere in drei je 2 Monate dauernden Lehrgängen, abwechselnd eine eingehende Ausbildung.

Alle Ausbesserarbeiten und Bestellungen werden nur auf schriftliche Anforderung (Ausbesserbegleitschein usw.) ausgeführt. Zur Überprüfung der Arbeiten und für die Abrechnung ist das Laufkartensystem eingerichtet, so daß

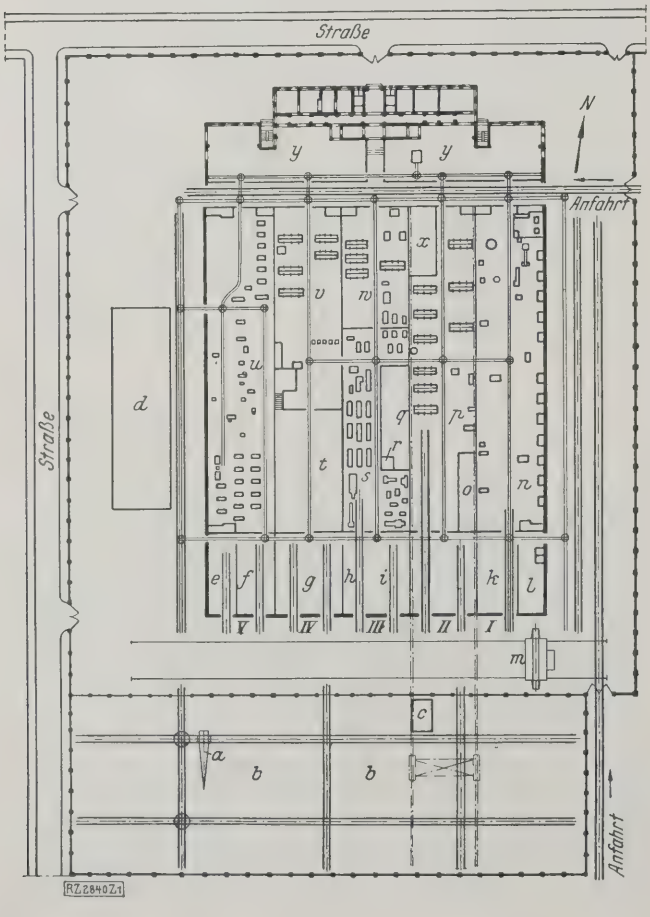



**Abb. 2** (links)
Zentralwerkstatt für vier große Schachtanlagen mit den zugehörigen Kokereien, Ziegeleien, einem besonderen Kraftwerk und einem Hafenbetrieb der Rheinischen Stahlwerke in Bottrop.

*a* Drehkran
*b* Eisen- und Schrottlagerplätze
*c* Schere
*d* Holzschuppen
*e* Entrostung
*f* Anstreicherei
*g* Ausbau (Demontage)
*h* Lokomotivstand I
*i* „ II
*k* Förderwagenbau
*l* Gießerei
*m* Schiebebühne
*n* Schmiede
*o* Schweißerei
*p* Schlosserei und Maschinenbau
*q* Vorrichtungsbau
*r* Werkzeugausgabe
*s* Mechanische Werkstatt
*t* Lagerhalle
*u* Holzbearbeitung
*v* Elektrowerkstatt
*w* Lehrwerkstatt
*x* Versuchstand
*y* Lager

man jede Arbeit genau nachkalkulieren kann. Die hierbei gewonnenen Unterlagen werden auch für die Vorkalkulation benutzt, vor allem dann, wenn es sich darum handelt, zu beurteilen, ob es nicht billiger ist, neue Teile zu beschaffen als alte instand zu setzen. Über alle ausgeführten Arbeiten werden den einzelnen Betrieben Ende jedes Monats ausführliche Rechnungen von der Werkstattleitung zugestellt, woraus die aufgewendeten Arbeitslöhne, der Stoffverbrauch, die Verwaltungszuschläge usw. zu ersehen sind. Die verfahrenen Schichten werden für die Effektberechnung monatlich nach den ausgeführten Arbeiten auf die einzelnen Betriebe verteilt.

Über die bisher erreichten Erfolge mögen einige Zahlen Auskunft geben. Vor der Umstellung wurden in allen Betrieben täglich rd. 890 Handwerkerschichten verfahren. Nach der Umstellung sind in 15 verschiedenen Werksbetrieben, auf die einzelnen Betriebschichten verteilt, 300 Handwerker verblieben. Die Werkstatt selbst beschäftigt ohne Lehrwerkstatt heute rd. 300 Handwerker. Es werden demnach rd. 290 Handwerker weniger beschäftigt. Die weiteren Vorteile, die durch bessere Ausführung von Ausbesserarbeiten, durch Vereinheitlichung der Einrichtungen, des Maschinenparkes, des Stoffverbrauches und der Vereinheitlichung der Lagerhaltung von Ersatzteilen usw. gegen früher erreicht werden, sind bedeutend, können aber zahlenmäßig schlecht erfaßt werden. [M 2840] *Bruns*

## *Elektrotechnik*

### Kabelprüfwagen der Deutschen Reichsbahn

Zur Prüfung verlegter Kabel mittels Hochspannung von 150 kV Gleichspannung hat die Deutsche Reichsbahn kürzlich einen von Siemens & Halske gebauten Kabelprüfwagen, Abb. 3 und 4, in Betrieb genommen. In dem Prüfwagen wird die einem Netz oder einer andern Stromquelle entnommene Wechselspannung zunächst auf den halben Wert der Prüfspannung erhöht; diese hohe Wechselspannung wird dann mittels zweier Glühkathoden-Ventilröhren gleichgerichtet und gleichzeitig infolge der besonderen Schaltung der Röhren verdoppelt. Abb. 5 zeigt die Schaltung des Prüfwagens.

Der Wagen ist in einen Hochspannungsraum und einen Bedienungsraum geteilt, das Schaltpult enthält die gesamte Regel- und Meßeinrichtung. Die Meßfunkenstrecke wird mittels eines Handrades vom Bedienungsraum aus verstellt. Sämtliche Metallteile des Wagens sind durch eine Erdschiene untereinander verbunden. Der Wagen hat elektrische Beleuchtung, und zwar sowohl durch eine Akkumulatorenbatterie für 24 V als auch durch die Netzspannung. Außerdem ist er mit elektrischer Heizung ausgerüstet. Sobald die Tür des Hochspannungsraums geöffnet wird, wird die Anlage mittels eines Türkontaktes stromlos gemacht.

Besonders interessant ist die Durchführung zum Anschluß des Kabels. Sie sitzt in der Seitenwand, ist beim Gebrauch der Prüfeinrichtung unmittelbar mit dem Kondensator verbunden und wird während der Fahrt ins Innere geklappt, Abb. 6 und 7. Mittels des Prüfwagens können Kabel mit Betriebspannungen bis zu 50 kV geprüft werden. [M 2721]

Berlin-Steglitz *W. Jaekel*

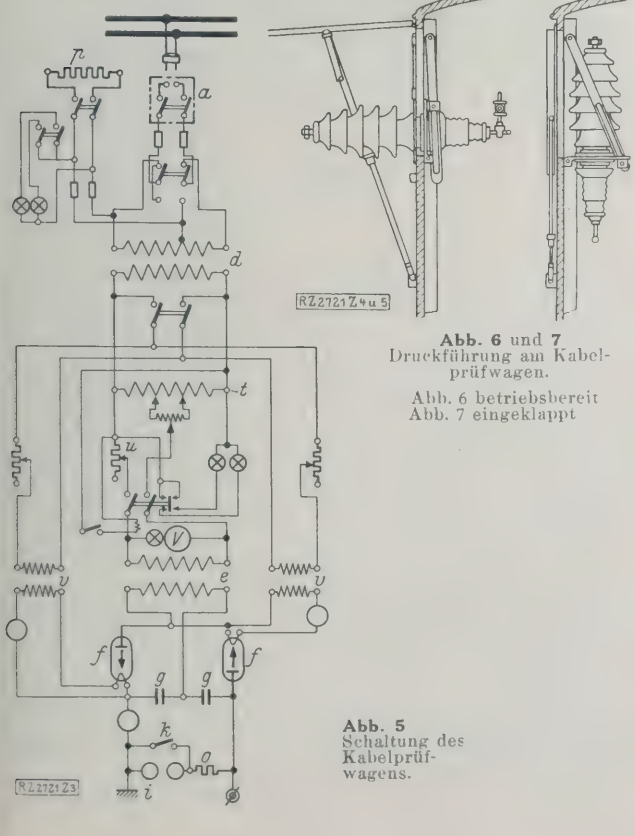



**Abb. 5**
Schaltung des Kabelprüfwagens.




**Abb. 6 und 7**
Druckführung am Kabelprüfwagen.
Abb. 6 betriebsbereit
Abb. 7 eingeklappt

## *Bergbau*

### Untersuchungen an Bremsdruckreglern

Der zwischen Bremsgestänge und Bremszylinder geschaltete Druckregler gibt ein Mittel an die Hand, die Bremskraft nach Belieben einstellen oder verändern zu können. Dadurch wird das sanfte Anlegen der Backen an den Bremskranz und eine feinfühlige Anpassung des Anpressungsdruckes an die jeweiligen Betriebsanforderungen ermöglicht.

Durch Vermittlung des Druckreglers ruft die vom Handbremshebel oder vom Fahrtregler eingeleitete Antriebsbewegung einen eindeutig bestimmten Bremsdruck hervor. Maßgebend für den erzeugten Druck ist allein die Größe des Hebelausschlages. Bremsdruck und Hebelausschlag verändern sich miteinander proportional. Die Bewegungsrichtung des Antriebes darf naturgemäß keinen Einfluß auf den so festgelegten Bremsdruck ausüben. Der einmal eingestellte Zwischendruck muß ferner bei jedem Betriebsdruck und ungeachtet seiner Schwankungen aufrechterhalten werden. Aber auch die im Bremsraum etwa

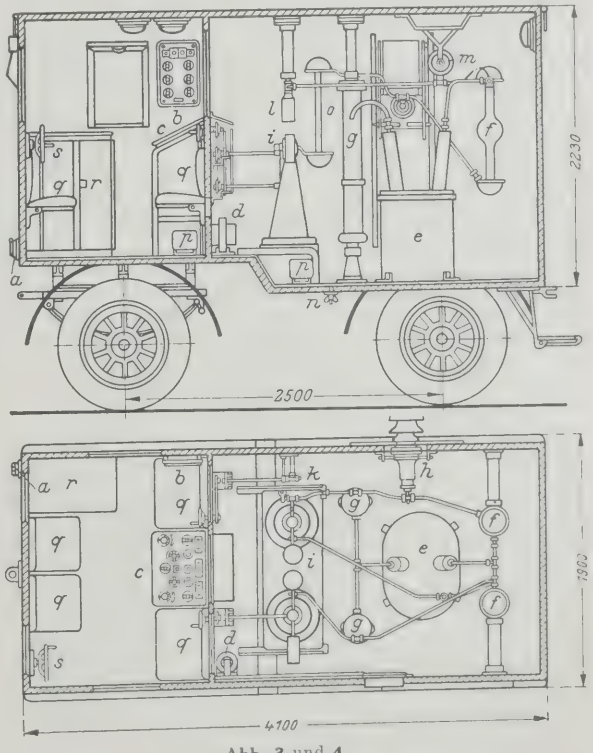



**Abb. 3 und 4**
150 kV-Kabelprüfwagen der Deutschen Reichsbahn

*a* Steckdose für den Netzanschluß
*b* Schalttafel für Nebenstromkreise
*c* Schaltpult
*d* Zwischentransformator zur Umspannung der Netzspannung auf 220 V
*e* Haupttransformator 200/66 000 V, 20 kVA
*f* Ventilröhren
*g* Hilfskondensator zum Verdoppeln der Spannung
*h* Durchführung
*i* Kugelmeßfunkenstrecke
*k* Erdungsschalter
*l* Heizstrommesser
*m* Heiztransformator
*n* Erdanschluß
*o* Wasserwiderstand zum Abfangen von Stromstößen und Entladen des Kabels
*p* Heizkörper
*q* Klappsitze
*r* Schrank für Meßgeräte
*s* Handbremse
*t* Regeltransformator für stufenlose Reglung } in Abb. 5
*u* Widerstand zur Spannungsbegrenzung } in Abb. 5
*v* Heiztransformatoren

entstehenden Druckverluste sollen sich selbsttätig, ohne äußeres Zutun, wieder bis zur eingestellten Höhe ausgleichen. Schließlich muß noch vom Standpunkt der Sicherheit gefordert werden, daß die Druckänderung in möglichst kurzem Zeitabstand der Antriebsbewegung nachfolgt.

Die Wirkung eines Bremsdruckreglers äußert sich im Betrieb durch den stoßfreien Bremsschluß und die nachfolgende Schleifwirkung der Bremse. Der Druckverlauf selbst läßt sich aber nicht mehr genau verfolgen und man kann auch nicht feststellen, inwieweit er noch der Antriebsbewegung entspricht, überhaupt die oben angezeigten Bedingungen erfüllt. Die Untersuchungen haben bewiesen, daß auch bei konstruktiv gut durchgebildeten Bremsdruckreglern zufällige Störungen möglich sind, die schwerwiegende Folgen haben können. Die vorherige Prüfung auf dem Versuchstand muß darum gefordert werden.

Einige der gebräuchlichsten Bremsdruckreglerarten sind im Maschinenlaboratorium der Bergbauabteilung an der Technischen Hochschule Berlin untersucht worden[1]). Der Grundgedanke der Versuche war die Prüfung der Abhängigkeit zwischen Antrieb und Druckverlauf, wie sie von den Druckreglern angestrebt wird. Zur Aufnahme des eingeregelten Druckes wurde ein etwa 16 l fassendes Gefäß verwendet. Ein an diesem „Bremszylinder" angebrachter Indikator zeichnete das Druckdiagramm auf einen gleichmäßig abrollenden Papierstreifen, auf den zu gleicher Zeit auch die Bewegungen des Antriebhebels graphisch übertragen wurden. Es entstanden so zwei Kurven, die nach den unten angeführten Gesichtspunkten übereinstimmen mußten.

Zur Vorausbestimmung des einer jeden Hebelstellung zukommenden Regeldruckes ist die Kenntnis des Regelbereiches und des Druckbereiches für die untersuchte Bauart notwendig. Der Regelbereich ist derjenige Abschnitt des Gesamthubes, in dem die eigentliche Regelung mit proportionaler Druckzunahme stattfindet; er wird durch den Leerlauf eingeleitet und endet in dem Volldruckabschnitt. Der Druckbereich des Reglers wird durch die Stärke der Feder bestimmt. Er reicht von null bis zum höchsten geregelten Druck und verteilt sich gleichmäßig auf den Regelhub, so daß für jede Hebelstellung ein absolut bestimmter Druck errechnet werden kann. Aus der Hebelkurve ergibt sich so die Sollkurve des Druckes, die sich mit der tatsächlich aufgenommenen Istkurve überdecken mußte. Abweichungen in Richtung der Druckordinate deuteten auf Unstimmigkeiten des Regeldruckes, waagerechte Verschiebung in der Zeitabszisse ließ verspätetes Eintreffen des Druckes erkennen.

Die nach diesem Verfahren durchgeführten Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf die Bremsdruckregler der Bauarten *Iversen, Schönfeld* und Eisenhütte Prinz Rudolph. *Iversen* (Atlas G. m. b. H.) baut vier einachsige Bremsdruckregler, die für Einlaß- oder Auslaßbremsen mit Druckluft- oder Dampfbetrieb bestimmt sind, *Schönfeld* zwei einachsige Einlaßregler für Druckluft- und Dampfbetrieb, die Eisenhütte Prinz Rudolph schließlich einen für Dampfbetrieb vorgesehenen zweiachsigen Einlaßregler. Sämtliche Bauarten haben gemeinsame Merkmale in Form der Kolbenschieber, Hilfskolben und Schraubenfedern, die jedoch räumlich verschieden angeordnet sind und auch verschieden zusammenwirken.

*Iversens* Bremsdruckregler zeigten auf dem Versuchstand eine allgemein gute Regelfähigkeit. Die eingestellten Zwischendrücke wurden sehr genau eingehalten, Schwankungen des Betriebsdruckes blieben ohne Einfluß auf die Höhe der Zwischenstufen, Kondensationsverluste im Gefäß wurden selbsttätig wieder ausgeglichen. Für den Auslaßregler ergab die Untersuchung, daß die Druckstufen ihre absolute Ordinate mit dem Betriebsdruck veränderten, so daß stets derselbe Differenzenwert für den wirksamen Bremsdruck erschien. Die Entlastung des Handhebels war vollkommen, Reibungswiderstände traten im Regler nicht auf. Der eingeregelte Druck verspätete sich durchschnittlich um 0,35 s gegenüber der ihn erzeugenden Hebelbewegung; die Verspätung ist z. T. durch die Trägheit der beweglichen Massen im Innern des Reglers hervorgerufen, anderseits ist eine gewisse Zeit erforderlich, bis die entsprechende Menge des Druckmittels durch die Wege des Reglers in den Bremsraum gelangen kann.

Der günstigen Arbeitsweise der Regler von *Iversen* steht eine durch die Konstruktion bedingte Hysterese gegenüber. Infolge der verhältnismäßig starken Überdeckung der Schieberlappen entstehen nämlich nicht nur hohe Leergänge zu Beginn und Ende des Hubes, die insgesamt drei Achtel des Gesamthubes einnehmen, sondern vor allen Dingen ein unerwünschter toter Gang bei Umkehr der Bewegungsrichtung des Antriebes. Hat der Fahrtregler die Bremse bis zu einem Zwischendruck angezogen und kehrt das Stellzeug dann um, so bleibt die Wirkung während dieses toten Ganges vollständig aus. Die mit der Hysterese verbundenen Nachteile können durch eine kleinere Bemessung der Schieberüberdeckungen beseitigt oder doch vermindert werden. Versuche sind darüber im Gange, inwieweit dies ohne Schädigung des Dichthaltens geschehen kann.

Die Versuchsergebnisse der Bremsdruckregler von *Schönfeld* waren durch starke Reibungsstörungen beeinflußt. Infolge ihrer konzentrischen Ineinanderlagerung behinderten sich die beiden Schieber gegenseitig in ihren Bewegungen. Am stärksten wirkte die Reibung des Außenschiebers gegen die Gehäusebüchse ein. Sie beeinträchtigte den regelnden Eingriff der Feder, so daß Überregelungen und starke Druckpendelungen mit Amplituden bis zu 1,75 at Platz griffen. Bei dem für Druckluftbetrieb bestimmten Regler wird der Außenschieber durch zwei Ledermanschetten, beim Dampfgerät durch Kolbenringe abgedichtet. Während der Versuche konnte festgestellt werden, daß die Ringe sich einarbeiteten und die Unregelmäßigkeiten allmählich verschwanden. Aus diesem Grunde wird neuerdings auch für die Druckluftregler die Abdichtung durch Kolbenringe ausgeführt. Die an einem solchen Regler durchgeführten, noch nicht abgeschlossenen Untersuchungen haben bereits eine bedeutende Besserung ergeben. Im übrigen hatten die Betriebsdruckschwankungen keinen Einfluß auf die Gestaltung der Druckstufen. Die Druckverspätung betrug durchschnittlich 0,4 s, ein nennenswerter toter Gang trat bei Umkehr der Antriebsrichtung nicht ein.

Der Druckregler der Prinz Rudolph-Hütte schließlich ergab eine durchaus regelmäßige Arbeitsweise. Die Zwischendrücke wurden bei jedem Betriebsdruck in gleicher Höhe eingehalten, Reibungswiderstände traten nicht auf, toter Gang bei Antriebsumkehrung machte sich praktisch nicht bemerkbar. Die mittlere zeitliche Verschiebung wurde zu 0,6 s festgestellt; sie übertrifft um rd. 50 vH die bei den einachsigen Reglern gefundene Verspätung und ist einerseits auf die stärkere Massenwirkung der schwereren Teile, anderseits auf die mittelbare Einwirkung des Differentialhebels zurückzuführen. Die bei dem untersuchten Gerät beobachtete falsche Einspannung der Feder und die dadurch hervorgerufene Störung kann natürlich leicht beseitigt werden.

Untersuchungen dieser Art müssen für jeden neuen Druckregler gefordert werden. Grunddiagramme, die sowohl die Antriebs- als auch die Druckkurve enthalten, stellen eine wertvolle Unterlage für spätere Vergleichsversuche dar. In Anbetracht der Bedeutung der Bremsdruckregler für die Sicherheit der Fördermaschinen wäre in Erwägung zu ziehen, ob nicht, ähnlich wie für die Fahrtregler, regelmäßige Untersuchungen der im Betrieb stehenden Regler bergpolizeilich vorzuschreiben wären.

Berlin [N 2711] Dr.-Ing. *G. Dulman*

[1]) Z. f. d. Berg-, Hütten- und Salinenwesen 1928 S. B 289.

## *Luftfahrt*

### Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit

In dem Aufsatz in Z. Bd. 72, 1928, Nr. 40, über Gegenwartsfragen der Aerodynamik erwähnt Dr. *H. Blenk* auf S. 1397/98 die Geschoßform. Er sagt hierbei, daß es auf die Ausbildung des hinteren Endes nur wenig ankommt, im Gegensatz zu Körpern, die sich mit Unterschallgeschwindigkeit fortbewegen. Dies entspricht jedoch nicht ganz den Versuchsergebnissen, die hierüber vorliegen. *Cranz* weist schon 1910 im ersten Band seines Werkes „Äußere Ballistik" darauf hin, daß sich wahrscheinlich der Energieverlust des Geschosses durch geeignete Form des hinteren Endes wesentlich vermindern läßt. Erst in den letzten Jahren befaßten sich die Munitionsfabriken mit dieser Aufgabe und entwickelten die sogenannten Torpedogeschosse. Abb. 8 und 9 geben zwei solcher Formen wieder, die heute im Handel sind.

Folgende Versuchsergebnisse zeigen, daß durch die Änderung des Geschoßendes der Luftwiderstand tatsächlich bedeutend vermindert wurde. Ein 8 mm-Geschoß von der in dem Aufsatz von *Blenk* angegebenen Form hat einen Energieverlust von rd. 24 vH auf 100 m, während das Torpedogeschoß nach Abb. 8 nur einen Energieverlust von rd. 13 vH auf 100 m erleidet. Diese Werte entstammen Messungen, die zwischen 0 und 300 m ausgeführt worden sind. Abb. 10 und 11 zeigen Photographien, aus denen ebenfalls ersichtlich ist, daß die Torpedogeschoßform günstiger ist, da sich die Wirbelbildung am Geschoßende wesentlich vermindert.

Chemnitz *Erich Jäger*

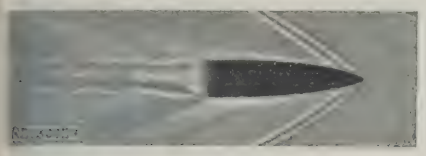


**Abb. 10**
Bootsendförmiges Geschoß.
Das Bild zeigt, wie die Torpedoform den Luftwiderstand verringert. Man beachte, wie die Verringerung des Durchmessers des Geschosses die Wirbelbildung verkleinert.

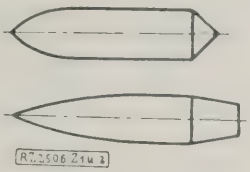


**Abb. 8 und 9**
Torpedogeschoß

**Abb. 11**
Gewöhnliches Geschoß bei 820 m/s Geschwindigkeit.
Der Luftwiderstand ist an der Spitze und am Ende sichtbar. Man vergleiche die Wirbelbildung mit der des Torpedogeschosses nach Abb. 10.

### Erwiderung

Auf die vorangehenden Bemerkungen von *E. Jäger* zu meinem Aufsatz erwidere ich, daß ich in meinem Aufsatz nur den Unterschied zwischen Unter- und Überschallgeschwindigkeit besonders betonen wollte. Bei kleinen Geschwindigkeiten stellt die angegebene Luf-schifform den Körper kleinsten Widerstandes dar. In dem Geschwindigkeitsbereich oberhalb der Schallgeschwindigkeit liegen genügende Versuchsergebnisse noch nicht vor, um hier über den Körper kleinsten Widerstandes Endgültiges aussagen zu können; jedenfalls aber wird dieser Körper vorn zugespitzt sein, wahrscheinlich um so mehr, je größer die Geschwindigkeit wird. Natürlich ist auch die Ausbildung des hinteren Endes nicht gleichgültig, wie die Zahlenangaben von *Jäger* zeigen.

Berlin-Adlershof [M 2506] *H. Blenk*

## *Brauerei*

### Technische Fortschritte in der Bierbrauerei

Ein Blick in das Jahrbuch 1928 der Versuchs- und Lehranstalt für Brauerei zeigt, daß die nächste Zeit auf diesem Gebiete große Fortschritte bringen wird.

#### Energiewirtschaft und Energieversorgung

Das Hereinnehmen fremder Energie in den Brauereibetrieb hat sich, wie *H. Gesell* berichtet, weiterhin durchgesetzt. Die erhöhte Verwendung von Kaufstrom statt eigener Kraft war in mehreren deutschen Brauereien zu beobachten. Anschlüsse mit 200 000 bis 500 000 kWh/Jahr wurden mehrfach neu eingerichtet. Von zwei mit Leuchtgas beheizten Braupfannen liegen noch keine Betriebsergebnisse vor.

Über neuere Gesichtspunkte zur Energieversorgung in der Brauerei berichtet *E. Rausch*. Nach seinen Angaben hat sich im Brauereibetriebe die alte Kolbendampfmaschine durchaus behauptet, zumal sie bis auf das 1,6fache ihrer Nennleistung überlastbar ist und man den entfallenden Abdampf in der Brauerei zu Kochzwecken fast restlos verwenden kann. Kaufstrom wurde in wirtschaftlicher Weise benutzt zur Deckung von Spitzenbelastungen oder von Energiebedarf in Zeiten, in denen für Abdampf keine Verwendung bestand. Dampfturbinen haben sich in den Brauereibetrieben wegen ihrer großen Empfindlichkeit nicht einführen können.

#### Hochdruckdampf

*Rausch* empfiehlt aber, der Hochdruck-Anzapfdampfmaschine größere Aufmerksamkeit zuzuwenden, die es gestatte, ohne Rücksicht auf die jeweils verbrauchte Leistung über beliebige Dampfmengen für Kochzwecke zu verfügen. Bei Betriebserweiterungen bestehe noch die Möglichkeit, der bereits vorhandenen Dampfmaschine eine Hochdruckmaschine vorzuschalten. Als Beispiel wird eine Brauereikraftanlage angeführt, die einen Kessel mit 10 at Dampfdruck und eine Maschine mit 150 PS Leistung hat. Infolge von Betriebserweiterungen ist der Leistungsbedarf auf 300 PS gestiegen. Eine Vorschaltdampfmaschine für 35 at Eintrittspannung bei 330 ° würde bei 10 at Gegendruck 14 kg Dampf für 1 PSh brauchen. Die vorhandene Ventildampfmaschine für 10 at Eintrittdruck hat etwa denselben spezifischen Dampfverbrauch, so daß man den gesamten Abdampf der Hochdruckmaschine in der Niederdruckmaschine verarbeiten kann, mit dem Ergebnis, daß jetzt die doppelte Leistung zur Verfügung steht, während zur Erzeugung des höheren Dampfdruckes nur rd. 10 vH mehr Brennstoff verbraucht wird.

Dennoch steht *Rausch* der Einführung reiner Hochdruck-Dampfkraftanlagen in den Brauereibetrieb ablehnend gegenüber, da durch sie, „unter Berücksichtigung aller, auch der Kapitalkosten, eine wirtschaftliche Verbesserung des Brauereibetriebes nicht eintritt".

#### Diesel- und Elektromotor

Der Dieselmotor wird sich nach *Rausch* vorerst wegen seiner schwierigen Betriebsweise und dem Mangel an ausnutzbarer Abwärme kaum in den Brauereibetrieb einführen können. Hingegen wird man annehmen dürfen, daß „in fernerer Zukunft" die am vielseitigsten verwendbare Energie, der elektrische Strom allein für die Energieversorgung der Brauereien in Frage kommen wird.

#### Dampfspeicher

Auch zur Aufstellung von besonderen Dampfspeichern in den Brauereien glaubt er nicht raten zu können. Zwar sind die Schwankungen des Wärmeangebotes und der Wärmenachfrage in der Brauerei recht bedeutend, aber man hat ja in den Brauereien große Verdampfer oder Eiserzeuger als Kältespeicher und Großwasserraum-Vorwärmer und Flammrohrkessel als Wärmespeicher. Die Großbrauereien aber, die nicht mehr mit Flammrohrkesseln arbeiten, brauchen ebenfalls keine Dampfspeicher, da hier die Betriebsführung infolge Parallelarbeitens vieler Einzelbetriebe ohnehin sehr gleichmäßig ist.

#### Feuerung

Kohlenstaubfeuerung zur Beheizung der Brauereikessel wird als unwirtschaftlich abgelehnt. Dagegen mag Gasfeuerung, insbesondere auch unmittelbar unter den Braupfannen, empfehlenswert sein, zumal die unmittelbare Erwärmung durch die Flamme eine Verbesserung der Bierbeschaffenheit hervorrufen soll.

Über den Güterumschlag, den Bierversand, berichtet *H. Graßmé*. Er kann an Beispielen zeigen, wie falsch es im Brauereibetrieb ist, voreilig von Pferde auf Kraftwagen überzugehen. Die Beförderung mit Kraftwagen lohnt im allgemeinen nur dann, wenn größere Lasten über größere Entfernungen zu befördern sind. Das Grundübel ist nach *Graßmé*, daß beim Flaschenbierversand die Wagen etwa zwei Drittel des Tages auf der Straße warten müssen. Für die Beförderung von 120 Kasten Flaschenbier ist ein Wagen mit rd. 4½ t Tragfähigkeit nötig. Ein solcher Wagen kostet täglich 35 *RM* für Abschreibung, Brennstoff, Öl und Ausbesserungen und etwa 30 *RM* für Bemannung (3 Mann), insgesamt also 65 *RM*. Da die 120 Kasten rd. 12 hl Bier enthalten, so wird 1 hl mit 5,40 *RM* Beförderungskosten belastet. Die mittlere Kundenentfernung betrug in diesem Falle etwa 750 m. Die Beförderung von Faßbier ist um ein Vielfaches billiger als die von Flaschenbier: Ein Kraftwagen mit 3½ t Tragfähigkeit kann 23 hl Faßbier, ein Flaschenbierwagen von derselben Tragfähigkeit jedoch nur 10 bis 12 hl Bier laden.

*L. Nathan*, Zürich, weist auf die Wichtigkeit der Bierbeförderung in Tankwagen hin. Gute Erfahrungen über eine solche Beförderung liegen für die Strecke Celle – Hamburg vor. Der Tankkraftwagen faßte 40 hl, der Anhänger ebensoviel. Im Sommer hat sich die Temperatur des Bieres während der 12 h dauernden Fahrt nur um 1 °C erhöht. An Ort und Stelle wurde das Bier in kleinere Gefäße und von hier aus in Flaschen gedrückt.

#### Druckgärung und Kohlensäuregewinnung

Über einen Fortschritt, der auch für andre Verbrauchsgebiete von Bedeutung sein wird, die Bottichgärung unter Druck und die Herstellung von Kohlensäureeis, berichtet *F. Windisch*: Bei geschlossener Gärführung schafft die Druckkohlensäure durch schnelleres Auswaschen des Luftsauerstoffes günstigere Lebensbedingungen für die Hefezellen. Abgesehen davon, daß mit der Schließung der Gärkessel auch eine Steigerung der Alkoholausbeute (durch Auswaschen), eine Verbesserung der Bierbeschaffenheit und eine Hopfenersparnis verbunden ist, kann die Lüftung der Gärkeller nunmehr auf ein Mindestmaß eingeschränkt werden, womit man etwa die Hälfte bis ein Drittel an Kälteleistung spart. Ferner erzielt man aus dem Verkauf der auf Flaschen gefüllten Kohlensäure nicht un-

wesentliche Einnahmen. Die Lagerbierbrauerei in Wülfel hat in einem Jahr 133 000 kg $CO_2$ für 0,50 ℳ/kg verkauft. Sie hatte dadurch 32 500 ℳ Reingewinn. Die Anlagekosten betrugen 125 626 ℳ. Aus 1 hl Bier waren mit Leichtigkeit 1,2 bis 1,3 kg $CO_2$ zu gewinnen.

### Feste Kohlensäure

Nach Ansicht von *Hardung* wird sich in nächster Zeit auch „Festkohlensäure" im Handel zeigen[1]). Sie hat eine niedrige Temperatur (— 70 °) und nur halbes Volumen bei doppelter Kühlwirkung. Ein Pappfaß mit 19,1 kg fester Kohlensäure hat bei 72stündiger Eisenbahnfahrt nur 8,2 kg verloren, ohne daß besondere Schutzmaßnahmen getroffen waren. Die Selbstkosten für 1 kg Kohlensäureeis betragen 0,11 ℳ. Es soll möglich sein, 10 kg feste Kohlensäure für 4,00 ℳ zu verkaufen, wobei eine Brauerei mit 300 000 hl Jahresausstoß jährlich 130 000 ℳ Reingewinn erzielen soll. Die Kosten für die $CO_2$-Anlage würden in diesem Falle etwa 200 000 ℳ betragen. Es scheint, als ob gerade die neue Form der Kohlensäuregewinnung bei der übrigens schon seit langem von *L. Nathan* angewandten Druckgärung noch zahlreiche weitere Fortschritte einleitet. [N 2771]

Aachen *K. W. Geisler*

[1]) Vergl. *R. Plank*, Herstellung und industrielle Verwertung fester Kohlensäure, Z. Bd. 73, Nr. 7, S. 221.

## Kleine Mitteilungen

### Normung und Kosten elektrischer Erzeugnisse in Amerika

In einem Bericht anläßlich der Tagung der National Electric Light Association in Atlantic City behandelt *L. L. Elden* den Einfluß der Normung auf den Preis elektrotechnischer Erzeugnisse in Amerika. Mag auch die Ausbreitung der Elektrizitätsversorgung und die dadurch bedingte Erhöhung des Absatzes preismindernd gewirkt haben, so hat auch die Normung einen großen Anteil an der Verminderung der Gestehungskosten, denn sie ermöglichte die Herstellung großer Mengen gleichartiger Erzeugnisse. Die Festsetzung normaler Spannungen und Frequenzen war der erste große Fortschritt. Heute ist der Preis einer Glühlampe für 40 W auf die Hälfte des Preises von 1920 gesunken. Die Kosten der Herstellung eines Drehstrommessers konnte man von 46 auf 38 ℳ senken, bei einer Jahreserzeugung von 1,5 Mill. Stück, also rd. 12 Mill. ℳ sparen. 1 PS-Kollektormotoren kosten nur noch rd. ½ des Preises von 1902, ein ¼ PS-Waschmaschinenmotor kostet nur noch 40 ℳ gegen 105 ℳ im Jahre 1921. („Electrical World" 8. Juni 1929 S. 1205)

[N 3240 a] *Pa.*

### Amerikanische Hochdruck-Dampfkessel

Im Holland-Kraftwerk und in der Anlage der Jersey Central Power & Light Co. bei South Amboy hat man einen Betriebsdruck von 100 at gewählt, nachdem sorgfältige Untersuchungen an andern Kraftwerken gezeigt hatten, daß Hochdruckanlagen den Strom billiger erzeugen können. Die Erbauer sind unabhängig voneinander zu der Überzeugung gelangt, daß für große Anlagen mit Rücksicht auf Betriebsicherheit und Betriebsbereitschaft Schrägrohrkessel am günstigsten sind. Um aber die Kosten der Kessel zu senken und trotzdem hohe Wirtschaftlichkeit zu erreichen, haben sie den teuersten Teil der Kesselheizfläche, die Strahlungsheizfläche, so klein wie möglich bemessen. Dabei ergab sich, abweichend von europäischen Verhältnissen, folgende Verteilung der Heizflächen:

| | Holland | South Amboy |
|---|---|---|
| Kessel . . . . . vH | 12 | 11,1 |
| Überhitzer . . . . . „ | 6,9 | 9,1 |
| Dampfkühler . . . . . „ | — | 0,3 |
| Rauchgas-Zwischenerhitzer . . . . „ | 17,2 | 19,8 |
| Dampf-Zwischenerhitzer . . . . . „ | — | 3,5 |
| Rauchgas-Speisewasservorwärmer . „ | 17,6 | 6,8 |
| Lufterhitzer . . . . . „ | 46,3 | 49,4 |
| Summe vH | 100 | 100 |

Diese Verteilung beweist, daß man es vorzieht, mit hohen Drücken, aber verhältnismäßig niedrigen Dampftemperaturen zu arbeiten, so daß man um die Zwischenüberhitzung des Dampfes nicht herumkommt. („Power" 28. Mai 1929 S. 859 bis 868) [N 3240 b] *Stg.*

### Dampf als Nebenerzeugnis in Kokereien

Bei Regenerativöfen neuzeitlicher Kokereien enthalten die Rauchgase nur mehr wenig nutzbare Wärme, die lediglich zur Speisewasservorwärmung dienen kann. Zuweilen im Überschuß vorhandenes nutzbares Koksofengas dient zum Versorgen von Ferngasleitungen oder zur Krafterzeugung in Gasmaschinen. Die beim Drücken des Ofens verbleibende Kammerwärme läßt sich zur Dampferzeugung ausnutzen. Auf 1 t Koks lassen sich auf diese Weise 590 kg Dampf von 100 ° gewinnen. Abzüglich des Kraftbedarfs lassen sich auf 710 kg Koks 209 kg Dampf von 7 at aus Wasser von 15 ° erzeugen, auf 1 t Koks also rd. 300 kg Dampf. Durch Verbesserungen der Anlage hat man die Umwandlungskosten herabgesetzt.

Der bei der Kokssiebung anfallende Koksgrus läßt sich auf Wanderrosten verfeuern, wobei aber Formänderungen der Roststäbe besondre Vorsicht verlangen. Koks bedingt stärkeren Zug als Kohle, bei natürlichem Zug ist die Rostbelastung zu gering. Unter einem Wasserrohrkessel mit Überhitzer und Vorwärmer ergibt Koksgrus mit 15,4 vH Feuchtigkeit, 3,3 vH flüchtigen Bestandteilen, 19,8 vH Asche und 5130 kcal/kg Heizwert auf einem Wanderrost mit ausgeglichenem Zug bei 7,41facher Verdampfung, 13 at Druck und 360 ° Temperatur des Dampfes einen Wirkungsgrad von 78,28 vH. („Iron and Coal Trades Review" 31. Mai 1929 S. 835) [N 3240 c] *Kre.*

### Neues Wasserwerk mit großen Pumpen

Für die Wasserversorgung von St. Louis und der westlichen Vororte soll demnächst ein neues Pumpwerk am Missouri in Betrieb genommen werden. Für große Förderhöhen sind vorläufig zwei 6000 PS-Turbopumpen aufgestellt, die täglich 226 Mill. l 108 m hoch fördern können. Bei 189 Mill. l täglicher Fördermenge und 100 m Förderhöhe leistet jeder Pumpensatz 91 mkg/kcal. Für kleine Förderhöhen sind z. Zt. drei Turbopumpen aufgestellt, eine für 302 bis 454 und zwei für je 151 bis 226 Mill. l tägliche Fördermenge. Die große Pumpe hat ein Getriebe von 3,1 m Dmr. mit einem Übersetzungsverhältnis von 26,57 : 1.

Die Kohlensäure der Kesselabgase wird dazu benutzt, um die Ablagerung von Kalk in den Wasserfiltern zu verhüten. Die Abgase werden am Fuße des Schornsteins abgezogen und in Naß- und Trockenreinigern aus Stahlblech mit Bleiüberzug gereinigt. Um die Kohlensäure im Wasser gleichmäßig zu verteilen, läßt man sie in kleinen Blasen in einer 4,5 m hohen Wasserschicht aufsteigen, wobei sie vom Wasser absorbiert wird. („Power" 11. Juni 1929, S. 956*) [N 3240 d] *Le.*

### Untersuchungen an Eisenbahnbrücken in England

Ein Ausschuß von Wissenschaftlern und Gelehrten Englands untersucht seit 1924 das Verhalten der Eisenbahnbrücke unter bewegter Last. Im einzelnen betrafen die Versuche: die Durchbiegung, die statischen Kräfte und die Eigenschwingungszahl bei verschiedenen Geschwindigkeiten der gleichen Lokomotive. Man verglich auch verschiedene Lokomotiven bei gleicher Drehzahl, um den Zusammenhang zwischen den dynamischen und statischen Kräften festzustellen. Ferner verglich man die gemessenen Durchbiegungen mit den berechneten, um die Lebensdauer zu bestimmen. Kräfte und Durchbiegungen wurden auch bei Überlastung gemessen, um die bei der Vorausberechnung von Brücken zu Grunde zu legende bewegte Last zu ermitteln. („Le Genie Civil" 15. Juni 1929 S. 571*)

[N 3240 e] *Ro.*

### Geschweißte Hochdruckgasbehälter

Die Stadt Stein am Rhein ist im November 1928 an das Fernversorgungsnetz des Gaswerkes Konstanz am Bodensee angeschlossen worden. Zur Überwindung der Kochspitzen hat man zwei elektrisch geschweißte Hochdruckgasbehälter (Länge 17,38 m, 3,15 m Dmr. und 17 mm Blechdicke, Betriebsdruck 5 at abs.) von Escher, Wyß & Cie., Zürich, aufgestellt. Die beiden halbkugelförmigen Enden jedes Behälters bestehen aus je sechs Ausschnitten und einer Kappe; an einem Ende ist ein Mannloch zum Besteigen und etwaigen Reinigen der Behälter eingebaut. Das Gas wird von abends 10 bis morgens 6 Uhr durch einen Kom-

pressor, den man unmittelbar neben den Behältern in einem Häuschen aufgestellt hat, den Behältern zugeführt. Besondere Regleranlagen gewährleisten einen sicheren Betrieb. („Schweizerische Bauzeitung" 22. Juni 1929 S. 309*) [N 3240 f] *Gw.*

### Walfischdampfer „Kosmos"

In England hat man jetzt zum ersten Mal einen eigens für den Walfischfang bestimmten Dampfer erbaut. Das Besondere der Bauart kennzeichnet sich rein äußerlich durch eine große quadratische Öffnung unmittelbar an der Heckrundung, durch die die Wale an Bord gezogen werden. Starke Ladebäume, die bis zu 40 t heben können, befördern die Tiere auf das freiliegende Wetterdeck, wo sie zerschnitten und zerlegt werden. Der eigentliche Bearbeitungsraum befindet sich auf dem 2. Deck, das zu diesem Zweck die beträchtliche Höhe von 4,6 m erhalten hat. Insgesamt können 300 Wale verstaut, bearbeitet und gekocht werden; bemerkenswert ist auch die große Frischwasseranlage.

Das für die Kosmos Walfang Gesellschaft, Sandefjord, erbaute Schiff „Kosmos" hat bei rd. 168 m Länge und rd. 23,5 m Breite eine Verdrängung von 32 000 t. Zum Antrieb dient eine Vierfach-Expansionsmaschine, die ihren Dampf von fünf Zylinderkesseln mit Ölfeuerung erhält. „Kosmos" lief vor kurzem in Belfast vom Stapel und wird in der Antarktis Dienst tun. („Shipbuilding and Shipping Record" 6. Juni 1929 S. 702*) [N 3240 g] *Bl.*

### Schlitzmaschine für Kronenmuttern

Die Maschine der Fellow Machine Co. in Detroit, Michigan, die stündlich 3000 Muttern bearbeitet, trägt auf beiden Seiten je drei Kreissägen von 100 mm Dmr., denen mittels einer Kette die zu schlitzenden Muttern zugeführt werden. Jede Mutter wird, bevor sie an die zweite oder dritte Säge gelangt, um 60 ° gedreht; nach dem Schlitzen werden die Muttern selbsttätig entgratet. Die Maschine eignet sich für Muttern von 24 bis 31 mm Schlüsselweite, wozu die Zuführketten und Spannhülsen ausgewechselt werden. Die Schlitztiefe von 4,7 mm wird durch Verstellen der Sägewellen erreicht. Die Kette hat einen Vorschub von 813 mm/min, die Sägen machen 200 U/min. Die Muttern werden mit der Hand in die Spannhülsen der Kette eingelegt, wobei ein Arbeiter in 1 h 2400 Muttern, also bis zu 80 vH der Höchstleistung der Maschine, leisten kann. Maßkontrolle und besondere Sicherheitsvorrichtungen verhüten, daß nicht maßhaltige Muttern durchlaufen. („Engineering" 21. Juni 1929 S. 803*) [N 3240 h] *Schr.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Ingenieurbauten der Deutschen Reichsbahn.** Herausgeg. von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft. Berlin 1928, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 104 S. m. Abb. Preis 15 *RM.*

Die Mitarbeit des Bauingenieurs drängt sich dem Auge des Beschauers selten in so ununterbrochener Reihe auf wie längs der Eisenbahnstrecke. Die Deutsche Reichsbahn als Eigentümerin der meisten dieser Ingenieurbauten hat den glücklichen Gedanken gehabt, in einer Bildsammlung, nur mit dem notwendigsten Text in den Unterschriften, eine Auswahl schöner Ingenieurbauten nach Lichtbildern in vorbildlicher Wiedergabe als Kupfertiefdruck darzustellen. Dabei kommt es darauf an, zu zeigen, daß diese Bauten ungeachtet ihres rein praktischen Zweckes einen Eindruck erwecken, den heute nicht bloß der Ingenieur, sondern auch der Architekt und der Nicht-Techniker als kunstvoll ansprechen wird. Die Brücken und Hallen wie die Wassertürme werden damit, meist unter Verzicht auf alle schmückenden Beiwerke, Wegbereiter der heutigen Architektur, der „neuen Sachlichkeit". Die Eigenart der Bauwerke bringt es mit sich, daß sie nicht so sehr durch Einzelheiten wie durch ihre Gesamterscheinung und ihre Bedeutung im Stadt- und Landschaftsbilde wirken. Wenn man daher einen Wunsch aussprechen darf, wie das Buch für die Zukunft gegenüber seinem heutigen Stande verbessert werden könnte, so ist es der, durch Fernaufnahme namentlich der Brücken noch mehr zu zeigen, daß das Ingenieurbauwerk die Landschaft nicht zu stören braucht, sondern sich harmonisch oder gegensätzlich in sie eingliedern kann.

Das Buch wendet sich zwar in erster Linie an den Fachmann. Es bildet aber ein außerordentlich wertvolles Anschauungsmaterial für den Laien, insbesondere auch für die heranwachsende Jugend, die sich technischen oder handwerklichen Berufen widmet oder widmen will.

[E 3071] *Baer*

**Die Entwicklung der bremischen Hafenanlagen bis 1928.** Baugeschichtliche Entwicklung der bremischen Hafenanlagen. Von *Peter Hedde*, unter Mitarbeit von *Paul Beck*. Die Entwicklung der Umschlageinrichtungen in den bremischen Häfen. Von *Tillmann*, unter Mitarbeit von *Andressen* und *Agatz*. Sonderdruck aus dem Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft 1926, ergänzt bis 1928. 165 S. m. 135 Abb.

Das wertvolle Werkchen verdankt seine Entstehung einer Tagung der Hafenbautechnischen Gesellschaft in Bremen im Jahre 1926, und ist verfaßt von einer Reihe von mitten in den Dingen stehenden leitenden Beamten der bremischen Hafenbauverwaltung. Wie alle Jahrbücher der Hafenbautechnischen Gesellschaft eine sehr ausgiebige und zuverlässige Quelle für das Studium der deutschen Häfen darstellen, so bietet auch das vorliegende Buch ein ganz besonders fesselndes Bild von dem zweitgrößten deutschen Seehafen und seiner ruhmreichen Entwicklung. Die Darstellungen zerfallen in zwei in sich geschlossene Teile: „Baugeschichtliche Entwicklung der bremischen Hafenanlagen" und „Die Entwicklung der Umschlageinrichtungen in den bremischen Häfen".

In knappen und eindrucksvollen Zügen entrollt der erste Teil ein Bild der gewaltigen Anstrengungen des bremischen Gemeinwesens und der weitsichtigen und zielbewußten Arbeit seiner jeweils führenden Männer, allen Schwierigkeiten zum Trotz, die die Natur, die politische Zersplitterung Deutschlands und das Zeitgeschehen immer wieder und in wahrlich nicht geringem Maß auftürmten, im Laufe des verflossenen Jahrhunderts dem bremischen Handel See- und Weltgeltung zu verschaffen und zu erhalten durch Gründung und Ausbau des Seehafens Bremerhaven und durch Wiederherstellung der vom Seeverkehr infolge Versandung der Weser nahezu abgeschnittenen Stadt Bremen als Seehafen von großer Leistungsfähigkeit. Der zweite Teil gibt eine reiche Fülle von Einzelheiten dieser Entwicklung und hebt den hervorragenden Anteil der Technik durch eingehende Behandlung der verschiedenen das Wesen eines Seehafens ausmachenden Anlagen wie Uferbauten, Ausrüstung der Ufer zum Löschen und Laden, Schuppen, Speicher, Transport- und Verkehrsanlagen u. a. gebührend hervor. Das Buch verdient nicht nur von allen für Hafenbau Interessierten gelesen zu werden, sondern es wird auch weiten Kreisen darüber hinaus reiche Anregung und Belehrung bieten.

[E 3072] *Bu.*

Auszug aus Bd. 6 der Tables Annuelles de Constantes et Données numériques: **Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie.** Von *R. Audubert, Ch. de Massacré, A. Buffat, L. Durand, G. Foex.* S. 681 bis 777 und S. 1092 bis 1168 m. Abb. Preis 90 Fr. **Art de l'ingénieur et métallurgie** (Résistance des matériaux et données numériques diverses). Von *L. Descroix.* S. 1504 bis 1672, m. Abb. Preis 100 Fr. Paris 1928, Gauthier-Villars & Cie. und New York, McGraw-Hill Book Company.

Die beiden Bände sind Sonderdrucke aus einem großen Werke chemischer, physikalischer, biologischer und technologischer Zahlenwerte. Der eine Band enthält Angaben über die Konstanten der Elektrizität, des Magnetismus, der Elektrochemie. Der zweite Band berücksichtigt die mechanischen Konstanten der Bau- und Werkstoffe, Angaben über Schmiermittel und Verschiedenes, die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Brennstoffe, die Konstanten der feuerfesten Stoffe, die Zustandsdiagramme der Metallegierungen und die hiervon abhängigen Konstanten sowie die Probengrößen u. a. bei der Werkstoffprüfung. Eine viersprachige Inhaltsangabe erleichtert das Auffinden der einzelnen Konstanten. [E 3008] *Gw.*

**Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- und Auslandes.** Von *J. Gillrath.* Berlin 1929, Julius Springer. 604 S. m. 611 Abb. Preis 31,50 *RM.*

Das Buch ist eine reiche Zusammenstellung und Besprechung fast aller Maschinenarten, teilweise auch ausländischer Herkunft, die der Bearbeitung des Rundholzes, sowie der Weiterverarbeitung des Schnittholzes dienen. Beginnend mit der Baumfällmaschine über die Sägewerksmaschine zur Furnier- und Sperrholzerzeugung werden schließlich auch die Maschinen für die Holzweiterverarbei-

tung besprochen. Es wäre zu begrüßen gewesen, wenn der Verfasser, wie im Vorwort versprochen, vor allem bei den Sägewerksmaschinen, sich mehr der Eingliederung der Maschinen in den Arbeitsgang, sowie einer kritischen Betrachtung der verschiedenen Bauarten in bezug auf die Eignung für die verschiedenen Verwendungszwecke gleichzeitig mit Richtlinien und Anregungen für die Umstellung von Betrieben durch Zusammenwirken von Maschine, Kraft und Raum gewidmet hätte. Die vielen, langatmigen Wiedergaben ganzer Prospektblätter haben hierzu sicherlich nicht beigetragen. Der Verfasser hat sich im weiteren Teile seiner Abhandlung, besonders bei den Maschinen für die Holzweiterverarbeitung, tatsächlich auch viel mehr mit praktischen Fragen beschäftigt, aus denen unbedingt reiche Erfahrungen sprechen. Das Buch ist eine weitere Ergänzung des Schrifttums über Holzbearbeitungsmaschinen und der Frage der Holzbearbeitung selbst und ist für den, der sich in das Gebiet einarbeiten und eine gewisse Übersicht über den Stand der Maschinenbearbeitung des Holzes gewinnen will, eine wertvolle Unterstützung. [E 3056] *Himmelsbach*

Karteikunde. **Das Handbuch der Karteitechnik.** Von *Walter Porstmann.* Stuttgart 1928, Verlag für Wirtschaft und Verkehr. 327 S. Preis 12 *RM.*

Karteianlagen sind das Werkzeug für die neuzeitlichen Büroverfahren, seien es Buchführung, Lagerverwaltung, Personenüberwachung, Maschinen- oder Zeichnungsverwaltung; kurz für die Verwaltung von Mensch und Wert. Zur Zeit bestehen drei große Anwendungsgruppen: kaufmännische, technische und amtliche. Am entwickeltsten ist das Karteiwesen im Kaufmannswesen. Hier hatten sich bereits bestimmte Kartengrößen als Normen eingeführt, während das technische Büro und staatliche und städtische Behörden sowie die Verwaltungskörperschaften noch wenig mit Karteien zu tun haben wollten.

In diesem Augenblick kommt das Buch *Porstmanns* wie gerufen, um die Weiterentwickelung des ganzen Karteiwesens vor Zersplitterung in jeder Beziehung zu bewahren. Das erste Mal liegen alle Einzelheiten, die für Ausarbeitung und Anlage einer Kartei zu bedenken sind, in knapper, klarster und leicht verständlicher Form vor. Der Vordruck will ausgeklügelt und nach Karteigrundsätzen aufgebaut sein; der Verfasser arbeitet geradezu eine Vordrucklehre aus. Ebenso hängt die Brauchbarkeit einer Kartei vom gewählten Möbel ab; hier gibt der Verfasser eine außerordentlich scharfe Abgrenzung der Leistungen der einzelnen Möbelarten. Schließlich ist die Anordnung des Kartenstoffes, die Zwangläufigkeiten für Einordnung und Vollständigkeit der Karten, der dritte wichtige Baustein, den das Buch sorgfältig zu behauen lehrt.

Zahlreiche Bilder beleben den knappen und flüssigen Text, so daß man gern in dem verhältnismäßig dicken Buch blättert und Rat sucht. Vom Normenstandpunkt komme ich zu der Überzeugung, daß das *Porstmannsche* Buch einst die Grundlage für die gesamte Karteinormung bilden wird, ohne daß es für diesen Zweck geschrieben ist. Größte Allgemeinwertung verdienen die Abschnitte über Karteiverlag und Schreibfläche. Im ersten wird die Kartei als Verlagsgrundlage an Stelle des Buches erörtert und im andern wird die Kartei als Hauptform der Schreibfläche gegenüber den andern Formen: Blatt, Rolle und Buch ausgewertet. [E 3054] *R. Koch*

Handbuch des Eisenhüttenwesens. Herausgeg. im Auftrage des Vereins deutscher Eisenhüttenleute. 1. Bd.: **Walzwerkswesen.** Herausgeg. von *J. Puppe* und *G. Stauber.* Düsseldorf 1929, Stahleisen m. b. H. und Berlin, Julius Springer. 777 S. m. 941 Abb. Preis 85 *RM.*

Der metallische Werkstoff. 1. Bd.: **Vom Erz zum metallischen Werkstoff.** Von *W. Guertler* und *W. Leitgebel.* Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 426 S. m. 176 Abb. u. 30 Tab. Preis 32 *RM.*

**Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente.** Von *Otto Graf.* Berlin 1929, Julius Springer. 131 S. m. 166 Abb. Preis 15,50 *RM.*

**Standards yearbook 1929.** Zusammengest. von The National Bureau of Standards. Washington 1929, United States Government Printing Office. 401 S. Preis 1 $.

**Einführung in die Elektrizitätslehre.** Von *R. W. Pohl.* 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 259 S. m. 393 Abb. Preis 13,80 *RM.*

**Die Stromwendung großer Gleichstrommaschinen.** Von *Ludwig Dreyfus.* Berlin 1929, Julius Springer. 189 S. m. 101 Abb. Preis 17,50 *RM.*

**Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung.** Von *John R. Carson.* Erweiterte deutsche Bearb. von *F. Ollendorff* und *K. Pohlhausen.* Berlin 1929, Julius Springer. 186 S. m. 39 Abb. u. 1 Taf. Preis 18 *RM.*

**Turbo-Gebläse und Turbo-Kompressoren.** Von *Bruno Eck* und *W. J. Kearton.* Herausgeg. von *Bruno Eck.* Berlin 1929, Julius Springer. 294 S. m. 266 Abb. Preis 28 *RM.*

**Die Grundlagen der Tragflügel- und Luftschraubentheorie.** Von *H. Glauert.* Übers. von *H. Holl.* Berlin 1929, Julius Springer. 202 S. m. 115 Abb. Preis 13,75 *RM.*

**Die Bäckereimaschinen und Backöfen,** ihre Konstruktion und Anwendung. Bearb. von *A. Zimmermann.* Wilhelmshaven 1929, August Stecker & Co. 544 S. m. 523 Abb. Preis 15 *RM.*

**Die Benzinlagerung.** Von *Ulmann.* 2. Aufl. Von *Heinrich Hiller.* Leipzig und Wien 1929, Franz Deuticke. 83 S. m. 24 Abb. Preis 7,50 *RM.*

Technische Fortschrittsberichte, 20. Bd.: **Anorganische und organische Entfärbungsmittel.** Von *Leopold Singer.* Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 259 S. Preis 21,50 *RM.*

Mathematik in Monographien und Lehrbüchern. Bd. 3 A: *Gerhard Hessenbergs* **Vorlesungen über darstellende Geometrie.** Herausgeg. von *E. Salkowski.* Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 274 S. m. 481 Abb. Preis 20,50 *RM.*

## *Berichtigung*

### Durchflußbeiwerte der J G-Meßmündungen

In diesem in Z. Bd. 72 (1928) S. 1493 abgedruckten Aufsatz haben sich inzwischen folgende Druckfehler herausgestellt:

1. Beim Umzeichnen von Abb. 41, S. 1502, wurde als Krümmungshalbmesser im Auslauf statt $r = 56$, $r = 60$ eingetragen.

2. In Abb. 2, S. 1493, muß in der Unterschrift für „der Durchmesser *d* größer als 30 mm" gesetzt werden: der Durchmesser *d* kleiner als 30 mm.

3. In den Formeln auf S. 1499, linke Spalte, müssen die Größen $p$ und $dp$ in gleichen Einheiten gemessen werden. Ferner ist in dem *St. Venant-Wantzelschen* Ausdruck statt $p_1$ zu setzen $p_1/v_1$. [N 3023] Dr. *R. Witte*

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T :*


| | Seite |
|---|---|
| 50 Jahre deutscher Aufzugtechnik. Von *M. Paetzold* | 945 |
| Schweißmuffenverbindung in Gasfernleitungen . . . | 950 |
| Die Kohlenstaublokomotive. — Die beiden deutschen Bauarten und die bisherigen Versuchsergebnisse der AEG-Lokomotive. Von *H. Nordmann* . . . . | 951 |
| Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder kegligen Rädern. Von *H. Fromm* . | 957 |
| Photographische Objektive . . . . . | 962 |
| Dynamische Untersuchungen an technischen Gebilden. Von *W. Späth* . . . . . | 963 |
| Die reibungslose Strömung im Außengebiet zweier Kreise . . . . . | 965 |
| Durchflußzahlen der Normaldüse. Von *H. Mueller* und *H. Peters* . . . . . | 966 |
| Spannung und Dehnung in Gestellen mit Zugankern. Von *F. Schmidt* . . . . . | 967 |
| Rundschau: Das Höchstspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin — Eine neue Zentralwerkstatt der Rheinischen Stahlwerke — Kabelprüfwagen der Deutschen Reichsbahn — Untersuchungen an Bremsdruckreglern — Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit — Technische Fortschritte in der Bierbrauerei — Kleine Mitteilungen . . . . . | 969 |
| Bücherschau: Ingenieurbauten der Deutschen Reichsbahn — Entwicklung der Bremischen Hafenanlagen bis 1928. Von *P. Hedde* — Données numériques d'électricité, magnétisme et électrochimie. Von *R. Audubert, Ch. de Massacré, A. Buffat, L. Durand, G. Foex* — Art de l'ingénieur et métallurgie. Von *L. Descroix* — Holzbearbeitungsmaschinen und Holzbearbeitung des In- und Auslandes. Von *J. Gillrath* — Das Handbuch der Karteitechnik. Von *W. Porstmann* — Eingänge . | 975 |
| Berichtigung: Durchflußbeiwerte der J G-Meßmündungen . . . . . | 976 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 73 SONNABEND, 13. JULI 1929 Nr. 28

# Eisenbeton im Industriebau

*Vorgetragen am 14. Januar 1929 in Moskau von Prof. Dr.-Ing. E. PROBST, Karlsruhe*

*Die Ausführungen gingen von der Voraussetzung aus, daß eine günstige Entwicklung des Eisenbetonbaues auch im Industriebau nur dann erwartet werden kann, wenn die Fortschritte in Theorie und Praxis berücksichtigt werden. Dementsprechend besteht der Inhalt des Folgenden hauptsächlich aus den Grundlagen und Voraussetzungen für die Anwendung von Beton und Eisenbeton; an der Hand einiger kennzeichnender Beispiele aus Laboratorium und von Bauausführungen werden solche Fragen besprochen, die für die Anwendung im Industriebau in Betracht kommen.*

Der Beton- und Eisenbetonbau nimmt heute eine besondere Stellung im Industriebau ein, er ist bei verschiedenen Baukonstruktionen kaum noch durch eine andre Bauweise zu ersetzen. Etwa 30 Jahre sind es her, seitdem der Eisenbetonbau in seinen ersten Anfängen bei Deckenkonstruktionen im Hochbau angewendet wird, und nicht mehr als 10 bis 15 Jahre sind zu verzeichnen, seitdem Mechanisierung, Normung und Typisierung eine bemerkenswerte Entwicklung in den Herstellungsverfahren der weit verbreiteten Bauweise geschaffen haben.

So groß auch die Fortschritte sind, die in den letzten Jahrzehnten gemacht wurden, so wenig fehlt es an Problemen, die noch zu klären sind. Die Fachwelt hat nach mancherlei Widerständen erkannt, daß der Eisenbeton- wie der Betonbau in der Hauptsache ein Baustoff- und ein Herstellungsproblem ist. Es gab eine Zeit, in der die Berechnung einer Eisenbetonkonstruktion ein Problem war. Heute ist dies, von einigen Ausnahmen abgesehen, sicherlich nicht mehr der Fall.

Man hat zwischen Betonbauten und Eisenbetonbauten unterschieden. Im allgemeinen empfiehlt es sich, Beton- und Eisenbetonbauten nach dem Konstruktionszweck zu unterscheiden.

### Zusammensetzung des Betons

Die wesentlichste Voraussetzung für die Anwendung des Beton- und Eisenbetonbaues im Industriebau ist das Vorhandensein eines guten, gleichmäßigen

Zementes.

Wir haben auf Grund von recht unliebsamen Erfahrungen erkannt, daß von diesen fabrikatorischen Eigenschaften der Zemente die Sicherheit des Bauwerks in ersten Linie abhängt. Es ist daher notwendig, daß der zu einem Bauwerk verwendete Zement nicht nur in der Fabrik, sondern auch vor der Verwendung auf dem Bauwerk fortgesetzt auf seine Güte untersucht wird.

Die heute bei uns verwendeten Zemente sind: Portlandzement, hochwertiger Portlandzement, Hüttenzemente (Eisenportland- und Hochofenzement, Portlandjurazement, Traßportlandzement), Traß, Tonerdezemente und selten Naturzemente.

Allen Zementen fehlt heute noch eine höhere Zugfestigkeit. Höhere Druckfestigkeiten sind lange nicht so wichtig, weil wir sie nicht voll ausnutzen können. Z. B. muß bei Bauwerken der chemischen Industrie auch darauf geachtet werden, daß die Angriffe oder Zerstörungen des Betons durch chemisch aggressive Stoffe auf den Beton, sei es durch die in der Luft befindlichen schwefelhaltigen Gase, sei es durch die in den Grundwässern oder im Erdboden gelösten Sulfate, verhindert oder vermindert werden.

In solchen Fällen wird nicht nur die Ausbreitung von Rissen durch konstruktive Maßnahmen eingedämmt werden müssen. Risse entstehen in erster Linie durch die Einwirkung von äußeren Kräften, infolge von Volumenänderungen des Betons durch Vorgänge beim Erhärten oder durch Temperaturänderungen. Bei niedriger Zugfestigkeit vermindert sich die Sicherheit gegen das Auftreten von Rissen. Da diese Einfallpforten für rostbildende Substanzen sind, so vermindert sich gleichzeitig die Sicherheit gegen Rostbildungen an den eingebetteten Eiseneinlagen. Mit Unrecht wird daher die Zugfestigkeit von Beton vernachlässigt gegenüber einer manchmal übertriebenen Steigerung der Druckfestigkeit, die kaum je voll ausgenutzt werden kann.

Unser Augenmerk muß also darauf gerichtet sein, in Verbindung mit dem Zementchemiker Mittel zur Steigerung der Zugfestigkeit des Betons zu finden. Die Jagd nach hohen Druckfestigkeiten, wie man dies seit der Einführung der hochwertigen Zemente beobachten kann, hat wenig Wert, wenn nicht gleichzeitig die Zugfestigkeit erheblich gesteigert wird.

Obgleich die Arbeiten über den inneren Aufbau der Zemente nur langsam vorangehen, haben sich auf Grund wissenschaftlicher Arbeit in den Laboratorien und Erfahrungen auf großen Baustellen unsere Erkenntnisse über Stoff und Konstruktion bei Beton- und Eisenbetonbauwerken in Theorie und Praxis stark entwickelt, und wir können durch eine entsprechende Zusammensetzung, Verarbeitung und Behandlung des Betonmaterials die Sicherheit gegen das Auftreten von Rissen vergrößern.

Alle löslichen Sulfate sind Feinde des Betons und Eisenbetons. Während wir gegen Säuren noch keinen Schutz kennen, da es keine Zemente gibt, die Säuren widerstehen, können wir uns gegen Sulfate schützen. Gerade beim Bau von Industriewerken wird man zu achten haben, daß diese im Boden, im Grundwasser und in der Luft vorhanden sein können.

Man wird daher bei großen Bauwerken neben der Tragfähigkeit auch die chemische Zusammensetzung des Bodens zu untersuchen haben und danach die notwendigen Schutzmaßnahmen gegen Angriffe auf Beton und Eisenbeton treffen. Sowohl in unserer chemischen wie in der Hüttenindustrie hat man erst durch verschiedene schlechte Erfahrungen gelernt, und während man noch vor 10 bis 15 Jahren an diesen Schutz kaum dachte, übersieht man ihn heute nicht mehr.

Neben konstruktiven Maßnahmen, die es verhindern sollen, daß die aggressiven Wässer mit dem Beton oder Eisenbeton unmittelbar in Berührung kommen, schützt man sich in solchen Fällen durch Verwendung kalkarmer Zemente. Ferner ist es von größter Bedeutung, ob der Beton dicht oder porös ist. Dichtes Material wird den Angriff hinauszögern und damit auch die Zerstörung.

An einem Beispiel aus Untersuchungen in meinem Institut möchte ich in Abb. 1 bis 4 gewöhnliche Mörtelkörper zeigen, die 1 Jahr in aggressiven Lösungen lagerten. Abb. 1 und 2 stellen Mörtelkörper im Verhältnis: 1 Teil Portlandzement zu 3 Teilen Normensand dar. Abb. 3 und 4 zeigen Mörtelkörper, die aus 1 Teil desselben Portlandzementes mit 3 Gewichtsteilen künstlich gut abgestuftem Flußsand hergestellt waren. Der Sand hatte folgende Kornzusammensetzung: 10 vH 0 bis 0,3 mm, 20 vH 0,3 bis 0,8 mm und 70 vH 0,8 bis 1 mm Korn. Abb. 1 und 3 zeigen das Ergebnis einer einjährigen Lagerung in zehnprozentiger Magnesiumsulfatlösung, Abb. 2 und 4 das Ergebnis nach einjähriger Lagerung in 27prozentiger Magnesiumchloridlösung.

Während die aus Normensand hergestellten Körper vollkommen zerstört waren, ist aus den Mörtelkörpern mit dem gut abgestuften Sand entweder gar keine Zerstörung oder nur der Beginn ganz leichter Angriffe zu erkennen. Die Angriffe werden wohl auch bei den Mörtelkörpern der unteren Reihe einsetzen, aber der Unterschied in der Wirkung der Zusammensetzung des Sandes und der davon abhängenden Dichte des Baustoffs ist hier unverkennbar.

Zur Zeit lasse ich Untersuchungen ausführen mit fünf verschiedenen Zementen: Portlandzement, hochwertiger und gewöhnlicher, Hochofenzement, Portlandjurazement, Tonerdezement und Erzzement. Die Körper lagern in 15 vH-Natriumsulfatlösung, 15 vH-Ammonsulfatlösung 15 vH-Magnesiumchlorid-, Magnesiumsulfat-, gesättigter Kalziumsulfatlösung und 15 vH-Zuckerlösung.

Schon jetzt ergibt sich nach rd. 12 Monaten eine Überlegenheit von gut abgestuftem Sand gegenüber Normensand, also ein Vorteil größerer Dichte. Die Widerstandfähigkeit nimmt zu in der Reihenfolge: Portlandzement, hochwertiger Portlandzement, Hochofenzement Portlandjurazement und schließlich Tonerdezement.

Die Güte von Mörtel und Beton ist von dem Zementkitt, also von dem Verhältnis der verarbeiteten Wasser- und Zementmenge — dem sogenannten Wasserzementfaktor — abhängig. Geht man vom Mörtel aus, so darf man nicht übersehen, daß die Kornzusammensetzung des Sandes innerhalb weiter Grenzen veränderlich ist.

Untersuchungen in meinem Institut an Mörteln derselben Konsistenz aus dem gleichen Mischungsverhältnis 1 : 3 und demselben Zement mit verschiedenen Zusammensetzungen des Sandes bis 5 mm Dmr. ergaben Festigkeiten nach 28 Tagen innerhalb der sehr weiten Grenzen zwischen 251 und 672 kg/cm², entsprechend den Wasserzementfaktoren von 0,25 bis 0,55.

Noch krasser kommen die Unterschiede bei einem Beton gleicher Konsistenz und einem Mischungsverhältnis 1 : 6 aus demselben Kiessand zum Ausdruck. Bei der Zusammensetzung von 40 vH gut abgestuften Sandes bis 5 mm und 60 vH Kies bis 25 mm konnten wir nach 28 Tagen eine Festigkeit von 301 kg/cm² mit einem Wasserzementfaktor von 0,455 erreichen. Bei einer Zusammensetzung von 84 vH eines extrem ungünstig zusammengesetzten Sandes mit 16 vH Kies stieg unter sonst gleichen Verhältnissen bei der gleichen Konsistenz der Wasserzementfaktor auf 1,04 und dementsprechend fiel die 28 Tage-Festigkeit auf 52 kg/cm², also auf nahezu ein Sechstel.

Deutlich zu erkennen war in beiden Fällen der die Festigkeit vermindernde Einfluß eines allzu großen Gehaltes an staubfeinem Sand von 0 bis 0,3 mm. Man wird diese Feststellung zu berücksichtigen haben, wenn man Mörtel oder Beton von möglichst geringer Wasserdurchlässigkeit herzustellen hat, wo man einen größeren Anteil an staubfeinem Sand zusetzen soll, als in den Fällen, wo man nur möglichst große Festigkeiten erstrebt.

Die Wasseraufsaugefähigkeit von Beton wird für die Volumenänderungen (Schwellen und Schwinden) und das Verhalten bei Frost bestimmend sein. Man wird einen Beton mit möglichst geringer Wasseraufsaugefähigkeit zu erhalten suchen. Diese wird man in verschiedener Weise erreichen können. Ein Fall ist in Abb. 5 bis 7 dargestellt. Der Beton bestand aus einem Teil Portlandzement und fünf Raumteilen Grubensandschotter (1 : 7,3 in Gewichtsteilen) mit großem Sandgehalt derselben Zusammensetzung von 60 vH bis 5 mm. Die Änderung des Wasserzusatzes ist bei den drei Proben durch die Wasserzementfaktoren 0,67, 0,80 und 0,95 gekennzeichnet mit einer entsprechenden erdfeuchten, plastischen oder gießfähigen Konsistenz.

Nach 148 Stunden dauerndem Eintauchen bis zu 1 cm Tiefe in Wasser hat sich ein wesentlicher Unterschied gezeigt, s. Abb. 5 bis 7. Die mit dem vergrößerten Wasserzusatz eingetretene Verschlechterung des Zementkitts

*Abb. 1* *Abb. 2*

*Abb. 3* *Abb. 4*

**Abb. 1 bis 4.** Mörtel 1 : 3 nach einjähriger Lagerung.

**Abb. 1 und 2.** Normensand.

**Abb. 3 und 4.** Rheinsand.

**Abb. 1 und 3.** In zehnprozentiger Magnesiumsulfatlösung.

**Abb. 2 und 4.** In 27prozentiger Magnesiumchloridlösung.

Wasserzementfaktor

*Abb. 5* 0,95 *Abb. 6* 0,8 *Abb. 7* 0,67

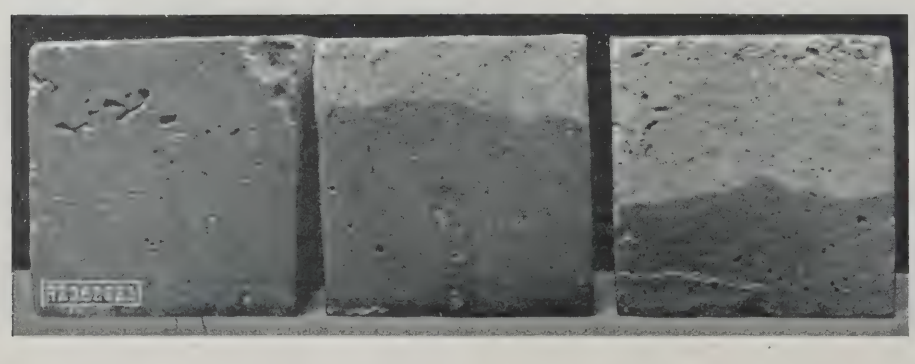


**Abb. 5 bis 7**
Wasseraufsaugfähigkeit bei Grubensand-Schotterbeton. 1 : 5 R.-T. = 1 : 7,3 G.-T. mit großem Sandgehalt (60 vH bis 5 mm).

zeigt die ungünstigste Wirkung. Wiederholte weitere Untersuchungen haben gezeigt, daß die bekannte durch Quellung des Zementkitts hervorgerufene Erscheinung der Selbstdichtung bei einem größeren Wasserzementfaktor eingeschränkt wird.

Die Frage des

günstigsten Wasserzusatzes

ist z. B. im Betonstraßenbau von grundlegender Bedeutung. M. E. soll hier der Beton weder zu trocken noch zu naß verarbeitet werden.

Im Zusammenhang mit der Bearbeitung dieser Aufgaben wurde auf dem Gelände meines Instituts eine Probestrecke ausgeführt, mit einem Beton, dessen günstigste Zusammensetzung vorher im Laboratorium ermittelt wurde. Abb. 8 bis 11 zeigen Ausschnitte aus einem Lehrfilm.

Wir sehen vier Zustände der Verarbeitung eines Betons mit folgenden Eigenschaften: Zusammensetzung: 1 Raumteil Portlandzement und 5 Raumteile Grubensandschotter (1 : 7,3 in Gewichtsteilen oder 270 bis 280 kg Zement auf 1 m³ Beton), Wasserzementfaktor rd. 0,70, möglichst großer Widerstand gegen Abnutzung, Druckfestigkeit 204 kg/cm² nach 7 und 275 kg/cm² nach 28 Tagen.

Der ursprünglich fast erdfeucht aussehende Beton wurde mit Druckluftstampfern durchgearbeitet. Hierbei zeigte sich die Überlegenheit des plastischen gegenüber erdfeuchtem Material, weil der Mörtel nur plastisch eine gleichmäßige Verteilung einer Umhüllung des Zuschlagmaterials gewährleistet. Von den in Abb. 8 bis 11 ersichtlichen Verarbeitungsabschnitten ist insbesondere der zu beachten, bei dem die 350 kg schwere Walze über den frisch verarbeiteten Beton geführt wird. Der günstigste Wasserzusatz ist an dem Mangel überschüssigen Wassers an der Oberfläche zu sehen, die nicht glatt, sondern griffig war.

Auch die Abnutzung des Materials kann man durch eine geeignete Zusammensetzung beeinflussen.

Betrachtet man die Ergebnisse von Abnutzungsversuchen mit einem Grubensand-Schotterbeton, dessen Sandgehalt mit 40 vH bis zu 5 mm angenommen wurde, Abb. 12 bis 14, so läßt sich feststellen, daß die günstigste Durcharbeitung sich bei einer plastischen Konsistenz mit einem Wasserzementfaktor von 0.67 an der Oberfläche erkennen läßt. Die Abnutzung mit 0,155 cm³/cm² ist geringer als bei Kiessandbeton unter gleichen Verhältnissen mit dem gleichen Wasserzementfaktor.

Von einigen Fachleuten ist der Einfluß des

Grobzuschlages

auf die Güte von Beton stark unterschätzt worden. Man sprach von dem Aufbau des Mörtels im Beton in der Annahme, daß der Mörtel für die Festigkeit des Betons ausschlaggebend sei. Es wurden sogar Vorschläge gemacht, sich bei Festigkeitsprüfungen von Beton auf den Mörtel zu beschränken, der als der ausschlaggebende Teil angesehen wurde. Zur Klärung dieser Frage habe ich längere Zeit Untersuchungen in meinem Institut ausführen lassen, die vor kurzem zum Abschluß gekommen sind. Die Ergebnisse lassen erkennen, daß der Einfluß der Grobzuschläge auf die Güte von Beton wesentlich ist. Günstig gewählte Grobzuschläge erhöhen bei gleichem Sandgehalt nicht nur die Wirtschaftlichkeit, sondern verbessern die Verarbeitbarkeit, die Dichte und die Zugfestigkeit von Beton.

Die bisher besprochenen Voraussetzungen und Voruntersuchungen sind bei jedem Industriebau zu beachten, wenn man sich vor unangenehmen Erfahrungen schützen will.

Bei der Mehrzahl der großen Bauunfälle des letzten Jahres, wie dem Einsturz einer großen Talsperre aus Beton in Kalifornien, dem Einsturz eines konstruktiv ganz einfachen Eisenbetonwohnhauses in Prag, den Hauseinstürzen in Paris u. a., sind als Ursachen die mangelnde Kenntnis der Eigenheiten und der Behandlung des Materials anzusehen. Deshalb sollte man den größten Wert darauf legen, den Eigenheiten der Bauweise gerecht zu werden. Dies gilt in verstärktem Maße für die Anwendung von Beton bei Industriebauwerken.

### Herstellung und Verarbeitung

Bei der Herstellung und Verarbeitung von Beton oder Eisenbeton ist die zunehmende Mechanisierung der Baustellenbetriebe zu erkennen. Die Bewegung ist von Amerika ausgegangen, wo man bemüht war, Zeit zu sparen und einen Ausgleich zwischen den teuren Arbeitslöhnen und den im Verhältnis niedrigeren Materialkosten zu schaffen. Bei der Mechanisierung im Baubetriebe wird man auch nicht übersehen dürfen, wie sehr man dem Arbeiter die Arbeit erleichtern kann. Man denke hierbei nur an die Bewegung von größeren Materialmengen und die Entwicklung der Fördereinrichtungen von der Handkarre bis zum Kran und zum Förderband, um zu erkennen, welchen Fortschritt wir in dieser Hinsicht zu verzeichnen haben.

Abb. 8 bis 11. Abschnitte der Betonverarbeitung bei einer Betonstraße.

| | *Abb. 12* | *Abb. 13* | *Abb. 14* |
|---|---|---|---|
| Wasserzementfaktor: | 0,58 | 0,67 | 0,85 |
| Konsistenz: | erdfeucht | plastisch | fast gießfähig |
| Abnutzung cm³/cm²: | 0,132 | 0,155 | 0,173 |

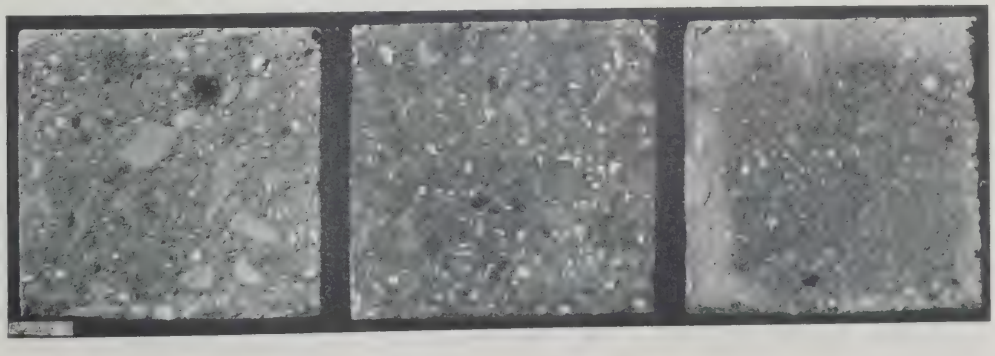


Abb. 12 bis 14 Abnutzung von Beton aus Grubensand-Schotter. 1 : 5 R.-T., Sand bis 5 mm i. M. 40 vH.

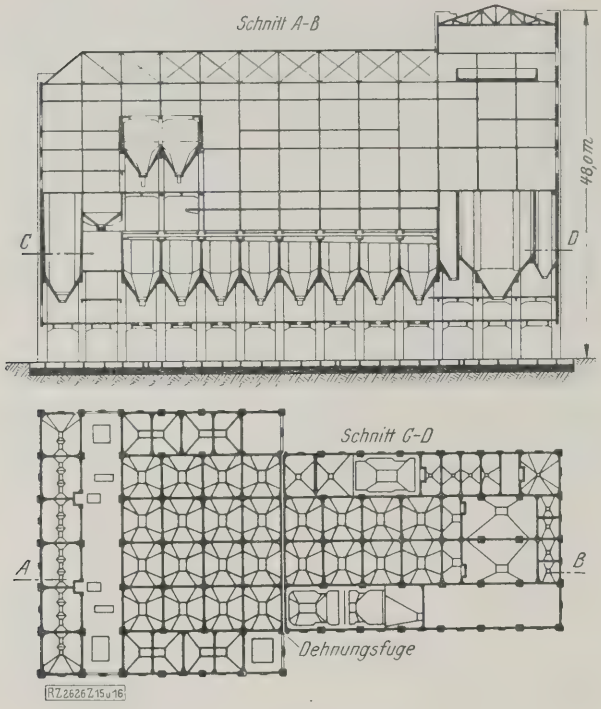



**Abb. 15 und 16**
Größere Kohlenwäsche in Eisenbeton.

Die Einrichtung einer neuzeitlichen Baustelle, insbesondere einer solchen, bei der große Betonmassen verarbeitet werden müssen, ist ein Förderproblem. Die vorausgehende Wahl der Arbeitsmaschinen vereinfacht sich mit der zunehmenden Verbesserung der Fabrikate und mit der Vervollkommnung der Einzelteile, deren Ersatz durch Normung und Typung immer leicht möglich gemacht werden muß.

Selbst wenn man die besten Maschineneinrichtungen geschaffen hat, wird die Güte und der Fortschritt der Arbeit von dem Grad der Vollkommenheit der bis in alle Einzelheiten vor Beginn der eigentlichen Bauarbeit wohl durchdachten und organisierten Förderanlagen abhängen. Man betrachte es daher nicht als verlorene Zeit, wenn für die Organisation und den Betrieb von Baustellen längere Vorbereitungen getroffen werden. Je gründlicher und umfassender diese sind, desto rascher wird der Arbeitsfortschritt sein.

In den letzten Jahren sind hier große Änderungen vor sich gegangen. Gegenüber der unübersichtlichen und unbeweglichen Baustelle von früher ist eine neuzeitliche Baustelle so eingerichtet, daß sich die Bereitung, Zubringung und Verarbeitung der Baustoffe übersichtlich und ungehindert abspielt. Auf diese Weise lassen sich viel Menschenkraft und Zeit ersparen.

### Industriebauten in Eisenbeton

Um die Ausbreitung des Eisenbetons im Industriebau zu verstehen, wird man daran denken müssen, daß es sich hier um Zweckbauten handelt, deren Konstruktion an den Ingenieur hohe Anforderungen stellt. Ein Industriebau soll konstruktiv gut und wirtschaftlich sein und in der Regel in möglichst kurzer Zeit erstellt werden. Die Konstruktion soll die Standsicherheit des Bauwerkes gewährleisten und bei einem Mindestmaß an Baukosten auch eine ästhetisch befriedigende Lösung mit einfachsten Mitteln ermöglichen. Daraus folgt, daß bei jedem Neubau die Wahl des Konstruktionssystems, des Baustoffes und der Herstellverfahren den örtlichen Verhältnissen und dem Zweck angepaßt werden muß. Einige Beispiele mögen zur Erläuterung dienen.

Bei Bunker- und Speicherbauten wird die Ausführung der oft verwickelten Einzelkonstruktionen besondere Sorgfalt erfordern. Der Baufortschritt wird darauf Rücksicht zu nehmen haben. Abb. 15 und 16 zeigen Schnitt und Grundriß einer größeren Kohlenwäsche.

**Abb. 17**
Ansicht der Kohlenwäsche.

**Abb. 18**
Baustelleneinrichtung für große Lagerhäuser in Chikago.

Abb. 19
Wasserkraftanlage Hengstey, Wehrbauten.

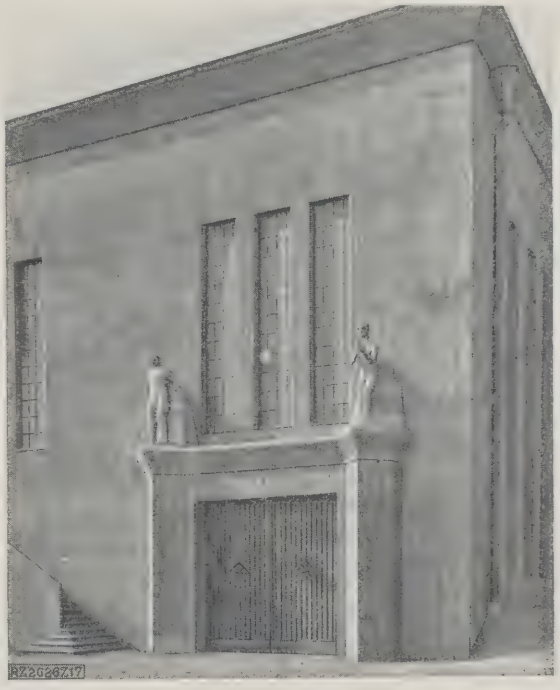
Daß man mit einfachen Mitteln auch ästhetisch befriedigende Wirkungen erzielen kann, erkennt man in Abb. 17, die eine Ansicht der Kohlenwäsche zeigt.

Schornsteinbauten in der Höhe bis 130 m und darüber, wie sie massiv und aus Betonformsteinen hergestellt wurden, bedürfen einer besonderen Behandlung durch fachmännisch geschulte Arbeiter. Im Vergleich mit massiven an Ort und Stelle durch verschiebbare Schalungen herzustellenden Schornsteinen möge darauf hingewiesen werden, daß die Ausführung mit Betonformsteinen in den oberen Teilen leichter zu überwachen sein wird als bei den massiven Schornsteinen.

Lagerhausbauten sind in ihrer Konstruktion und Ausführung verhältnismäßig einfach, bedürfen aber bei ihrer Fundierung möglichst umfassender Voruntersuchungen über die Tragfähigkeit und die chemische Beschaffenhit des Untergrundes, von denen ebenso die Wirtschaftlichkeit wie die Sicherheit des Bauwerkes abhängt. Im Zusammenhang damit spielen auch die Fragen der Unterteilung des ganzen Bauwerks und einzelner Bauteile durch Trennungsfugen, die auf die verschiedenen Untergrundverhältnisse und Belastungen Rücksicht zu nehmen haben, und Dehnungsfugen, die nur durch die Einflüsse der Volumenänderungen, durch Temperatur- und Schwindeinflüsse bedingt sind, eine wichtige Rolle.

Wo, wie vielfach in Nordamerika, derartige Bauwerke große Ausdehnungen haben, sind die Organisation der Baustellen und deren Betriebseinrichtungen das Wesentlichste. Hierbei wird man zu unterscheiden haben, ob die Wirtschaftlichkeit und die Kosten der Herstellung das Entscheidende sind. In Rußland wie in Deutschland wird es die Regel sein, daß wir die Kostenfrage immer als das Entscheidende ansehen müssen. Einen Fall, bei dem die Baukosten gegenüber der Raschheit der Herstellung stark zurücktreten, zeigt Abb. 18, wo es sich um ein Beispiel von größeren Lagerhausbauten in Chikago handelt, die 1925 errichtet wurden. Sechs Gebäudegruppen von je 30 m Breite und durchschnittlich 200 m Länge sollten innerhalb von neun Monaten bezugfertig gemacht werden, weil die früheren Unterkunftsräume geräumt werden sollten und für den gegebenen Zweck nicht mehr hinreichten. Schon die Abfindung der Grundstückbesitzer verschlang große Summen, gegen die die noch so großen Baukosten erheblich zurücktraten. Um die Fertigstellung zu dem gegebenen Zeitpunkt sicherzustellen, benutzte man Einrichtungen, die man nicht als wirtschaftlich bezeichnen könnte, wenn das Bauwerk unter normalen Verhältnissen zu errichten gewesen wäre. Zum Aushub dienten Dampfbagger. Sodann wurden zehn Anlagen zum Gießen des Betons aufgestellt, von denen fünf immer in Tätigkeit waren, damit die vorgesehenen Tagesleistungen von etwa 1800 m³ erzielt werden konnten. Für jede Arbeit wurden Sonderkolonnen eingeschult. Mit den Zimmerarbeiten allein wurden 400 Zimmerleute beschäftigt. Diese wenigen Angaben sollen nur beleuchten, daß man im Rahmen einer großen Arbeit, die in reichen Ländern vorkommen kann und bei der die Baukosten keine entscheidende Rolle spielen, unwirtschaftlich zu bauen gezwungen ist.

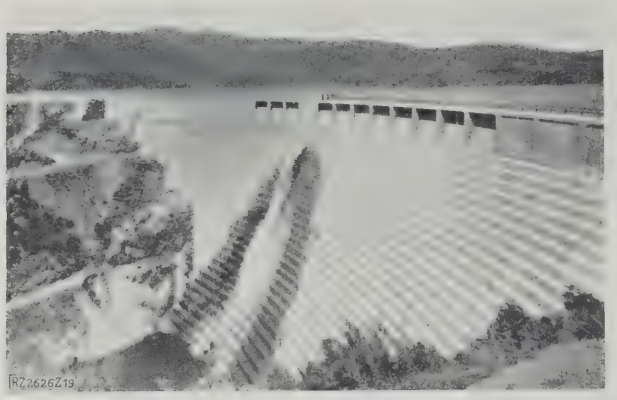
Abb. 20. Eingang zum Maschinenhaus der Wasserkraftanlage Hengstey.



Ein Beispiel, bei dem mit einfachen Mitteln ohne Verwendung von Farbe, Putz oder Anstrich eine ästhetisch befriedigende Lösung gefunden wurde, ist in den Abb. 19 und 20 zu sehen. Bei dem Bau einer Wasserkraftanlage durch den Ruhrverband im Ruhrgebiet wurde das Krafthaus aus Beton und Eisenbeton hergestellt mit der in Abb. 20 ersichtlichen Skulptur. Bei noch besserer Schalung würde die Ansicht zweifellos noch wirkungsvoller geworden sein.

Diese wenigen Beispiele sollten zeigen, daß der Bau von Industrieanlagen ein besonderes Studium der jeweiligen örtlichen Verhältnisse und des Zweckes zur Voraussetzung hat. Diesem haben sich die Konstruktionsart, die Organisation der Baustelle und deren Einrichtungen anzupassen. Aber auch für die Wahl des Materials werden die örtlichen Verhältnisse und der Zweck entscheidend sein.

Bei Verarbeitung von Beton mit Hilfe von Gießeinrichtungen ist das Wesentlichste die Einhaltung eines bestimmten, vorher genau zu ermittelnden Wasserzusatzes. Man darf sich nicht wundern, wenn bei Nichtbeachtung dieser Bedingung die Güte des Betons leidet. Unnötig hohe Wasserzusätze, falsche Kornzusammensetzungen oder ungleiche Konsistenzen bedeuten eine Wertminderung. Sandmangel verursacht Entmischungen beim Durchlaufen der Rinne, Sandüberschuß vermehrt den Wasseranspruch und vermindert damit die Festigkeit.



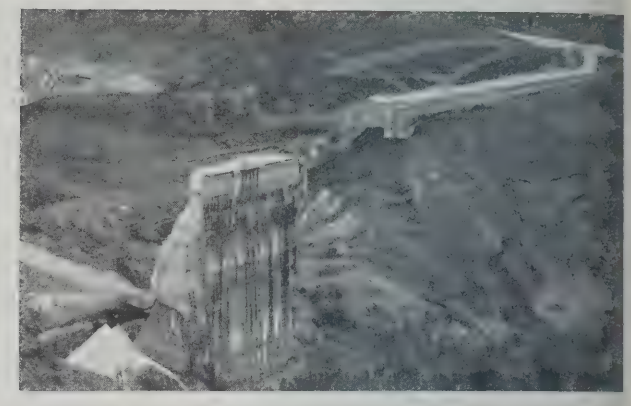


Abb. 21 und 22 St. Francis-Sperrmauer in Kalifornien vor und nach der Zerstörung.

Wenn bei Gußbetonarbeiten diese notwendigen Voraussetzungen nicht erfüllt werden, sind Mißerfolge zu erwarten. Der Einfluß der Kornzusammensetzung der Zuschlagstoffe, durch den letzten Endes die Konsistenz des Betons bedingt ist, wird sich hier stärker bemerkbar machen können, als bei andern Arten von Verarbeitung des Betons. Die hier und da aufgetretenen Bedenken gegen die Gußbauweise sind so lange berechtigt, als nicht alle Fehlerquellen sorgsam beobachtet werden. Schon die Wirtschaftlichkeit eines Bauwerks verlangt heute einen mechanisierten Betrieb, wie es die Gußbauweise ist.

Aber auch die Sicherheit des Bauwerkes gegen Kräfteeinwirkungen aller Art leidet bei dem vor Jahren allgemein bevorzugten Verfahren der trockenen Verarbeitung, dem Stampfbeton. So konnte ein drei Wochen alter, sehr gut hergestellter und verarbeiteter Beton eines Gebäudefundaments aus dem Jahre 1921 den seitlichen, von Erschütterungen bei einer Explosionskatastrophe herrührenden Kräften nicht widerstehen.

Bei verschiedenen Bauunfällen war die Hauptursache zu frühes Entfernen der Absteifungen und zu frühes Entformen. Man hört in der Praxis häufig Äußerungen, daß ein Bauwerk vor 21 oder 28 Tagen nicht ausgeschalt werden soll. Bei dieser Angabe wird nur allzu häufig übersehen, daß die Zeit für das Entformen sich nach den örtlichen und klimatischen Verhältnissen ändert. Die Zeitangabe allein schützt uns vor unangenehmen Erfahrungen nicht. Dabei wird man den Einfluß der verschiedenen Zemente und die Größe des Wasserzusatzes zu berücksichtigen haben. Hier ist es wie beim Gußbeton notwendig, daß sich die Beteiligten am Bau, in erster Linie der Bauleiter und der Polier, vor dem Ausschalen überzeugen, daß der Beton genügend erhärtet ist.

### Bau von Wasserkraftanlagen

Wenn ich zum Schluß auf einige Fragen aus dem Bau von Wasserkraftanlagen eingehe, so möchte ich die Beobachtungen bei der in diesem Jahre zerstörten kalifornischen Talsperre vorausschicken, die in Abb. 21 vor, in Abb. 22 und 23 nach der Zerstörung zu sehen ist.

Die konstruktiven Fehler bei der Errichtung des eingestürzten Dammes beginnen bei dem vollkommen ungeeigneten Baugrund, auf dem jede Bauart scheitern mußte. Ein weiterer konstruktiver Mangel war das Fehlen von Fugen, deren Notwendigkeit bei größeren Beton- und Eisenbetonbauten noch immer nicht allgemein erkannt wird. Obgleich gegen den Baustoff keine Bedenken erhoben worden waren, wurden Rißbildungen überall da festgestellt, wo man nach unseren heutigen Erkenntnissen Fugen hätte vorsehen müssen.

Es ist die Frage aufgeworfen worden, ob bei Errichtung einer aufgelösten Sperre mit verhältnismäßig kleinen Massen nicht das Unglück hätte verhütet werden können. Ohne diese Frage zu beantworten, möge doch betont werden, daß man heute, nach dem kalifornischen Unglück, ebensowenig berechtigt ist, von der unbedingten Sicherheit der Schwergewichtsmauern zu sprechen, wie man seinerzeit nach der großen Katastrophe vom Jahre 1923 bei der Gleno-Sperre in Italien berechtigt war, das Unglück auf die aufgelöste Bauweise zurückzuführen. Die Erörterungen der amerikanischen Fachwelt aus der letzten Zeit lassen erkennen, daß eine Reihe von bisher als feststehend angenommenen Grundlagen des Talsperrenbaues durch die Katastrophe erschüttert sind.

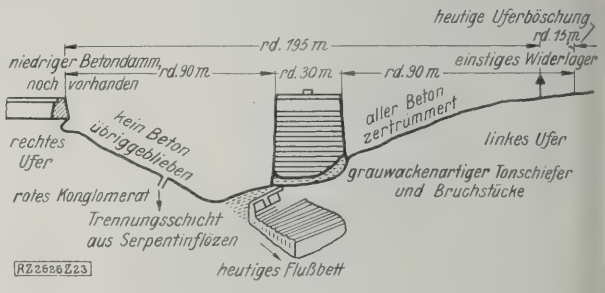



Abb. 23. Zustand der St. Francis-Staumauer, Abb. 21 und 22, nach der Zerstörung.

Das Vertrauen vieler Fachgenossen in die großen Massen einer Schwergewichtmauer dürfte nach der jüngsten Katastrophe in Kalifornien doch einigermaßen ins Schwanken gekommen sein. Der Vorteil dieser großen Massen wird besonders in Verbindung mit einer Krümmung der Längsachse genannt; auch diese konnte bei der St. Francis-Sperrmauer den Einsturz nicht verhindern, obgleich die Bogenwirkung nicht durch Fugen unterbunden war.

Die Kenntnis des Kraftverlaufs in der Schwergewichtsmauer ist keineswegs so klar wie vielfach angenommen wird, ganz abgesehen von der noch immer viel umstrittenen Frage der Berücksichtigung des Auftriebs oder besser Unterdruckes. Zweifellos sind die Arbeiten von *Fecht* und *Link* sehr wertvoll, zumal in Verbindung mit den genaueren Elastizitätsbetrachtungen von *Levy* und *Kammüller*. Ungeklärt ist noch die wesentliche Frage, ob nach den bisherigen Kenntnissen über die Lagerung auf isotroper Unterlage, wie Fels, mit geradliniger Verteilung der Bodenpressung zu rechnen ist, und ob die größten Pressungen in diesem Fall nicht erheblich höher werden, als wir bisher anzunehmen pflegen.

Nach den sehr wertvollen Erfahrungen bei der Stevenson Creek-Versuchs-Bogenstaumauer in Nordamerika sollte man in erster Linie einmal daran gehen, auf dem Wege des Versuchs die tatsächlichen Bodenpressungen festzustellen, zumal dies durch die beim Stevenson-Damm mit Erfolg verwendeten Telemeter möglich geworden ist.

Abb. 24. Coolidge-Damm, Arizona.

Der Stevenson Creek-Versuchsdamm in Kalifornien ist eine Bogenstaumauer, ein Typ, der, als ebenfalls massiv, der Schwergewichtsmauer am nächsten steht[5]). Infolge der Bewegungsbeschränkungen längs der Gründungsfläche treten zu den zentrischen Druckkräften aus der Bogenwirkung waagerechte und senkrechte Biegungsmomente, wenn man von den ziemlich belanglosen Drillungsmomenten absieht. Besonders die senkrechten Biegungsmomente sind in der Literatur häufig als Schwergewichtswirkung erläutert.

Vor dem Bau der Versuchssperre begab man sich in Amerika daran, diesen komplizierten Kraftverlauf im Rahmen der allgemein üblichen *Navierschen* Näherungsberechnung zu klären, und es muß in hohem Maße gewürdigt werden, daß keine Mühe gescheut wurde, um die schwierigen mathematischen Beziehungen bei der Berechnung zu berücksichtigen.

Auf der andern Seite zeigte die tatsächliche Untersuchung folgendes:

Vor Beginn der ersten Füllung des Staubeckens, also lediglich als Folge der Schwind- und Temperatureinflüsse, hatte sich die Staumauer auf fünf Sechstel ihrer Höhe, von der Krone gerechnet, an der Wasserseite vom Gründungsfelsen gelöst, während im oberen Sechstel überhaupt kein Kontakt mehr bestand.

Man hatte keinerlei Fugen angeordnet. Wir sehen, die Natur hilft sich selbst, leider dort, wo es zweifellos am wenigsten erwünscht ist. Man sollte daher nie versäumen, bei Bogensperrmauern radiale Fugen vorzusehen, die selbstverständlich nach der Erhärtung des Betons sauber vergossen werden müssen, wenn die Bogenwirkung nicht illusorisch werden soll.

Bei halber Füllung des Beckens löste sich auch im unteren Sechstel des Mauerkörpers in der mittleren Zone der Kontakt mit dem Felsen an der Wasserseite, zweifellos eine Folge der oben erwähnten Schwergewichtswirkung. Auf diese Wirkung sind auch zwei waagerechte Risse an der Wasserseite zurückzuführen, die später nach voller Füllung des Staubeckens in Erscheinung traten. Wir sehen auch hier die Selbsthilfe des Baustoffes, er schaltete die Schwergewichtwirkung aus, indem er sich durch Risse an der Wasserseite Luft machte, was anderseits erheblich größere Pressungen an der Luftseite in Verbindung mit Unterwasserdruck an der Wasserseite nach sich zog.

Bei Füllung des Staubeckens auf drei Viertel riß die Staumauer, etwa in Kronenmitte beginnend, in 1,5 m Höhe auf die ganze Dicke durch; an der Luftseite ging der Riß noch etwa um das doppelte Maß weiter. Diesen sehr unangenehmen Riß werden wir wohl auf das völlige Ablösen der Staumauer vom Felsen im oberen Sechstel während der Erhärtungsperiode zurückzuführen haben.

Vor Aufbringen der Vollast finden wir eine Staumauer vor, der schon recht übel mitgespielt ist. Aber nicht genug, bei voller Füllung entstand noch im unteren Viertel, etwa in Talmitte, ein Riß an der Luftseite, zweifellos als Folge der waagerechten Biegungsmomente.

Die Erfahrungen an dieser Versuchsperre beweisen, daß die Berechnung einer Konstruktion nur dann Sinn hat, wenn die grundlegenden Annahmen auch durch die spätere Ausführung gesichert sind.

Es scheint mir unbedingt erforderlich, daß im unteren Teil der Staumauer klarere statische Verhältnisse geschaffen werden.

*Mesnager*, Paris, hat kürzlich den Vorschlag gemacht, statt einer Bogenstaumauer mehrere hintereinander zu bauen, derart, daß die nächste immer um das gleiche Maß niedriger ist als die vorhergehende, während die so entstehenden Zwischenbecken immer bis zur Krone der niedrigeren Staumauer gefüllt sind. Gleichbleibende Halb-

[5]) Vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 14 S. 474.

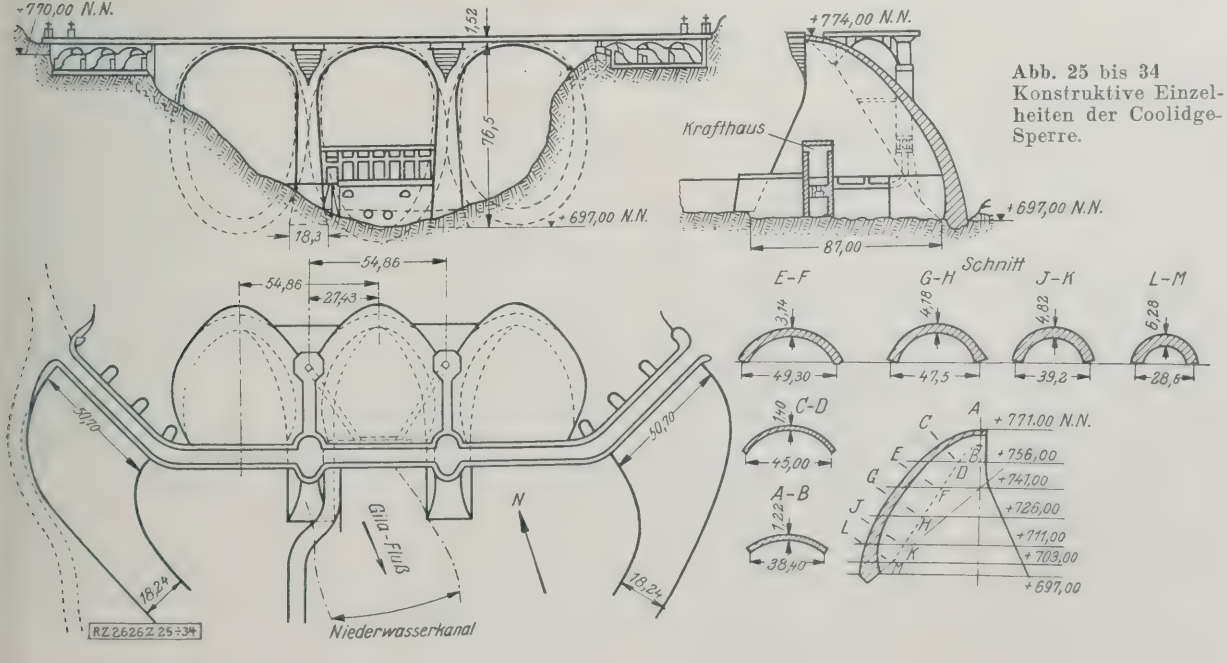



Abb. 25 bis 34 Konstruktive Einzelheiten der Coolidge-Sperre.

messer vorausgesetzt, werden die größten zentrischen Druckkräfte in jeder der Staumauern gleich groß, und zwar nur $1 : n$ dieser Kraft bei nur einer Staumauer, wenn $n$ Staumauern hintereinander geschaltet sind. Die Gewölbe lassen sich somit ganz erheblich dünner halten, wodurch die Zusatzspannungen gegenüber den zentrischen Druckspannungen sehr zurücktreten. Die Herstellung ist allerdings sehr viel verwickelter geworden und die Gründungslänge $n$ mal so lang, was keineswegs durch die entsprechend kleineren Gründungsflächen wirtschaftlich wettgemacht wird. Ernste Aufmerksamkeit ist auch der Frage der Knicksicherheit zuzuwenden, wenn man sich vor unliebsamen Überraschungen schützen will.

Eine weiterhin sehr bemerkenswerte Lösung ist der kürzlich in Arizona fertiggestellte Coolidge-Damm. Dieser nimmt eine Art Mittelstellung ein zwischen den massiven Staumauern und dem, was man bisher als Gewölbereihensperren zu bezeichnen pflegte, Abb. 24 und 25 bis 34.

Der eigentliche Tragkörper für den Wasserdruck besteht aus drei schräggestellten, kuppelartig gekrümmten Gewölben, die sich auf zwei Stützen und die seitlichen Felswände legen. Bei rd. 75 m größter Höhe beträgt die Spannweite der Gewölbe rd. 54 m.

Die doppelte Krümmung wirkt statisch ganz ausgezeichnet, besonders in Verbindung mit einer Zunahme der Krümmung von oben nach unten. Die Entstehung zusätzlicher Biegungsmomente wird dadurch auf ein Mindestmaß herabgesetzt und Rißgefahr an der Wasserseite praktisch ausgeschaltet. Demgegenüber ist die Herstellung der Gewölbe natürlich außerordentlich kostspielig, so daß nach Auffassung der Erbauer eine Anwendung dieser Bauart erst für sehr hohe Stauhöhen wirtschaftlich wird. Mit Rücksicht auf die Wasserdichtheit und den Baufortschritt ist die große Spannweite zweifellos ein Vorteil, denn sie führt zu verhältnismäßig dicken Querschnitten und gestatten, mit wenigen Einzelgliedern auszukommen.

Sperrmauern, in denen sich der Kraftverlauf am klarsten verfolgen läßt, sind zweifellos die aufgelösten Talsperren mit schräggestellten Platten oder Gewölben. Dort, wo Konstruktion und Ausführung in sachgemäßer Weise vorgenommen wurden, haben sie an Sicherheit nichts zu wünschen übrig gelassen.

Der Wettbewerb mit der Schwergewichtsmauer würde noch in ganz anderm Maße in Erscheinung treten, wenn die schräggestellten Gewölbe nicht so kostspielige Bauglieder wären. Der Zweck der Schrägstellung liegt ja bekanntlich darin, daß man eine lotrechte Komponente des Wasserdruckes erzielt, die man auch als Gegengewichtskomponente bezeichnen könnte.

Diesem Zwecke läßt sich nun aber in einfacherer Weise Rechnung tragen, wenn die Gewölbe durch geeignete konstruktive Maßnahmen senkrecht gestellt werden.

Der Vorteil einer solchen Anordnung liegt in der einfachen Herstellung der senkrecht stehenden Gewölbe. Daneben wird man auch gleichzeitig unabhängig von einer oberen Begrenzung des Gewölbedurchmessers, da die Herstellung der senkrechten Gewölbe nicht schwieriger ist als die der Stützen. Der Fortfall der Schrägstellung vereinfacht die Berechnung und schaltet das Auftreten von Zugrissen in den Gewölben aus.

Im Rahmen meines Vortrages konnte ich natürlich nur eine ganz gedrängte Übersicht geben. An einigen charakteristischen Beispielen wollte ich einige Fortschritte von Theorie und Praxis des Beton- und Eisenbetonbaues während des letzten Jahrzehntes zeigen.

Unsere Auffassung über die Zusammensetzung, Herstellung und Verarbeitung von Beton mit und ohne Eiseneinlagen hat sich gegen früher grundlegend geändert. Zwar ist es richtig, daß man auch vor 20 Jahren Beton- und Eisenbetonbauten sicher ausführen konnte. Wenn man aber eine Ausführung von heute mit den früheren vergleicht, so erkennt man die geänderten Arbeitsverfahren. Die notwendige Vereinfachung des Baubetriebes, der Ersatz von Handarbeit durch Maschinen hat Wandlungen geschaffen, denen sich Konstruktion und Berechnung anpassen müssen.

Mehr als früher hat man erfahren, daß Mißerfolge bei Bauwerken zu verzeichnen waren, die, obgleich richtig konstruiert und berechnet, aus fehlerhaftem Betonmaterial hergestellt waren. Der Konstrukteur von Beton- und Eisenbetonbauten möge sich daher nicht etwa der Täuschung hingeben, daß Mängel des Betons durch Eiseneinlagen ausgeglichen werden können. Dagegen ist es denkbar, kleine Mängel in den Eiseneinlagen durch einen guten Beton unschädlich zu machen.

Die Erkenntnisse von Theorie und Praxis im Beton- und Eisenbetonbau sind weit vorgeschritten. Sie sind aber noch nicht in erwünschtem Maße in die in Betracht kommenden Fachkreise der Konstruktionsbureaus und der Baustellen eingedrungen. Daß dies in Zukunft mehr als bisher geschehen möge, ist im Interesse einer gesunden Entwicklung des Industriebaues und des Bauwesens im allgemeinen zu wünschen. [B 2626]

## Einfluß der Walztemperatur auf die Eigenschaften der Schienen

*R. Stumper*[1]) berichtet über Untersuchungen an Schienen, und zwar zunächst über die wichtigsten neueren Bestrebungen zur Verbesserung der Schienengüte durch Abänderung der chemischen Zusammensetzung oder durch geeignete Wärmebehandlung, sowie über den Gefügeaufbau des üblichen Schienenwerkstoffes. Der Einfluß der Endwalztemperatur auf die Festigkeitseigenschaften, die Kerbzähigkeit und das Gefüge der Schiene 49 der Deutschen Reichsbahn wurde durch Versuche an Kopf, Steg und Fuß ermittelt. Die hierbei gewonnenen und für einen Temperaturbereich von 950 bis 1150 ° gültigen Ergebnisse lassen sich folgendermaßen zusammenfassen: Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung nehmen mit wachsender Endwalztemperatur ab, während die Brinellhärte nur unwesentlich beeinflußt wird, steigt die Kerbzähigkeit mit fallender Endwalztemperatur.

Aus den Kerbschlagversuchen bei verschiedenen Prüftemperaturen geht eindeutig hervor, daß die bei niedriger Temperatur fertiggewalzten Schienen sich in einem besseren Gütezustande befinden, als die bei höherer Temperatur ausgewalzten. Hand in Hand mit der Verbesserung der mechanischen Eigenschaften geht die Verfeinerung des Korns, und zwar nimmt die Korngröße etwa nach einer geometrischen Reihe zu, wenn die Endtemperatur in arithmetischer Reihe fällt.

In der Aussprache wird erörtert, ob sekundäre Zeilenstruktur auch bei Walzung im Gebiet der normalen $\gamma$-Mischkristalle nicht auf niedrigere Temperaturen der betreffenden Teile der Schiene zurückzuführen wäre; dies wird jedoch von *Stumper* auf Grund seiner Temperaturmessungen verneint. [N 3190] *A. S.*

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Heft 6 S. 178.

# Neuerungen und Fortschritte in der keramischen Industrie

*Von Dipl.-Ing. G. HELM, Berlin*

***Tonhobel, Schraubenquirl und Saugzellen-Trommelfilter für Masseaufbereitung. — Maschinentechnische Neuerungen für das Formen der festen, flüssigen und pulverigen Masse. — Neueste Trockenanlagen für Formlinge. — Abwärmeverwertung bei Brennöfen. — Selbsttätige Glasier-, Meß- und Stempelmaschinen für Wandplatten. — Bedeutung des Förderwesens in der keramischen Industrie.***

Nach Angabe des Statistischen Reichsamts beschäftigt die keramische Industrie Deutschlands heute in rd. 9000 Betrieben etwas über 300 000 Personen, wovon entsprechend der Unterteilung des Gesamtbegriffes „Keramik" in „Grob- und Feinkeramik" auf erstere etwa 6000 Betriebe mit 192 000 Beschäftigten und auf letztere etwa 3000 Fabriken mit rund 116 000 Leuten entfallen. Zu den grobkeramischen Werken rechnet man, um die hauptsächlichsten zu nennen, die Ziegeleien, Ofenkachel-, Schamotte- und Steinzeugfabriken und zu den feinkeramischen die Porzellan-, Steingut-, Wand- und Fußbodenplattenfabriken.

Die genannte Einteilung in zwei große Gruppen ist vorgenommen worden nach Art und Verarbeitung der verwendeten Rohstoffe; der Gang der Fertigung dagegen ist in den verschiedensten keramischen Fabriken grundsätzlich der gleiche: stets folgt der Aufbereitung der Rohstoffe die Formgebung, die Trocknung und der Brand. Werden die Gegenstände noch dekoriert und glasiert, so schließt sich hieran ein zweiter Brand und bei Überglasurmalerei gar noch ein dritter Brand.

### Aufbereitung der Masse

Unter Aufbereitung versteht man das Aufschließen und Überführen der Rohstoffe, wie Tone, Kaoline, Feldspat usw. in gebrauchsfertige Masse. Größte Sorgfalt ist hier Grundbedingung für die Herstellung einer guten Fertigware. Die mengenmäßige Zusammenstellung ist heute schon vielfach selbsttätigen und selbstschreibenden Waagen mit Sperrvorrichtung übertragen, die einen Irrtum des Arbeiters beim Zuteilen fast ausschließen und größte Genauigkeit gewährleisten.

In der sogenannten Schlämmanlage wird der Ton durch Auflösen mit Wasser, nachdem er vorher im Tonwolf vorgebrochen wurde, weitgehend zerkleinert und von Verunreinigungen gereinigt. An Stelle des Tonwolfes, der den Ton zwischen zwei Walzen zerreißt, verwendet man neuerdings besser einen Tonhobel, Abb. 1, der den aus der Grube kommenden Rohstoff bis auf Papierdicke zerkleinert. Dies begünstigt erheblich das nun folgende Auflösen in großen Bottichen, in denen man das Lösgut kräftig umwälzen muß. In Abb. 2 und 3 ist die frühere verwickelte und wenig wirksame Rührvorrichtung dem neuzeitlichen Schraubenquirl, der in seiner Einfachheit und Wirksamkeit nicht zu übertreffen ist, gegenübergestellt.

Um nun aus der Tonmilch eine zur Verarbeitung geeignete Masse von bestimmter Dickflüssigkeit zu erhalten, muß man das überschüssige Wasser abscheiden. Allgemein kommen hierfür zeitweilig arbeitende Kammerfilterpressen zur Anwendung, die aber wegen des hohen Verschleißes an Filtertüchern und der zeitraubenden Bedienung sehr unwirtschaftlich arbeiten. Die schon seit Jahrzehnten vorgenommenen Versuche, eine Filtervorrichtung zu schaffen, der diese Nachteile nicht anhaften, führten zur Konstruktion eines ununterbrochen arbeitenden, umlaufenden Saugfilters, das die genannten Nachteile vermeidet. Aber alle diese Filter versagten, sobald es sich um die Entwässerung einer plastischen Masse handelte, die in den Poren des Filtertuches haften blieb und diese nach kurzer Zeit zusetzte.

Neuerdings hat man auch diesen letzten Fehler noch behoben, und seit einiger Zeit arbeiten in mehreren keramischen Fabriken solche Saugzellen-Trommelfilter[1]).

[1]) Eine Abhandlung erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

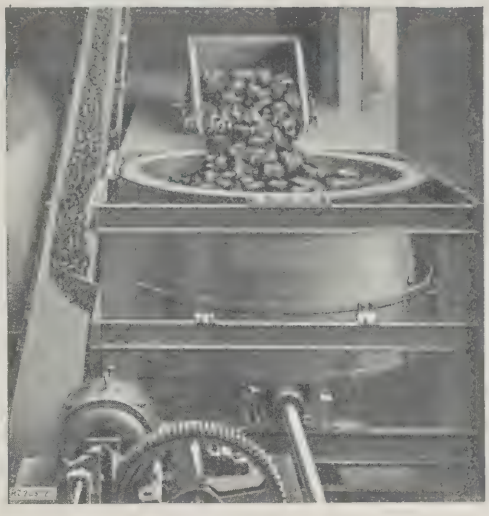


**Abb. 1.** Tonhobel,
Maschinenfabrik Gielow & Schultius, G. m. b. H.

mit denen man bei völlig selbsttätiger Arbeitsweise Filterkuchen bis zu 50 mm Dicke und jedem gewünschten Feuchtigkeitsgehalt in einem Gang herstellen kann.

### Formen der Masse

Die Masse kann man auf verschiedene Weise formen, je nachdem, ob sie im festen, flüssigen oder pulverförmigen Zustand verarbeitet werden soll. Dieser Zustand der Masse ist abhängig von dem sogenannten Anmachwasser, das im ersten Falle etwa 20 bis 25 vH, im zweiten etwa 25 bis 30 vH und im dritten Fall nur rd. 7 vH beträgt.

#### Feste Masse

Runde Gegenstände formt man aus der festen, knetbaren Masse in Gipsformen auf Drehscheiben, die meist reihenweise durch Transmission angetrieben werden. Da man die Scheiben außerordentlich oft anhalten und wieder in Gang setzen muß, hat man an Stelle der festen und losen Riemenscheibe eine Reibkupplung, Abb. 4, vorgesehen, die erstens das Ein- und Ausrücken der Spindel in einem Bruchteil der früheren Zeit ermöglicht und zweitens den Riemen außerordentlich schont.

Zur Massenanfertigung von Bechern und Tellern in der Dreherei hat man in letzter Zeit besondere, halbselbsttätig arbeitende Maschinen entwickelt, die von ungelernten Arbeitskräften bedient werden können.

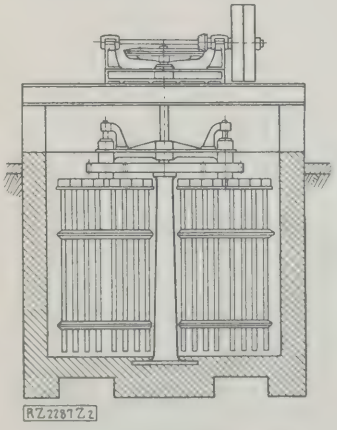


**Abb. 2**
Alte, wenig wirksame Rührvorrichtung.

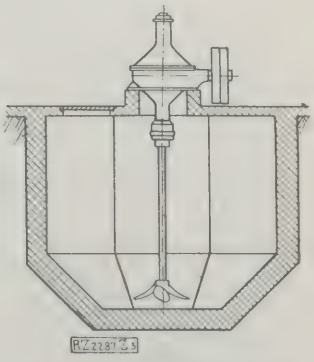


**Abb. 3**
Einfacher, neuzeitlicher Schraubenquirl.

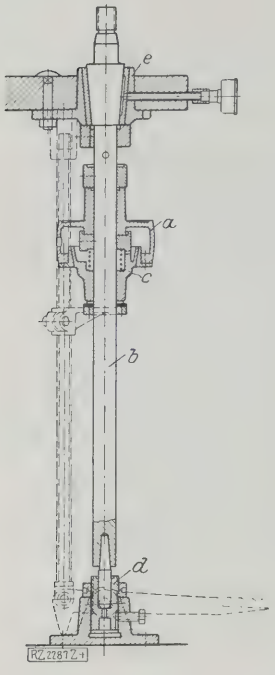



**Abb. 4**
Reibkupplung
für Drehscheibenantriebe.

*a* Kupplungshülse
*b* Spindel
*c* Kupplungskegel
*d* Spurlager
*e* Halslager

Die Becherdrehmaschine, Abb. 5, ermöglicht die Herstellung hohler Gegenstände von der Größe einer Mokkatasse bis zur Schüssel von 200 mm Dmr. Die Abbildung zeigt die beiden Spindeln mit den darüber angeordneten, gegenläufigen Schablonenarmen, deren Bewegung von der Maschine zwangläufig gesteuert wird. Während sich die erste Schablone in der Form befindet, selbsttätig ausformt und den überstehenden Rand glattschneidet, nimmt der Mann aus der zweiten Topfhülse (Drehfutter) die Form mit dem fertigen Becher heraus, setzt eine neue ein und wirft ein vom Masseballen entnommenes Stück Masse hinein. Dann wiederholt sich die Arbeit an der ersten Spindel und so fort. Die Arbeitsgeschwindigkeit gibt die Maschine an; man kann mit einer Leistung von 10 bis 15 Bechern mittlerer Größe in 1 min rechnen. Von diesen Maschinen sind bereits eine ganze Reihe im Betrieb, die sich tadellos bewährt haben und eine Ware herstellen, die der mit der Hand gedrehten an Güte ebenbürtig ist.

Übrigens läßt sich die Fertigung der auf diesen Maschinen hergestellten Gegenstände vollkommen in Fließarbeit ausführen, falls man eine ununterbrochen arbeitende Trockenvorrichtung angliedert, die die Formen mit den Bechern in kürzester Zeit trocknet, gleichzeitig zur Fertigmacherin fördert und die leeren Formen zur Maschine zurückschafft. Diese Trockner werden in Abschnitt „Trocknung" ausführlich behandelt.

Die selbsttätige Herstellung von Tellern hat man gleichfalls, aber mit weniger Erfolg, versucht. Die heute in einigen wenigen Fabriken laufenden, recht verwickelten Tellermaschinen sind französischen Ursprungs und bestehen aus drei vereinigten Drehscheiben, einer Blätterquetsch-, einer Zentrier- und einer Überformscheibe. Es ist aber noch ein Mann notwendig, der die Tellerformen auf die Maschine und von einer Scheibe auf die andre setzen muß, und von dem allein die Arbeitsgeschwindigkeit abhängig ist. Wie ich selbst in einem Betriebe festzustellen Gelegenheit hatte, sind die Herstellungskosten der auf dieser Maschine geformten Teller sogar noch höher, als wenn man sie auf einer gewöhnlichen Scheibe von Hand formt. Immerhin hat die Maschine aber den Beweis erbracht, daß es möglich ist, die Handgriffe beim Tellerdrehen, die die Geschicklichkeit und Kenntnisse eines Facharbeiters erfordern, maschinell auszuführen, was bisher bezweifelt wurde.

### Flüssige Masse

Die flüssige Masse, Schlicker genannt, wird in den meisten Fabriken aus der bei der Fertigung entstehenden Abfallmasse, die unter Zusatz von frischen Tonkuchen und Soda mit Wasser gelöst wird, hergestellt. Für das schnelle und gründliche Auflösen wurde neuerdings gleichfalls mit gutem Erfolg der Schraubenquirl angewendet, der sich sicherlich einmal zum allgemein gültigen Lös- und Mischgerät in der gesamten keramischen Industrie entwickeln wird. Die weitere Verarbeitung des Tonschlickers nach dem Gießverfahren zu eckigen, ovalen oder runden Gegenständen mit Vorsprüngen u. a. erfolgt ohne maschinelle Vorrichtungen in reiner Handarbeit. Eine Vorrichtung zum maschinellen Gießen solcher Gegenstände ist bisher nicht bekannt geworden.

### Pulverförmige Masse

Das Tonpulver, die sogenannte Stanzmasse, ist im wesentlichen von derselben Zusammensetzung wie die plastische Masse und wird aus den Tonfilterkuchen, die man trocknet und auf Kollergängen mit umlaufender Mahlbahn und selbsttätiger Absiebung zerkleinert, hergestellt. Diese Kollergänge, Abb. 6, haben sich im Betriebe wirtschaftlicher erwiesen als die raschlaufenden Schleudermühlen, die man hier und da noch zur Verfeinerung verwendet. Die Kollergänge sind mit einer dichten Blechhaube abzuschließen, damit die Arbeitsräume nicht verstaubt werden.

Aus der Stanzmasse werden mittels Handspindel-, Reibungs-, Kniehebel-, Exzenter- oder hydraulischen Pressen solche Gegenstände hergestellt, die sich nach dem Dreh- oder Gießverfahren nur schwer oder unwirt-

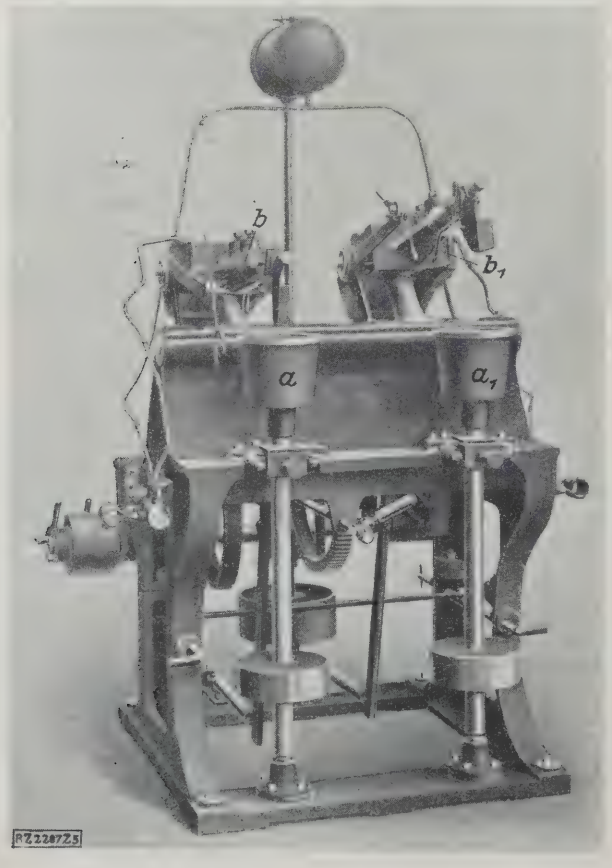



**Abb. 5**
Becherdrehmaschine.

*a*, *a*$_1$ Spindeln
*b*, *b*$_1$ Schablonenarme

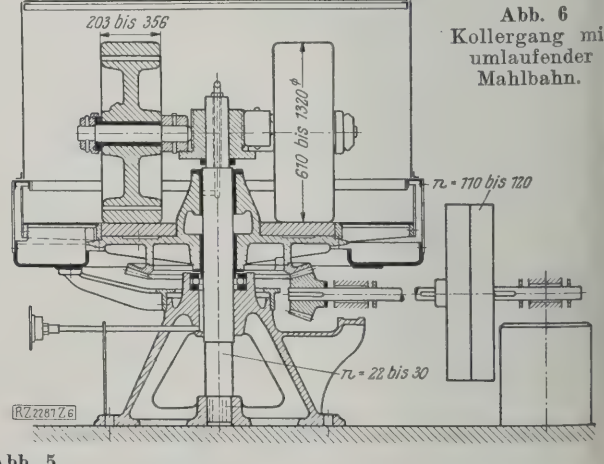



**Abb. 6**
Kollergang mit umlaufender Mahlbahn.

schaftlich formen lassen, wie z. B. elektrische Isolierkörper, Wand- und Fußbodenplatten. Besonders bei letzteren handelt es sich um eine ausgesprochene Massenfertigung gleich großer und gleichartiger, sehr einfacher keramischer Körper. Hier ist eine weitgehende Mechanisierung des Arbeitsganges möglich, die auch heute in vollendeter Weise erreicht ist. Gerade in den letzten Jahren haben die Friktions- und hydraulischen Pressen, die hierfür fast ausschließlich verwendet werden, eine Reihe grundlegender Verbesserungen erfahren, die zu einer erstaunlichen Leistungserhöhung führten. Mittels Becherwerk und Förderschnecke gelangt die Stanzmasse vom Kollergang unmittelbar in die Speicher an den Pressen, Abb. 7 und 8. Das Füllen der Matrize mit Masse sowie das Ausstoßen der fertigen Platte geschieht völlig selbsttätig, ohne daß der Presser wie sonst zu diesem Zweck mit den Händen in die Maschine hineingreifen muß, wobei nicht selten schwere Verletzungen vorkamen.

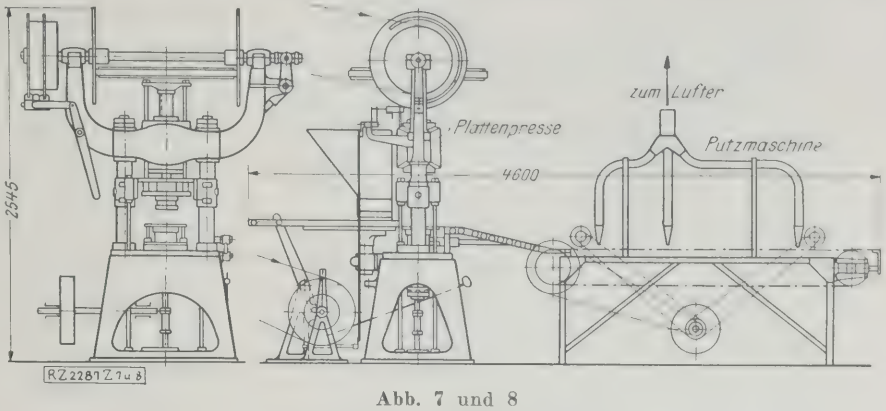



Abb. 7 und 8
Plattenpresse und Putzmaschine.

Das Putzen der Platten, eine Arbeit, die häufig von Mädchen ausgeführt wird, kann zweckmäßig auf einer selbsttätigen Putzvorrichtung ausgeführt werden; die Vorrichtung steht mittels einer kurzen Rollenbahn unmittelbar mit der Presse in Verbindung. Eine umlaufende Bürste am Aufgabeteil der Maschine reinigt die Platten zuerst oberflächlich. Beim Durchgang durch das erste Paar der Putzvorrichtungen werden dann die oberen Plattenkanten von zwei Schmirgelwalzen, die sich mit leichtem Druck gegen die Kanten legen, abgefast. Dann wird die Platte durch einen untergreifenden Daumen auf einfachste Weise um 90 ° gedreht und fertig abgeputzt. Am Ende der Vorrichtung werden die Platten von einem Mädchen abgenommen und in Brennkapseln gefüllt. Ein Mann und ein Mädchen sind imstande, mit der beschriebenen Maschine stündlich 600 bis 700 normale Wandplatten zu pressen, zu putzen und einzufüllen.

### Trocknen der Formlinge

Der Zweck des Trocknens ist, das bereits erwähnte Anmachwasser möglichst restlos aus den Formlingen zu entfernen. In den weitaus meisten Fällen geschieht dies in offenen Trockenvorrichtungen, einfachen Gestellen, die entweder im Arbeitsraum selbst, unmittelbar neben dem Arbeitsplatz, oder im Freien unter Schuppen aufgestellt sind. In beiden Fällen ist die Außenluft Träger der zum Trocknen notwendigen Wärme. Infolgedessen ist die Trockendauer sehr groß und in weitestem Maße von der Witterung und der Jahreszeit abhängig. Je nach der Scherbenstärke der Formlinge schwankt sie zwischen einigen Tagen und mehreren Monaten. Dieser Umstand legt einen großen Teil des Betriebskapitals fest und hat lange Lieferzeiten, großen Raumbedarf und damit eine erhebliche Förderarbeit zur Folge.

Durch Beheizung der in den Arbeitsräumen aufgestellten Trockengestelle hat man wenigstens hier die Trockenzeit um ein geringes verkürzen können. Man mußte hierbei aber eine Erwärmung des ganzen Arbeitsraumes mit in den Kauf nehmen, was bei den hohen Temperaturen, 40 ° im Sommer gehören dann durchaus nicht zu den Seltenheiten, recht lästig ist und die Arbeitskraft lähmt. Die geringen Anlage- und Betriebskosten solcher einfacher Trockeneinrichtung werden daher durch die genannten Nachteile wieder aufgehoben.

Man ist nun zuerst bei Formlingen mit dicken Scherben von den offenen Trockeneinrichtungen zu geschlossenen Räumen übergegangen, die man beheizt. Dabei hat sich sehr bald gezeigt, daß man hierbei die Temperatur, die Feuchtigkeit und die Bewegung der Trockenluft genau abstimmen muß, um Spannungen zwischen Kern und Oberfläche der Formlinge, die unbedingt zu Rissen führen, zu vermeiden. Dickwandige Körper muß man also aus diesem Grunde nach dem sogenannten Feuchtigkeitsprinzip trocknen, d. h. der Formling darf an der Oberfläche nicht schneller trocknen, als das Wasser aus dem Kern nach außen nachdrängen kann. Man erreicht dies durch eine bestimmte Teilung des Trockenverfahrens in mehrere Abschnitte, die bei der Trockenkammer zeitlich und beim Kanaltrockner örtlich aufeinander folgen. Abb. 9 zeigt einen Schnitt durch eine Trockenkammer mit Gebläse, Heizvorrichtung, Luftanfeuchtung und Luftumwälzung. Bei einer großen Anzahl bereits ausgeführter Anlagen hat sich dieses Verfahren ausgezeichnet bewährt, und es ist gelungen, hierdurch die Trockendauer auf den sechsten bis zehnten Teil der seither üblichen Zeit herabzusetzen.

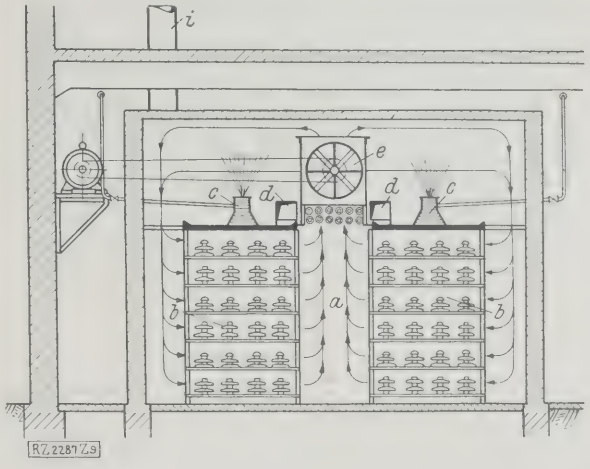



Abb. 9
Schnitt durch eine Trockenkammer;
Benno Schilde A.-G.

a, b } Kreislauf der Trockenluft
c Luftbefeuchter
d Frischluftleitungen
e Gebläse
i Abluftschlot

Dünnwandige keramische Körper, hauptsächlich aber solche, die man auf der Drehscheibe herstellt, wie z. B. Teller, Becher, Schüsseln u.a., muß man auf oder in der Gipsform trocknen, um ein Verformen zu vermeiden. Die langwierige Art der heutigen Trocknung in offenen Gerüsten erfordert eine große Anzahl solcher Gipsformen, da man jede Form nur ein bis zweimal am Tage zum Formen benutzen kann. Je nach Größe stehen sechs bis zehn Formen auf Holzplanken in den Trockengestellen, aus denen sie der Dreher zum Überformen holen und wohin er sie nachher wieder mit den Formlingen versehen, zum Trocknen schaffen muß. Die Gewichte, die hierbei der Facharbeiter zu fördern hat, sind zusammengerechnet sehr groß; bei einem gewöhnlichen Teller sind es täglich 5,5 t, wobei 25 bis 30 vH der Arbeitszeit beansprucht werden. Außerdem bleiben die Formlinge bis zum nächsten Überformen auf

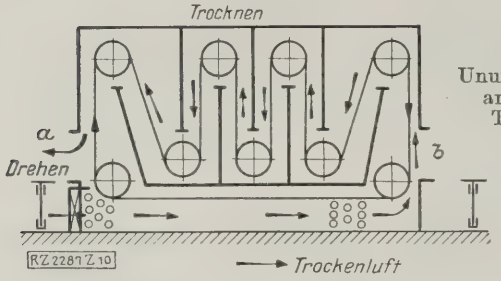



**Abb. 10**
Ununterbrochen arbeitender Trockner.
*a* Aufgabe
*b* Abnahme

den Gipsformen liegen, so daß die Formen an der Oberfläche stets feucht und weich sind und infolgedessen schnell verschleißen.

Erst in allerletzter Zeit hat man diese Mängel, die alle auf die mangelhafte und zeitraubende Art der Trocknung zurückzuführen sind, durch Konstruktion eines ununterbrochen arbeitenden Trockners für Drehereiartikel beseitigt; seine einfache Arbeitsweise ist in Abb. 10 schematisch dargestellt.

Durch einen einseitig geschlossenen Kasten laufen in auf- und absteigender Bahn zwei parallel geführte, endlose Ketten; zwischen ihnen hängen Schaukeln, auf denen etwa sechs bis zehn Formen nebeneinander stehen. An der Stirnseite durch die Öffnung bei *a* gibt der Dreher die frisch geformte Ware auf, die nun in Pfeilrichtung den Trockenkasten durchläuft und, bei *b* angekommen, bereits so weit getrocknet ist, daß sie der dort stehende Fertigmacher von den Formen nehmen und putzen kann. Die leeren Formen laufen auf dem unteren Teil des Stranges zurück zum Dreher, wobei sie die aufgesaugte Feuchtigkeit wieder abgeben und dadurch härter und widerstandsfähiger werden. Wichtig ist, daß man Drehscheiben und Trockner möglichst dicht beieinander aufstellt, also zu einem einheitlichen Ganzen verbindet, um die Wege, die an der Aufgabe- und Abnahmestelle mit den Formen oder Formlingen zu machen sind, möglichst kurz zu halten.

Bei dünnwandigen Gegenständen, wie sie bei der Geschirrherstellung in Frage kommen, braucht man nicht nach dem Feuchtigkeitsprinzip, das immerhin eine Reihe verwickelter Vorrichtungen erfordert, zu trocknen. Vielmehr genügt es meist, wenn man Trockenluft und Ware im Gegenstrom führt, wie es in Abb. 11 angedeutet ist.

### Das Brennen

Es ist Aufgabe des Brennens, den in seiner Gestaltung fertigen, getrockneten, aber noch leicht zerbrechlichen, keramischen Körper fest und widerstandsfähig zu machen, wobei seine Masse durch physikalische und chemische Umwandlung sich weitgehend ändert. Die beim Brennen erforderliche Höchsttemperatur richtet sich ganz nach dem Erzeugnis, ob Ziegelsteine, Steinzeug, Steingut oder Porzellan u. a., und liegt zwischen 900° und 1500°. Die Brenndauer ist, wie überhaupt der ganze Verlauf der Temperaturen, von großem Einfluß auf den Einsatz und muß genau eingehalten werden, wenn man einen guten Ausfall der Ware gewährleisten will. Bis vor wenigen Jahren wurde zum Brennen in den keramischen Öfen fast ausschließlich Steinkohle oder allenfalls beste böhmische Braunkohle verfeuert. Kohlenknappheit und wirtschaftliche Notlage nach dem Kriege zwangen dann dazu, den Brennbetrieb auf billigere Brennstoffe umzustellen. Schon die ersten Versuche mit Braunkohlenpreßlingen zeitigten ein günstiges Ergebnis. Vorteilhaft erwies sich, daß für die Umstellung keine kostspieligen Umbauten an den Öfen vorzunehmen waren, sondern ein einfaches Auswechseln der Roststäbe genügte. Außer einigen Vorteilen in keramischer Hinsicht konnte man eine Herabsetzung der Brennkosten um durchschnittlich 30 bis 40 vH feststellen. Wie zu erwarten war, ist infolgedessen schon heute ein großer Teil aller keramischen Fabriken von unmittelbarer Kohlenfeuerung zum Brikettbrand übergegangen.

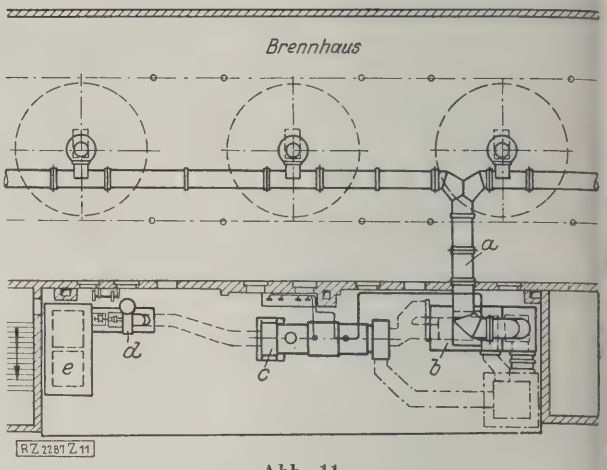



**Abb. 11**
Abhitzeverwertung einer Porzellanfabrik nach *O. Heller*.

*a* Rauchgas-Sammelleitung
*b* Überhitzer
*c* Abhitzekessel
*d* Lüfter
*e* Speisewasserbehälter

Selbstverständlich hat es auch nicht an Versuchen gefehlt, die elektrische Energie für die Beheizung keramischer Öfen heranzuziehen. Soviel bekannt geworden ist, arbeiten auch schon einige Fabriken des Auslandes mit solchen Öfen. Letzten Endes dürfte der elektrische Ofenbetrieb eine Frage der Wirtschaftlichkeit sein und sich am ehesten in Ländern durchführen lassen, die auf Grund ihrer reichen Wasserkräfte einen billigen elektrischen Strom liefern können.

Nur einige wenige Hundertteile der aufgewandten Wärmemenge entfallen auf das eigentliche Brennen der Ware, alles andre geht durch Strahlung, Leitung, Rauchgase, Kühlluft u. a. verloren. Am größten sind diese Verluste beim zeitweilig arbeitenden Rund- und Einkammerofen, während beim ununterbrochen arbeitenden Ringofen wenigstens ein Teil der sonst verlustig gehenden Wärme zum Vorwärmen der Verbrennungsluft und der noch zu brennenden Ware gewonnen wird.

Der große Wärmebedarf der keramischen Industrie für Trockenzwecke hat schon frühzeitig dazu geführt, die Abhitze der Öfen, in erster Linie also die der zeitweilig arbeitenden Rundöfen, für das Trocknen der Formlinge nutzbar zu machen. Die Ausnutzung der Abwärme nach dem Brand ist mit verhältnismäßig einfachen Mitteln möglich und schon in den meisten mit Rundöfen arbeitenden Fabriken durchgeführt. Mit Hilfe eines Lüfters wird geraume Zeit nach dem Abbrand Frischluft durch den Ofenraum gesaugt, die die im Einsatz und in den Wänden aufgespeicherte Wärme aufnimmt und in weiten Röhren in die Arbeits- oder Trockenräume führt. Auf diese Weise können etwa 20 bis 30 vH der im Ofen aufgespeicherten Wärme, die sonst verloren geht, verwertet werden.

Ungleich verwickelter und in der Anschaffung teurer wird die Anlage, wenn die Abwärme nicht nur nach dem Brand, sondern auch schon während des Brandes ausgenutzt werden soll. Die durch einen am Ende der Leitung angeordneten Lüfter abgesaugten Rauchgase werden nach Durchgang durch eine Staubfilterkammer in Rohren zu einem Abhitzekessel geführt, der mit Hilfe ihrer Abwärme hochgespannten Dampf erzeugt, Abb. 11. Von der dem Ofen zugeführten Wärmemenge kann man so rd. 28 bis 30 vH im Dampf zurückgewinnen. Während der Kühlzeit wird dann diese Anlage abgeschaltet, und die zuerst beschriebene tritt in Tätigkeit zwecks weiterer Ausnutzung der gespeicherten Wärme.

Das Wärmeflußdiagramm eines Brennofens mit Abhitzeverwertung zeigt Abb. 12. Erwähnt sei noch, daß derartige Abwärmeanlagen nur dann wirtschaftlich arbeiten, wenn mehrere Öfen vorhanden sind und sie also ohne große Schwankungen im Wärmestrom ununterbrochen im Betrieb sein können.

### Glasieren der Ware

Eine große Anzahl keramischer Gegenstände überzieht man aus Gründen der Schönheit und Zweckmäßigkeit mit einer dünnen Glasurschicht. Das Aufbringen dieser Schicht geschieht heute allgemein mit der Hand, durch Eintauchen der Ware in die Glasur oder durch Übergießen aus einem besonders geformten Gefäß. Eine Mechanisierung dieses Vorganges hat sich bisher eigentlich nur bei Wandplatten ermöglichen lassen, da es sich hier um einen Massenartikel stets gleicher Größe handelt. Am besten haben sich Glasiermaschinen bewährt, die nach dem Begießverfahren arbeiten, Abb. 13. Die zu glasierenden Platten werden am Zubringerband möglichst ununterbrochen aufgegeben. Im Weitergang von einer umlaufenden Bürste gereinigt, gehen sie dann auf zwei dünne Drahtseile über, die sie unter dem gleichmäßig fließenden, in die Breite gezogenen Glasurstrahl hindurchführen. Ein zweites Förderband von beliebiger Länge nimmt die glasierten Platten auf und führt sie zur Abnahmestelle, wo sie meist sofort in die Brennkapseln für den Glasurbrand gefüllt werden.

Bei den fast unzählig verschiedenen Artikeln in Geschirrfabriken ist ein Arbeiten mit dieser Maschine völlig ausgeschlossen. Erforderlich ist hier außerdem vor dem Glasieren ein viel gründlicheres Reinigen der Ware, vor allem der Hohlkörper, von Flugasche und Staub, und nach dem Glasieren ein Entfernen des Schmelzflusses an den Stellen, die mit den Brennkapseln in Berührung kommen, um ein Festbrennen durch die schmelzende Glasur zu verhindern.

In steigendem Maße entstäubt man die Ware mit Druckluft. Meist ist damit eine Absauganlage, Abb. 14. verbunden, um den Arbeiter vor gesundheitlichen Schäden zu bewahren.

Die Glasur wird von Hand oder mit Hilfe umlaufender Bürsten abgeputzt. Eine weitere Möglichkeit zeigt die abgebildete Abputzmaschine, Abb. 15, die nach dem sogenannten „nassen" Verfahren arbeitet. Als arbeitendes Mittel dient ein auf einer etwas geneigten Scheibe aufgezogener, feucht gehaltener umlaufender Gummischwamm. Das zu putzende Geschirr wird mit leichtem Druck gegen den Schwamm gehalten und dadurch der Fuß der Gegenstände von der anhaftenden Glasur gereinigt. Eine seitlich angebrachte kegelige Walze drückt das durch die abgeputzte Glasur entstehende Schlammwasser, das seitlich abläuft, aus dem Schwamm heraus.

### Auswählen und Dekorieren

Mit Ausnahme der Wand- und Fußbodenplatten werden die aus dem Brennofen kommenden Gegenstände nach Güte, Größe und möglicherweise Farbabtönungen in

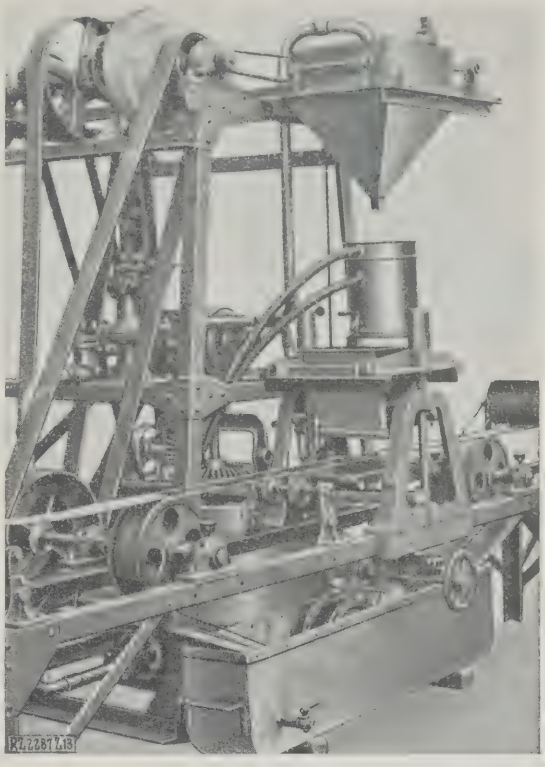


Abb. 13
Glasiermaschine.

reiner Handarbeit ausgeschieden. Bei Platten ist auf ein Trennen nach Größe besonderer Wert zu legen, wenn man einen sauberen und gut aussehenden Wand- und Fußbodenbelag erzielen will. Das Messen und Stempeln der Platten mit der Hand ist zeitraubend und nicht unbedingt zuverlässig, da man es meist in getrennten Arbeitsgängen ausführt, und die richtige Größenstempelung sehr von der Zuverlässigkeit der betreffenden Arbeitskraft abhängt.

Die neueste selbsttätige Plattenmeß- und Stempelmaschine, Abb. 16, kann stündlich 2500 Platten messen und stempeln. Ein Gummigurt führt die Platten ruckweise unter der Meß- und Stempelvorrichtung hinweg. Die Messung findet zwischen Stahlrollen statt; diese schieben mittels Hebelübertragung einen Finger über dem betreffenden Stempel, der dann nach außen auf die Platten gedrückt wird. Entsprechend der aufgestempelten

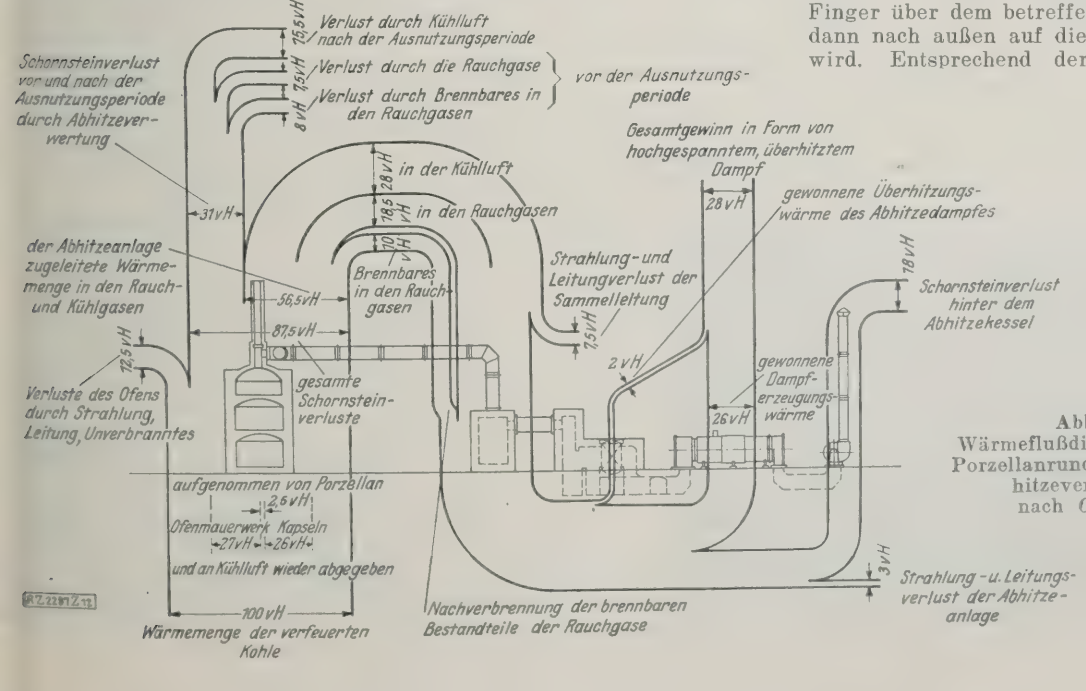



Abb. 12
Wärmeflußdiagramm eines Porzellanrundofens mit Abhitzeverwertung nach *O. Heller.*

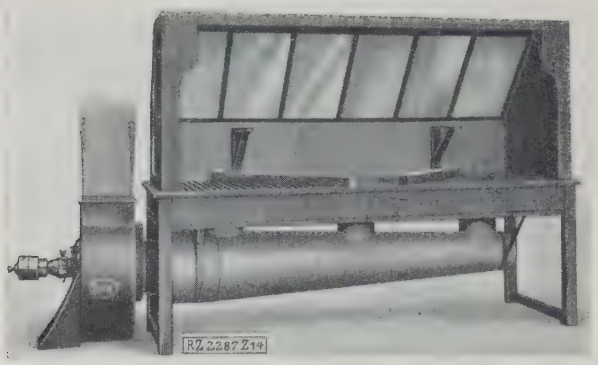


Abb. 14
Absauganlage für das Entstauben der Ware vor dem Glasieren.

Abb. 15
Abputzmaschine nach neuem Verfahren.

Größe müssen die Platten dann mit der Hand getrennt und verpackt werden. Zur Zeit arbeitet man an einer Vorrichtung, die auch diese beiden Arbeitsgänge in unmittelbarem Anschluß an das Messen und Stempeln selbsttätig ausführt.

In den nun folgenden Abteilungen eines keramischen Betriebes, wie Malerei, Druckerei, Schmelze, Packerei und Lager, ist bei weitem reine Handarbeit vorherrschend. Man ist aber auch hier darauf bedacht, die Herstellungskosten durch neuzeitliche Arbeitsverfahren möglichst niedrig zu machen. So wird z. B. Stapelgeschirr mittels eines Kreisförderers in fließender Fertigung dekoriert.

Die zu bemalenden Gegenstände werden im Weißlager auf die Schaukeln des Förderers gesetzt und laufen

Abb. 17
Kreisförderer für Fließfertigung in der Dekorabteilung.

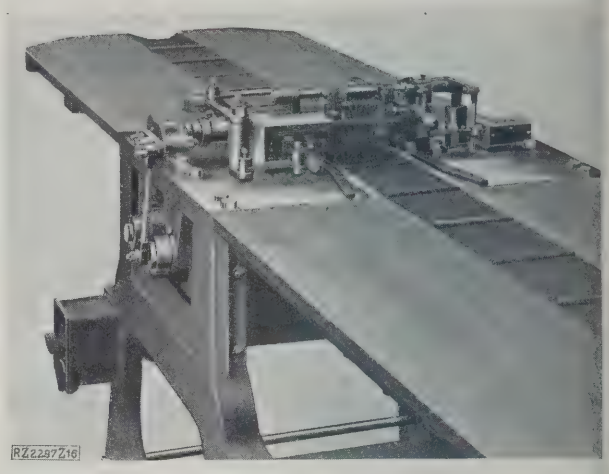


Abb. 16
Selbsttätige Plattenmeß- und Stempelmaschine.

auf diesen zur Druckerei, wo sie an den Arbeitstischen vorbeigeführt werden, Abb. 17. Dort werden die verschiedenen Bearbeitungen: Lackieren, Aufkleben der Abziehbilder u. a. vorgenommen. Die Arbeit ist weitgehend unterteilt; jeder hat nur die ihm zukommenden Handgriffe auszuführen, ohne dabei sich von seinem Platz bewegen zu müssen. Anschließend durchläuft die Ware mit den Abziehbildern ein Warmwasserbad, dann weitere Arbeitsplätze, an denen die Bilder entfernt werden, darauf zum Trocknen ein von heißer Luft durchströmtes Rohr und gelangt schließlich zur Malerei. Auch hier werden die nun noch notwendigen Ränder und Verzierungen aufgetragen, ohne daß jemand seinen Arbeitsplatz verlassen muß. Die Geschwindigkeit des Förderers wird je nach Art der Bemalung und der hierfür benötigten Zeit eingestellt.

**Förderwesen in der keramischen Industrie**

Das Förderwesen spielt in der keramischen Industrie eine außerordentlich wichtige Rolle, zumal in einem großen Teil aller keramischen Fabriken heute noch der Mensch das Hauptfördermittel ist. Die Empfindlichkeit und Zerbrechlichkeit keramischer Erzeugnisse verbietet das Zusammendrängen großer Mengen auf einen kleinen Raum, wie es z. B. bei Schrauben und anderen Maschinenteilen ohne weiteres möglich ist. Da es sich ferner immer um das Fördern großer Stückzahlen handelt, haben die Förderkosten einen bedeutenden Anteil an den Fertigungskosten keramischer Erzeugnisse. Allzuhäufig wird diese Förderarbeit noch von den Facharbeitern geleistet, die man so produktiver Arbeit entzieht.

Ganz besonders eignen sich für die Transporte in keramischen Fabriken Schaukel- oder Kreisförderer, die sich infolge ihrer Raumbeweglichkeit und Anpassungsfähigkeit selbst in veralteten Betrieben einbauen lassen und durch ihren ruhigen Lauf das zu fördernde Gut außerordentlich schonen. In den letzten Jahren sind viele Fabriken dazu übergegangen, in ihren Brennhäusern Kreisförderer zu verwenden für den Transport zwischen

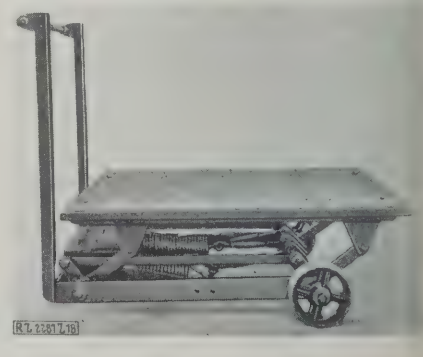


Abb. 18
Sonderwagen mit weicher Federung für empfindliche Waren.

Ablieferungsraum der ungebrannten Ware, Füllstation, Öfen und Sortiererei oder, wie z. B. in Ziegeleien, zwischen Ziegelpresse, Trockenschuppen, Öfen und Lager.

Die gewöhnlichen Flurfördergeräte lassen sich nur da verwenden, wo das zu fördernde Gut verhältnismäßig unempfindlich ist, wie z. B. Ziegel- und Schamottesteine. Bei empfindlicher Ware sind die Erschütterungen beim Fahren so groß, daß ein erheblicher Bruchausfall entsteht, falls man nicht Sonderwagen, Abb. 18, mit sehr weicher Federung, die auch bei Teillasten schon leicht anspricht, benutzt.

Für das Fördern von Kohle, Rohstoffen und auch von gebrannten Ziegel- und Schamottesteinen haben sich besonders für größere Entfernungen Elektrokarren gut bewährt, die infolge ihrer außerordentlichen Beweglichkeit selbst in die engen Ofenkammern einfahren können.

[B 2287]

# 25 Jahre Technische Hochschule Danzig

Am 6. Oktober 1929 werden 25 Jahre seit der Einweihung der Technischen Hochschule Danzig[1]) vergangen sein. Aus diesem Anlaß findet am Ende des laufenden Semesters vom 18. bis 20. Juli in Danzig eine Jubiläumsfeier statt, die zu einem Rückblick und Ausblick Veranlassung gibt.

Im Jahre 1900 beschloß die Preußische Staatsregierung, neben ihren drei technischen Hochschulen Aachen, Berlin und Hannover eine vierte möglichst weit im Nordosten zu errichten. Unter den vielen Städten fiel die Wahl schließlich auf Danzig, weil diese alte Stadt mit ihren Baudenkmälern aus Gotik und Renaissance und mit ihrer Industrie an den Ufern der Weichsel einen besonders günstigen Boden für das Studium junger Architekten und Ingenieure zu bieten schien. „Die Technische Hochschule Danzig wird aber auch berufen sein," heißt es in der Festschrift aus Anlaß ihrer Eröffnung, „die besonders in der letzten Zeit gefährdeten deutschen Interessen in der Ostmark zu stärken."

In der Entwicklung der Hochschule lassen sich deutlich drei Abschnitte unterscheiden:

Ausbau und Aufblühen während des ersten Jahrzehnts bis zum Beginn des Weltkrieges,

Stillstand und Übergang aus dem Preußischen Staat an die Freie Stadt Danzig im zweiten Jahrzehnt, während Krieg, Revolution und Inflation herrschten,

und schließlich in den letzten fünf Jahren der mühsame Versuch neu auf- und auszubauen, was die vorhergehenden Jahre zerschlugen.

Rein zahlenmäßig könnte der Vergleich zwischen dem heutigen Zustande und dem bei der Gründung bzw. etwa 1912/13 eine glänzende Entwicklung vortäuschen. Die Zahl der Studenten stieg von rd. 600 auf über 1500, der Lehrkörper vergrößerte sich von 45 auf 75 Mitglieder, die Kosten der Hochschulunterhaltung stiegen von etwa 750 000 ℳ vor dem Kriege auf 1 850 000 ℳ im vorletzten Jahre. Während es aber im ersten Jahrzehnt des Bestehens möglich gewesen war, vom Staat außerordentliche Zuschüsse für den Ausbau zu erhalten, so daß zu den vier Gebäuden (Hauptgebäude, Chemisches und Elektrotechnisches Institut und Maschinenlaboratorium), die bei der Gründung vorhanden waren[2]), das Festigkeitslaboratorium, das Wasserbaulaboratorium und eine wesentliche Vergrößerung des Maschinenlaboratoriums hinzukamen, mußten alle Baupläne der letzten Jahre immer wieder zurückgestellt werden. Für die Freie Stadt Danzig stellt die Hochschule eine außerordentliche geldliche Belastung dar, die sie aber wegen der kulturpolitischen Bedeutung auf sich genommen hat. So wurden die knappen verfügbaren Mittel der Stadt und Geschenke aus der Industrie im allgemeinen nur zum Ausbau der vorhandenen Gebäude, zur Schaffung neuer Zeichensäle, zur Einrichtung neuer Laboratorien in Dach- und Kellergeschossen verwendet. Erst im letzten Jahre ist es endlich wieder möglich geworden, an neue Bauaufgaben heranzugehen: an das Hauptgebäude wurde ein großer Hörsaal mit 400 Plätzen für den physikalischen Unterricht angegliedert, der gelegentlich der Jubelfeier in Benutzung genommen werden soll, und im Maschinenlaboratorium werden durch Aufstockung neue Versuchsräume geschaffen.

Von den bei der Eröffnung der Hochschule nach Danzig berufenen Professoren üben nur noch zehn heute ihre Lehrtätigkeit am gleichen Platze aus, während die größere Anzahl inzwischen auf andere Lehrstühle berufen wurde oder nicht mehr unter den Lebenden weilt. Namen wie *Genzmer*, *v. Mangoldt*, *Roeßler*, *Wagner* und *Wien* trugen den Ruf der Technischen Hochschule Danzig weit über ihre Grenzen in die Technik hinein.

Von dem jetzigen Arbeitswillen und Streben der Hochschule gibt ein beredtes Zeugnis die Festschrift, die zum Jubiläum in Danzig erscheint, und ein von dem Leiter des Maschinenlaboratoriums verfaßter Aufsatz, der demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht wird.

[B 3187] Dr.-Ing. F.

[1]) Vergl. Z. Bd. 48 (1904) S. 1589.

[2]) Vergl. Z. Bd. 54 (1910) S. 1061.

## Abbau mit Selbstversatz

In Deutschland wird fast überall der ganze ausgekohlte Raum durch Berge versetzt, die von anderwärts zugeführt werden (Fremdversatz). In England und Amerika wird Abbau mit Teilversatz mit tragfähig gesetzten Bergemauern (Rippenbau) bevorzugt. Das letztere Verfahren weist zum mindesten die gleiche Sicherheit auf, ist aber billiger. Neben eingehenderen Ausführungen über Druck-, Zug- und Biegungsfestigkeit, Elastizität und Plastizität des Deckgebirges behandelt *Gaertner*[1]) die sich hieraus für den Abbau ergebenden Notwendigkeiten.

Nicht der Vollversatz, Teilversatz oder gar kein Versatz ist das Entscheidende, sondern es kommt darauf an, das Gebirge harmonisch, d. h. ohne daß im Gebirgskörper Spannungen zurückbleiben, abzusenken. Sowohl für den Abbaustoß unter Tage, als auch für die Tagesoberfläche ist dies das günstigste.

In einem geschlossenen Gebirgskörper halten sich alle Teile gegenseitig das Gleichgewicht. Bei weit gespannten Hohlräumen, wie sie der Abbau schafft, biegen sich dabei die Gebirgsschichten weitgehend durch, wie durch einige Beispiele dargelegt wurde. Eine Sandsteinplatte hat aber nach Erfahrungen, wie sie bei Baustoffen gesammelt wurden, eine sehr geringe, man kann sagen, fast keine Durchbiegungsfähigkeit. Daher lassen sich starke Durchbiegungen der Gebirgsschichten nur durch Fließvorgänge im Gestein erklären.

*Gaertner* entwickelte weiter die Theorie über den Gang der Kohle. Geht die Kohle von selbst, so lassen wir den Gebirgsdruck arbeiten. Eine je stärkere Absenkung die Decke des Flözes verträgt ohne zu reißen, desto kürzer wird die Abbauwelle und auf um so engeren Raum sammelt sich die Gebirgsarbeit. Je kürzer die Abbauwelle ist, desto kräftiger drückt sie die Kohle nach dem alten Mann zu und öffnet somit Schlechten und Drucklagen. Wird die Abbauwelle zu kurz, verschlechtert sich das Hangende und die Kohle wird kleinbrüchig. Durch Abflachen der Abbauwelle — durch Beschleunigung des Verhiebes oder durch Einbringen von Bergeversatz — kann hier Rat geschaffen werden.

Geht die Kohle schlecht, so muß die Abbauwelle kürzer und steiler gestaltet werden als vorher. Dies erreicht man bei Abbauen mit vollem Bergeversatz durch Einbringen möglichst losen Versatzes oder durch Weglassen desselben. Je nach der Mächtigkeit und Beschaffenheit des Flözkörpers wird man den Gang der Kohle sowohl durch Versatz, Teilversatz oder schließlich, wie der Vortragende darlegt, durch Abbau ohne Versatz erzielen müssen.

Mit dem zum erstenmal geprägten Worte Selbstversatz bezeichnete *Gaertner* einen Abbau, bei dem die Deckschichten unmittelbar hinter dem durch Zimmerung geschützten Arbeitsraum von selbst oder nach Nachhilfe hereinbrechen. Durch das Hereinbrechen oder Hereinschießen der unmittelbar das Flöz überlagernden Deckschichten heilt der alte Mann infolge der Volumenvermehrung des Gesteins von selbst zu. Die Hangendgebirgsschichten legen sich auf dieses Polster in einem schlanken elastischen Bogen auf, der mit dem Fortschreiten des Abbaues gleichmäßig weiter wandert.

*Gaertner* führte diese Abbauart auf das genaueste aus und wies hierbei auf den Ausbau mit Eichenholzkästen hin, hinter denen sich die Belegschaft vollkommen sicher fühlt. Die Einführung der Holzkästen ermöglicht vor allen Dingen das Rauben der Zimmerung im alten Mann, worin der Vortragende die größte Bedeutung für die Sicherheit und Wirtschaftlichkeit im Bergbau sieht. Die Stempel der Zimmerung geben, wenn sie durch den Druck brechen, plötzlich nach. Das Rauben der Zimmerung beseitigt daher Spannungen, da das Holz im alten Mann fehlt, und man vermeidet dadurch die kleinen Gebirgsschläge, die Stein- und Kohlenfallgefahr sinkt, die Gasausbrüche werden vermindert, und die Schädigungen der Tagesoberfläche geringer.

*Gaertner* erwähnte ferner, daß der Selbstversatz die Wetterführung kaum beeinflußt. Durch den ständig gleichbleibenden Druck auf dem Kohlenstoß erreicht man vor allen Dingen seine ganz gleichmäßige Entgasung in allen drei Schichten, nicht nur in den Arbeitsschichten.

Festes und sprödes Hangendes kann entgegen der Rücksicht auf den Gang der Kohle zu tragfähigem Teilversatz zwingen, um bei plötzlichem Setzen größere Hangendgebirgsflächen, Gasauslösungen und Gefährdung der Tagesoberfläche zu verhüten.

Zum Schluß erwähnte *Gaertner* die wirtschaftliche Bedeutung dieses Abbauverfahrens und machte weiterhin auf die Schmiegsamkeit bei der Vereinigung der verschiedenen Abbauverfahren — mehr oder weniger dichter Fremdversatz und Selbstversatz — bei wechselnder Abbaumächtigkeit der Kohle aufmerksam, insbesondere, wenn Kanäle gleichmäßig abzusenken sind. [N 2834]

Ludwigsdorf Dipl.-Ing. *A. Gaertner*

[1]) Generaldir. Dr.-Ing. E. h. Dr. *Gaertner*, Wenzeslaus-Grube N.-S. sprach hierüber im Technisch-Wirtschaftlichen Sachverständigenausschuß für Kohlenbergbau des Reichskohlenrats am 20. Februar 1929 in Berlin.

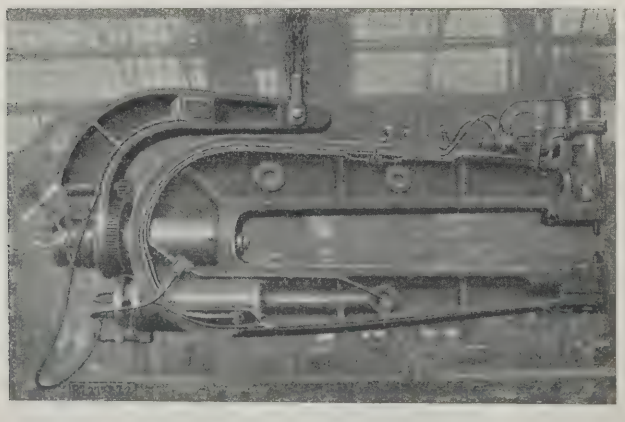


**Abb. 1.** Nietmaschine für Kesselnietung der Firma Hydraulik G. m. b. H., Duisburg.

## Lufthydraulische Nietmaschine

Für die hydraulische Nietung wurde bisher eine kostspielige Kraftwasseranlage, bestehend aus Akkumulator und Pumpe, gebraucht. Bei der lufthydraulischen Nietmaschine ist eine Kraftwasseranlage nicht nötig. Solche Maschinen werden mit Ausladungen von 400 bis 4000 mm für Kessel- und Eisenbaunieten von 25 bis 120 t Nietdruck gebaut. Der Luftverbrauch ist nur gering, da alle Leerwege bis zum Aufsitzen der Döpper mittels eines verhältnismäßig kleinen Vordruckes zurückgelegt werden. Druckluft in dem die Maschine betreibenden Drucküber-setzer wird nur für den eigentlichen Nutzhub verbraucht. Die Maschine arbeitet von Beginn bis zum Ende der Nietung mit einem gleichbleibenden Druck. Bei reinpneumatischen und elektrischen Maschinen wirkt der höchste Nietdruck erst in der Endstellung, wenn die Kniehebel in Strecklage gebracht sind.

Die Bauart dieser Nietmaschine zeigen Abb. 1 und 2. In der einen Bügelhälfte, Abb. 2, ist der Drucküber-setzer eingebaut, der einen großen Kolben für Luft und einen kleinen für Wasser, oder Öl bei Einfriergefahr, enthält. Beim Eintritt der Luft von 6 at oder mehr in den Zylinderraum des großen Kolbens wird in dem Raum des kleinen Kolbens ein im Verhältnis der Kolbenflächen höherer Druck, der dem höchsten Nietdruck entspricht, erzielt. Die eigentliche Pressung des Nietes erfolgt hydraulisch, so daß alle Vorteile der reinhydraulischen Nietung gewahrt bleiben. Da man für den Betrieb der Maschine Luft von 6 at oder mehr, wie sie in den meisten Betrieben zur Verfügung steht, braucht, kann man die Maschine in allen Werkstätten, vor allem aber auch auf Montageplätzen vorteilhaft benutzen. [M 2776]

Duisburg *P. Klein*

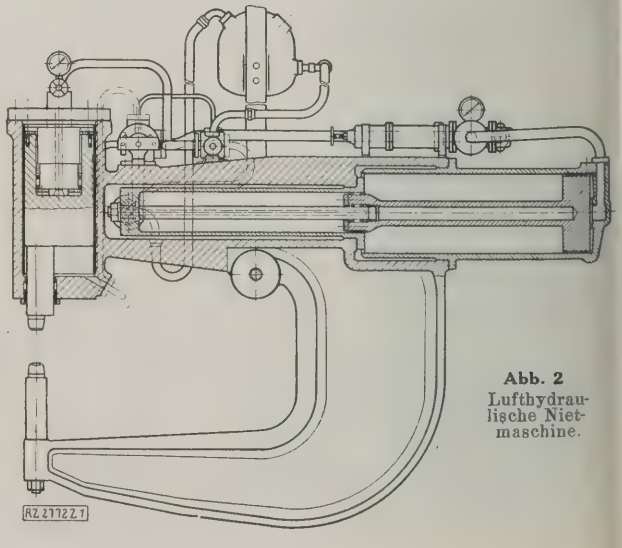


**Abb. 2** Lufthydraulische Nietmaschine.

# Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim

*Von Dr.-Ing. F. MARGUERRE, Mannheim*

Schluß von S. 920

### Armaturen

Es seien noch einige Worte über die Armaturen nd Abdichtungen beigefügt, da diese bei erhöhten rücken Gegenstand besonderer Sorge sind. Die Wassertandgläser machten erhebliche Schwierigkeiten, insbeondre wegen der ungenügenden Sichtbarkeit des Wassers. an mußte trotz der damit verknüpften Verdoppelung er Gläserzahl zu durchleuchteten Wasserstandgläsern bergehen; Abb. 16 zeigt den schließlich verwendeten nd bewährten Wasserstand nach einer Konstruktion der anomag. Er hat oben und unten einen Verschluß durch ine bewegliche Kugel, der bei Glasbruch den Kessel abperrt und das Auswechseln ermöglicht. Eine vollkommen ichte Absperrung ist allerdings nicht möglich, da sich onst die Kugeln nicht wieder lösen. Sehr gute Dienste at neben den gesetzlich vorgeschriebenen Glaswassertänden ein Gewichtwasserstand nach einem Vorschlag on Dr. *Pfleiderer*, der sich als sehr zuverlässig erwies nd in seiner weiteren Ausbildung auch dazu dient, die elbsttätige Speisewasserregelung durchzuführen.

Die Abdichtung der Verschlüsse an den Sammelästen erfolgte bei dem Ekonomiser zunächst mit Klingerit; bei den Kesseln fanden von vornherein Metallichtungen Verwendung; die zum Teil verwendeten Kupferdichtungen waren vollständig dicht, führten jeoch infolge elektrolytischer Wirkungen zu Zerstörunen und mußten beseitigt werden. Die versuchsweise ingebauten Weichpackungen (Klingerit) befriedigten ei Wassertemperaturen über 300 ° nicht vollständig; es urden schließlich rechteckige Weicheisendichtungen mit ingförmigen Eindrehungen verwendet; diese sind denenigen mit rhombischem Querschnitt überlegen.

Die Rohrleitungen für den Hochdruckdampf mit 125 nd 175 mm l. W. bestehen aus nahtlos gezogenen Rohren on 14 und 17 mm Wanddicke. Es wurde erwogen, die Rohre durch Schweißung zu verbinden, doch erschien ies in Anbetracht der verhängnisvollen Wirkung, die in Rohrbruch haben könnte, bedenklich, und man lieb bei Flanschverbindungen. Abb. 17 zeigt, daß die Flanschen mit Gasgewinde aufgeschraubt und dann verchweißt sind; die Schweißung hat im wesentlichen den Zweck, den Flansch gegen Verdrehen festzuhalten, ährend die axialen Kräfte vom Gewinde aufgenommen erden. Die Dichtung liegt zwischen den Rohrenden nd so im Flansch, daß sie auch bei Bruch nicht herausliegen kann. Als Dichtungsmaterial wurde Weicheisen, Nickel- und Monel-Metall verwendet, ohne daß sich bis eute sagen läßt, welches vorzuziehen ist. Die Schrauben estehen aus Chromnickelstahl von 90 bis 100 kg/mm² Festigkeit, während die Flanschen aus Siemens-Martintahl von 48 bis 58 kg/mm² Festigkeit bestehen. Die Rohre bestehen aus Siemens-Martin-Stahl von 55 bis 5 kg/mm², die Wellenrohrausgleicher dagegen aus Chrom-

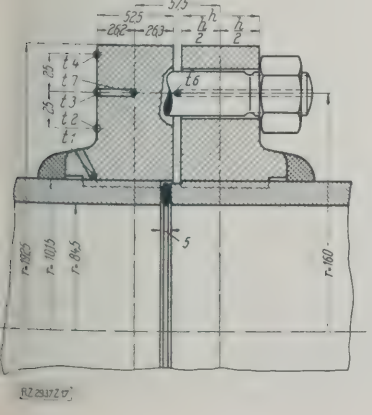



**Abb. 17**
Flanschverbindung für 100 at abs.

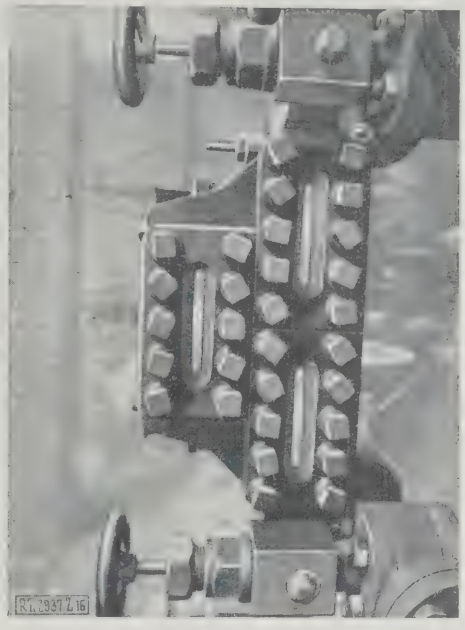



**Abb. 16**
Wasserstandglas für 100 at, Bauart Hanomag.

nickelstahl von 65 bis 75 kg/mm² Festigkeit. Die Rohre sind mit Vorspannung, die der Dehnung bei 200 ° entspricht, verlegt.

Die Flanschen, Abb. 17, machten im Betrieb einige Schwierigkeiten; insbesondre zeigte sich, daß es trotz der Verwendung von Metallpackungen nach längerem Betrieb öfters möglich war, die Schrauben nachzuziehen. Zunächst mußten, da der verwendete Chromnickelstahl für die hohen Temperaturen nicht geeignet war, Schrauben aus anderem Werkstoff mit etwas andrer Zusammensetzung eingesetzt werden, gleichzeitig wurde der Schaft der Schrauben über die ganze Länge auf den kleineren Gewindedurchmesser vermindert, wodurch die Schraube im ganzen elastischer wurde. Man vermutete nämlich, daß beim Anlassen der Leitungen die Schrauben der Erwärmung sehr viel langsamer folgten als der Flansch, und daß dies infolge starker Temperaturunterschiede zu Dehnungen über die Elastizitätsgrenze hinaus führte.

Zur Klarstellung der Fragen wurde eine größere Anzahl von Messungen mit in den Flansch eingebauten Thermoelementen durchgeführt, und diese bestätigten, daß auch bei vorsichtigem Anwärmen der Leitung Unterschiede zwischen mittleren Temperaturen der Schrauben und der Flanschen bis zu 100 ° auftreten. In der Abb. 18 bis 21 sind die zeitlichen Temperaturänderungen beim Anwärmen der Leitung mit nackten und isolierten Flanschen links dargestellt; rechts sind die Änderungen längs des Radius zu gleicher Zeit angegeben. Die Meßpunkte für $t_1$ $t_2$ usw. sind der Abb. 17 zu entnehmen. Rechnet man diese Beanspruchungen durch die Wärmedehnung unter der Annahme, daß der verhältnismäßig sehr dicke Flansch vollständig starr sei, nach, so kommt man auf Beanspruchungen, die bereits an die Festigkeitsgrenze gewöhnlicher Flußstahlschrauben herangehen. Die rechnerische Nachprüfung der Durchbiegung des tellerförmigen Flansches zeigte anderseits, daß er doch wesentlich elastischer ist, als man zunächst annahm. Allerdings ist das Ergebnis so stark von der Annahme der nicht genau bekannten Grenzbedingungen abhängig, daß eine Klarstellung der wirklichen Verhältnisse sich hieraus nicht ergibt. Unter allen Umständen bleibt die

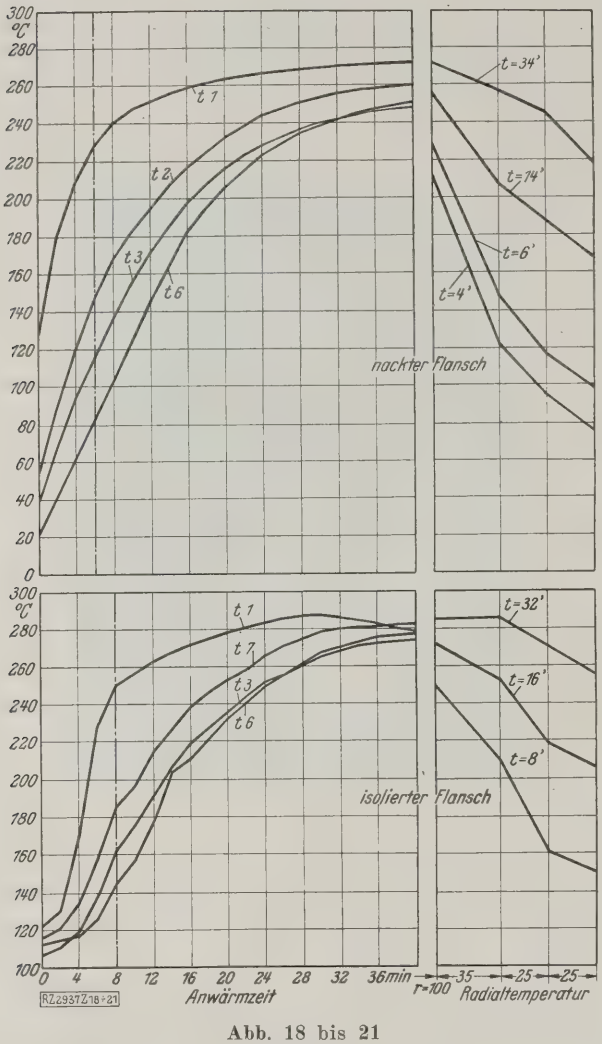



**Abb. 18 bis 21**
Untersuchung der Wärmespannungen in der Hochdruck-Flanschverbindung.

Folgerung bestehen, daß für die Schrauben nur hochwertiger Sonderwerkstoff in Betracht kommt und daß ein vorsichtiges Anwärmen der Leitung unerläßlich ist.

Die Absperrteile hat vorwiegend die Firma Borsig, Berlin, geliefert, außerdem ist ein Fischbachschieber von Schäffer & Budenberg eingebaut. Diese Armaturen haben sich im allgemeinen gut bewährt. Das sogenannte Schnellschlußventil von Borsig, Abb. 22 und 23, schließt schon nach wenigen Umdrehungen den größten Teil des Querschnitts. Die Schieber sind aus Molybdänstahlguß hergestellt, der bei 450 ° noch 20 kg/mm² Streckgrenze hat, was zweifellos gerade für Dampftemperaturen bis 470 ° eine besonders wichtige Eigenschaft ist.

Als Kondenstöpfe wurden diejenigen von Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal, mit Schiebersteuerung, Abb. 24, gewählt; sie sind aus dem vollen Stahlblock herausgeschnitten. Außerdem haben Druckminderventile von Schumann, Leipzig, mit Askaniasteuerung, Verwendung gefunden, die aus Elektrostahlguß und mit Sitzen aus V2A-Stahl hergestellt sind, sowie Abzweigstücke aus gleichem Werkstoff. Im Interesse der Dichtheit kann man gewöhnlichen Stahlguß im allgemeinen nicht verwenden, und auch beim Elektrostahlguß ist man nur bei allerbester Güte vor Schwierigkeiten bewahrt.

### Speisepumpen

Die Speisepumpen bildeten bei dem hohen Druck ein besondres Problem. Wie schon bei der Erläuterung des Wärmefluß-Planes, Abb. 6, erwähnt, wird das Speisewasser erst auf einen Druck von 20 at gebracht und durch die Vorwärmer geschickt, aus denen es mit etwa 200 ° den Pumpen zuläuft. Diese hohe Temperatur erschwerte die

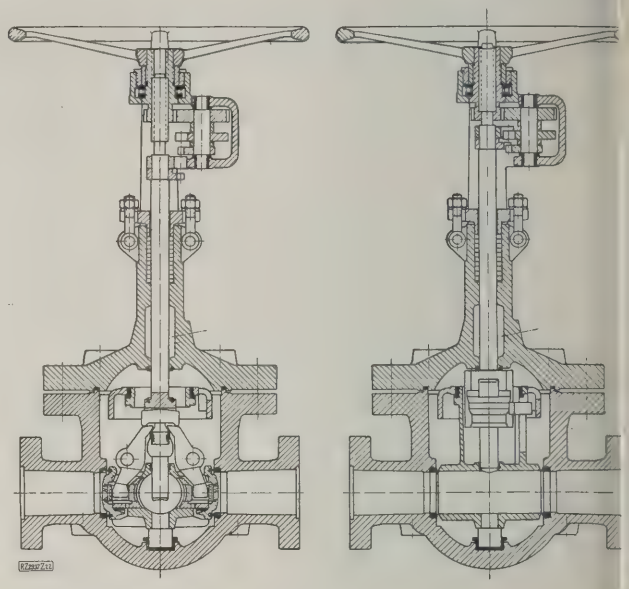
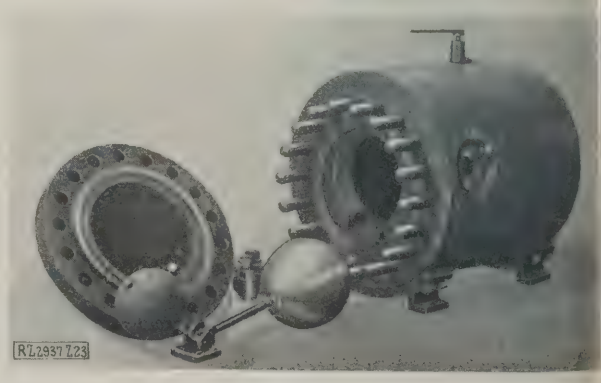



**Abb. 22 und 23**
Schnellschlußventil von Borsig.

Aufgabe weiter, insbesondre das Abdichten der Stopfbüc sen, da aus jedem Austritt von Wasser ein Austritt v Dampf wird. Die zeitweise erwogene Verwendung v Kolbenpumpen wurde wegen ihres außerordentlich Raumbedarfes fallen gelassen; der Wirkungsgrad wä natürlich erheblich größer gewesen; doch wäre er wo kaum über 80 vH gestiegen, während er sich allerdin bei den Kreiselpumpen der jetzt aufgestellten Leistu bis zu 90 m³/min im praktischen Bereich nicht üb 55 vH erhebt. (Die Maximalpunkte liegen höher Immerhin ist bei der späteren Aufstellung von Pump mit der doppelten Leistung mit einem praktischen Wi kungsgrad von mehr als 60 vH zu rechnen, so daß d Unterschiede gegenüber den Kolbenpumpen nicht schwer ins Gewicht fallen.

Zwei Pumpen wurden mit Dampfturbinenantrieb ve sehen, wobei die Pumpen von Klein, Schanzlin & Becke Frankenthal, und die Turbinen von Escher, Wyß & Ci geliefert wurden, während zwei Pumpen von Gebr. Sulze Ludwigshafen a. Rh., mit elektrischem Antrieb und Sche bius-Drehzahlreglern von Brown, Boveri & Cie., Man heim, versehen wurden. Wie hieraus ersichtlich, sind al Pumpen mit Drehzahlregelung versehen, was trotz der e heblichen Kosten dieser Einrichtung für elektrischen Dre stromantrieb bei dem verhältnismäßig großen Kraftbeda der Pumpen wirtschaftlich war. Entscheidend war ab vor allen Dingen, daß der bei jeder Kreiselpumpe mit d Fördermenge veränderliche Druck bei der hohen Gesam förderhöhe so starken Änderungen unterworfen war, da man bezweifelte, ob eine einwandfreie Speisewasserreg lung gegen so stark schwankenden Zulaufdruck möglic

**Abb 24**
Kondenstopf für 100 at mit Schiebersteuerung von Klein, Schanzlin & Becker, A.-G., Frankenthal.



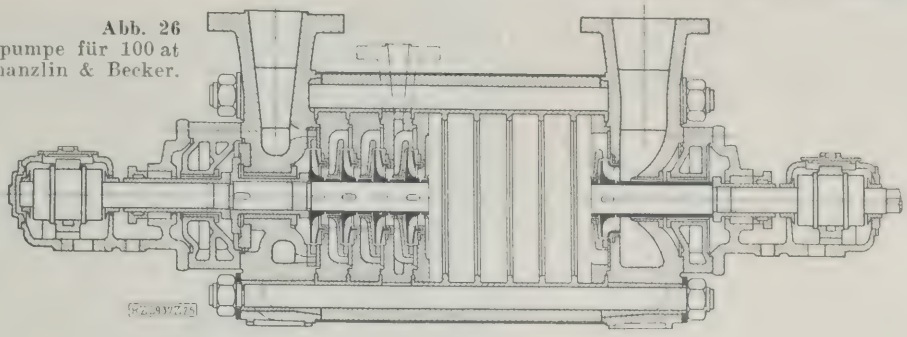


Abb. 26
Speisepumpe für 100 at
von Klein, Schanzlin & Becker.

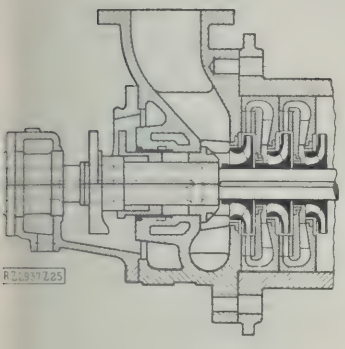


Abb. 25
Speisepumpe
von Gebr.
Sulzer, A.-G.,
Ludwigs-
hafen a. Rh.

ein würde. Die Drehzahl wird von selbsttätigen Differenzdruckreglern beherrscht.

Die Pumpe von Sulzer, Abb. 25, wirkt ebenso, wie diejenige von Klein, Schanzlin & Becker, einseitig und der axiale Druckausgleich erfolgt in bekannter Weise durch Entlastungsscheiben. Das Gehäuse besteht aus Stahlguß, die Laufräder aus Monelmetall. Den Stopfbüchsen wird besondres Sperrwasser zugeführt, das unmittelbar von den zegen 20 at arbeitenden Zwischenspeisepumpen vor dem Vorwärmer entnommen wird. Das Wasser hat daher einen etwas höheren Druck als das Zulaufwasser der Pumpen und eine Temperatur von 80 °. Durch dieses Sperrwasser wird das Austreten des Wassers von 200 ° wirksam verhindert; außerdem hat diese Pumpe eine innere Wasserkühlung der Stopfbüchsen durch die hohle Welle.

Die Pumpen werden durch Zahnräder mit der Übersetzung 1 : 3 von den mit 1500 U/min laufenden Elektromotoren angetrieben.

Die Pumpe von Klein, Schanzlin & Becker, Abb. 26, läuft gleichfalls mit Drehzahlen bis zu 4500 U/min und wird von der Dampfturbine unmittelbar angetrieben. Ihr fester Teil besteht aus geschmiedeten Stahlringen, die aufeinandergeschliffen und durch starke Bolzen zusammengepreßt werden. Der Läufer besteht aus Nickelbronze, dessen Festigkeitseigenschaften bei 200 ° noch sehr gut sind. Die Anordnung der Entlastungsscheiben, der Stopfbüchsen und des Sperrwassers ist aus Abb. 25 ersichtlich. Die gesamte Pumpenanlage, Abb. 27, ist so angeordnet, daß die Pumpen zunächst in schmiedeiserne Verteilungskörper fördern, von denen unmittelbar die doppelten Anschlußleitungen zu den Kesseln gehen. Eine eigentliche Doppel- oder Ringleitung ist also nicht vorhanden; die doppelte Hauptleitung ist vielmehr auf zwei schmiedeiserne Körper zusammengedrängt, während die Anschlußleitungen der Kessel entsprechend verlängert wurden.

Zu erwähnen wäre noch, daß das Kondensat des Zwischenüberhitzers mit 300 ° der sechsten bzw. siebenten Stufe der Speisepumpen zugeführt wird, also einer Stufe, bei der schon der Sättigungsdruck des Wassers mit Bestimmtheit überschritten ist. Eine besondere Sicherheitsvorrichtung war für den Fall des Stillstands der Pumpeu notwendig, da sonst 100 at Druck auf die 20 at-Seite der Pumpe wirken könnten. Die Anordnung wird jedoch bei der Erweiterung verlassen und das Kondensat auf 20 at unter Verwendung des Dampfes entspannt.

Der Zwischenüberhitzer, Bauart Szamatolski, Abb. 27, besteht für jede Turbine aus sechs Körpern, von denen, von der 20 at-Seite gesehen, je zwei parallel und drei hintereinander geschaltet sind; von der 100 at-Seite werden die für den kälteren 20 at-Dampf bestimmten Stufen mit kondensierendem Frischdampf, die letzte von strömendem Frischdampf beheizt. Der 100 at-Dampf fließt durch das Innere der Heizrohre, während der 20 at-Dampf die Körper füllt. Der kondensierende Frischdampf wird durch einen Kondenstopf mit Schiebersteuerung abgeführt.

Die Zwischenüberhitzer lassen sich ohne Schwierigkeiten unter der Hochdruckturbine anordnen, wenn auch im vorliegenden Fall die örtlichen Verhältnisse zu einer etwas gedrängten Anordnung führten; da der Raum unter den Turbinen frei ist, verursachen sie demnach keinerlei Gebäude- und fast keine Rohrleitungskosten, bzw. Wärme- und Druckverluste. Der Dampf wird bei Vollast einer Turbine, d. h. bei einer nachzuüberhitzenden Dampfmenge von rd. 65 t/h um 80 bis 90 ° erwärmt, wozu insgesamt 160 m² Heizfläche auf der 20 at-Seite der Rohre erforderlich sind.

Abb. 27
Gesamtanordnung der Speisepumpen.

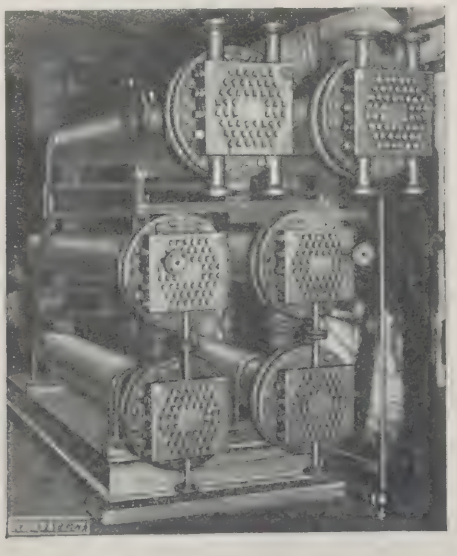


Abb. 28. Zwischenüberhitzer,
Bauart Szamatolski, Berlin.

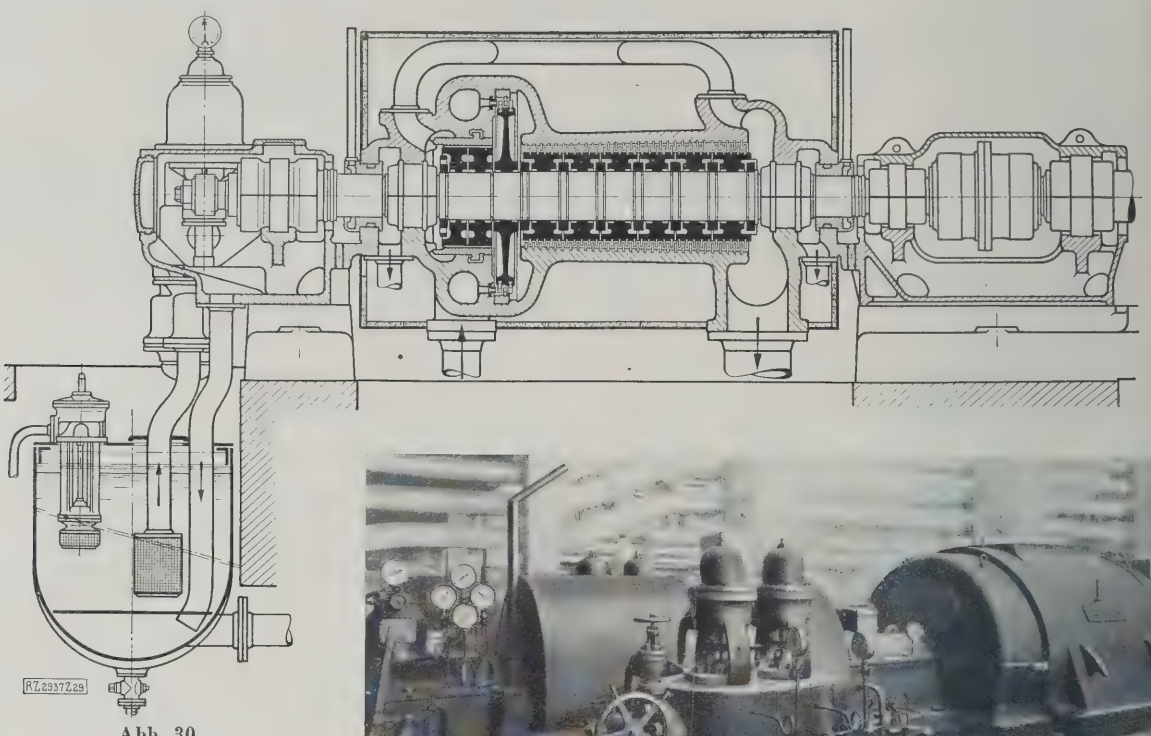


Abb. 30
Schnitt durch die Hochdruckturbine von Brown, Boveri & Cie., Mannheim.

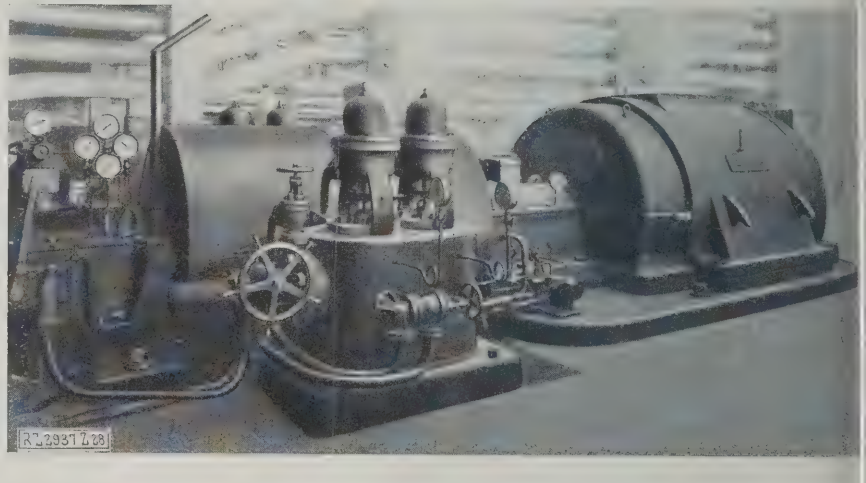


Abb. 29
Hochdruck-Turbine von Brown, Boveri & Cie., Mannheim. 95 at Eintrittsdruck, 19 at Austrittsdruck bei 425 ° mittlerer und 450 ° höchster Eintrittstemperatur.

### Dampfturbinen

Die beiden Hochdruck-Turbinen von Brown, Boveri & Cie., Mannheim, sind für 95 at höchsten Eintrittsdruck und 19 at Austrittsdruck bei 425 ° mittlerer und 450 ° höchster Eintrittstemperatur berechnet. Ihre äußere Anordnung zeigt Abb. 29. Eine der beiden Turbinen ist unmittelbar mit einem weiteren Gehäuse verbunden, worin der Dampf für die Vorwärmung des Speisewassers entspannt wird, während die andere nur ein Hochdruckgehäuse hat und die Regenerativ-Vorwärmung in einer besonderen Turbine erfolgt. Die Turbinen laufen mit 3000 U/min und treiben Stromerzeuger unmittelbar an. Man hätte durch Erhöhung der Umdrehungszahl unter Verwendung von Getrieben bei den noch verhältnismäßig kleinen Turbinen den Gesamtwirkungsgrad um etwa 2 vH erhöhen können, doch schien dieser Gewinn nicht ausreichend, um Getriebe bei einer Leistung von 5000 kW und mehr und Drehzahlen von 5000/3000 zu rechtfertigen. Die späteren Turbinen werden für Dampfmengen von 120 t/h ausgeführt, und ihr thermodynamischer Wirkungsgrad, bezogen auf den Zustand vor dem Ventil, der heute im günstigsten Fall 68 vH beträgt, dürfte auf 78 vH oder mehr hinaufgehen. Mit dieser Zukunftsentwicklung wurde schon bei der Wahl des Hochdruckes gerechnet, und dies bestätigt, daß man nur große Anlagen für so hohen Druck bauen soll.

Das Gehäuse der Hochdruckturbine, Abb. 30, besteht aus Stahlguß und wird durch Schrauben zusammengehalten; diese haben besonders lange Muttern erhalten, damit die Schrauben sich infolge der größeren Bolzenlänge dem Temperaturunterschied beim Anwärmen besser anpassen können. Die Festigkeitseigenschaften des Stahlgusses, die für 400 ° bei steigender Temperatur festgestellt wurden, sind:

Zugfestigkeit bei 20 ° . . 44 kg/mm², bei 400 ° . . 43 kg/mm²
Streckgrenze bei 20 ° . . 28 kg/mm², bei 400 ° . . 18 kg/mm².

Das Gehäuse ruht mittels Pratzen unmittelbar auf den Lagerböcken, wodurch ungleiche Temperaturausdehnung ausgeschlossen werden soll. Dem Druck von rd. 100 at ist das Gehäuse nur in dem Ringkanal vor dem zweistufigen Gleichdruckrad ausgesetzt, während der Überdruckteil dahinter bei Vollbelastung unter 55 at arbeitet. Die Stopfbüchsen sind mehrteilig und haben gegen einen Druck von rd. 19 at abzudichten. In der Mitte derselben wird der Dampf nach einer niedrigeren Stufe der Speisewasservorwärmung abgeleitet, während der aus dem Druckausgleichkolben für den Axialdruck kommende Dampf zum größten Teil unmittelbar dem weiteren Arbeitsprozeß zugeführt wird.

Besondre Aufmerksamkeit wurde der Frage der ungleichmäßigen Erwärmung der Welle und ihrer möglichen Durchbiegung gewidmet. Aus diesem Grunde wurde nicht eine aus dem Vollen gearbeitete Trommel, sondern eine Welle mit aufgesetzten einzelnen Trommelteilen verwendet, die selbst wieder durch elastische Ringe auf der Welle festgehalten werden. Auf diese Weise ist das Mögliche getan, um zu verhindern, daß ungleiche Erwärmungen während des Stillstands zum Verziehen der Welle führen. Die Schaufeln bestehen durchweg aus Chromnickelstahl.

Eine besondere Kühlung der Lager und der Welle wurde auch in der Nähe der Hochdruckeinführung trotz der hohen Temperatur des Dampfes nicht vorgesehen; reichliche Ölzuführung hat sich als genügend erwiesen, um die Wärme abzuführen. Die vier Einlaßventile sind auf die beiden Seiten der Turbine verteilt, so daß ein symmetrischer Aufbau erzielt ist. Die Steuerung ist doppelt: zunächst wird die Drehzahl durch einen Geschwindigkeitsregler begrenzt; die eigentliche Hauptregelung wirkt mit Hilfe einer Askania-Überströmregelung auf die bekannte Öldrucksteuerung von Brown, Boveri & Cie.

### Selbsttätige Regelanlage

Jede Dampferzeugungsanlage mit Regenerativvorwärmung des Speisewassers ist wegen der mehrfachen Kupplung von Kessel- und Maschinenhaus verhältnismäßig verwickelt. Diese Verwicklung steigert sich noch

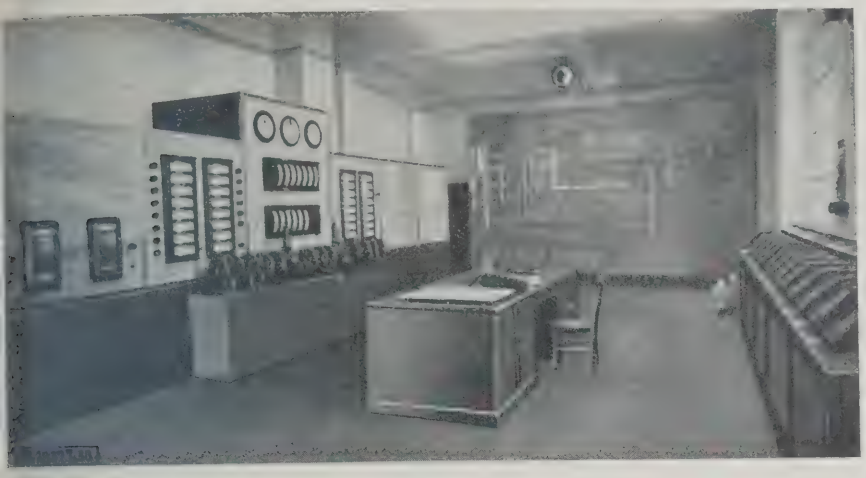


Abb. 31
Wärmewarte
des
Kraftwerkes

bei einer Vorschaltanlage durch die mehrfache Abhängigkeit verschiedener Maschineneinheiten voneinander. Es ist daher für die ganze Anlage eine selbsttätige Regeleinrichtung, die den Askaniawerken, Berlin, in Auftrag gegeben worden ist, entworfen und ausgeführt und außerdem eine genaue betriebliche und wärmewirtschaftliche Überwachungsmöglichkeit geschaffen worden. Die Hauptteile der Regelanlage sowie die betrieblichen und wärmewirtschaftlichen Meß- und Überwachungseinrichtungen sind in der sogenannten Wärmewarte, Abb. 31, zusammengefaßt. Auf die Beschreibung der Meßanlage für Dampf- und Wassermengen, Dampf- und Wassertemperaturen, Gastemperaturen, Kohlensäure usw. wird aus Raummangel verzichtet, ebenso auf die Beschreibung der weitgehend durchgebildeten Alarmanlage. Nur Regelanlage und Leuchtschaltbild sollen in großen Zügen erläutert werden.

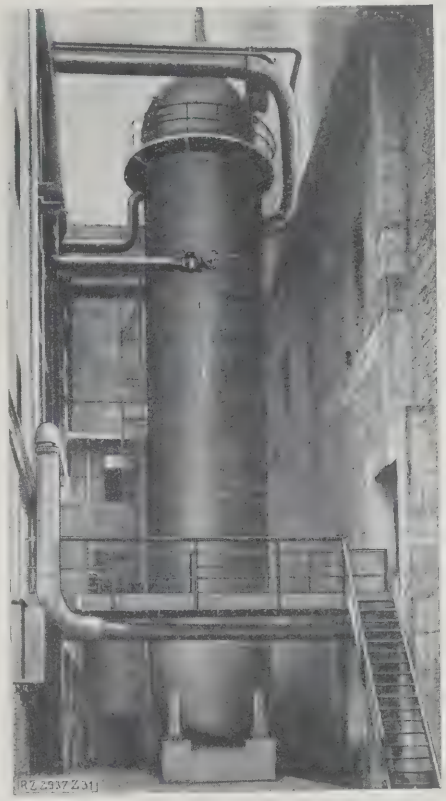
Die Regleranlage umfaßt zunächst das selbsttätige Anpassen der Energieerzeugung (Verbrennung) an die wechselnde Stromabgabe, ferner die Hilfsregelung für den Betrieb, wie die Wasserstandregelung der Kessel, Temperaturregelung der Kessel, Druckregelung des Speisewassers usw.

Der Grundgedanke der Belastungsregelung ist folgender: Die Hauptlast wird von den Mitteldruckturbinen, die übliche Geschwindigkeitsregler haben, übernommen. Es erschien daher logisch, die Regelung zunächst von diesen Reglern ausgehen zu lassen. Ändert sich die Belastung, so wird zunächst durch diese Fliehkraftregler die Menge des in die Hauptturbine eingelassenen Dampfes geändert. Hierdurch entsteht eine Neigung zur Druckänderung in der 20 at-Leitung, welche als Impuls für die Regelung der ganzen Anlage Verwendung findet; hierbei war zu beachten, daß nach Möglichkeit die wesentlich wirtschaftlichere Höchstdruckanlage die Grundbelastung beibehalten soll, während die Schwankungen zunächst von der 20 at-Anlage aufzunehmen waren.

Die Regelung arbeitet daher so, daß sie zunächst die Feuerung der Mitteldruckkessel je nach der Belastung einstellt. Genügt dies nicht, um beispielsweise die fallende Neigung des Drucks im 20 at-Netz auszugleichen, so greifen die Regler der Hochdruckkessel in der Weise ein, daß zunächst den Hochdruckkesseln mehr Brennstoff zugeführt wird, wobei sich selbsttätig auch die Luftmenge im richtigen Verhältnis erhöht. Durch die vermehrte Brennstoffzufuhr steigt der Druck in den Höchstdruckkesseln: die Vorschaltturbinen, die reine Überströmregelung haben, also ihre Dampfaufnahme so einrichten, daß der Höchstdruckkessel praktisch mit unverändertem Druck fährt, erhalten dadurch mehr Dampf, der zunächst in den Vorschaltturbinen Arbeit leistet und dann für die Niederdruckturbinen zur Verfügung steht und den Druck in der 20 at-Hauptleitung wieder entsprechend hebt.

Voraussetzung ist hierbei selbstverständlich, daß Vorschalt- und Mitteldruckturbinen auf das gleiche Netz elektrisch parallel arbeiten. In diesen Regelvorgang greift nun noch der früher beschriebene Speisewasserspeicher ein, indem er durch Umlenken des Dampfes auf

Abb. 32
Dampfspeicher.



Regenerativ-Vorwärmung oder auf Kondensation dessen Arbeitsleistung beeinflußt. Er soll die bei allen Feuerungen vorhandene Trägheit überwinden helfen; außerdem läßt er sich durch Einstellen der Regelung auch bei unveränderter Belastung auf Ladung oder Entladung umstellen. Steht er nur teilweise auf Ladung oder Ent-

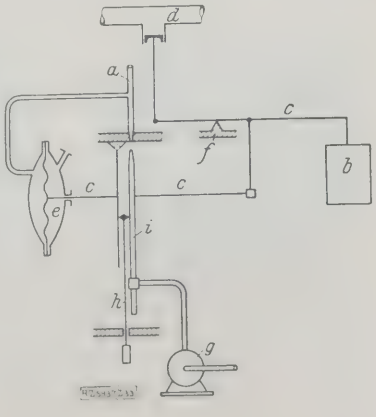



Abb. 33
Hauptregler
der Askania-Werke.

*a* Impulsleitung
*b* Gegengewicht
*c* Gestänge
*d* Hauptdampfleitung
*e* Membran
*f* Fixpunkt
*g* Gebläse
*h* Verstellschieber
*i* Strahlrohr

ladung, so kann nebenbei das eben beschriebene Eingreifen in den Regelvorgang nach wie vor stattfinden. Der Speicher, Abb. 32, ist im Freien aufgestellt und beansprucht besonders im Verhältnis zu der bedeutenden Steigerung der Kesselleistung, die er ermöglicht, sehr wenig Raum.

Alle Regelvorgänge werden durch die Askania-Strahlrohrregler beherrscht. Der Hauptregler, Abb. 33, der den Impuls von der Mitteldruckleitung erhält, arbeitet folgendermaßen: In der Hauptdampfleitung *d* ist eine Antriebstelle mit Dampfkolben angeschlossen. Der Druck des Dampfes wird durch das Gewicht *b* ausgewogen. Der Druckabfall zwischen den Kesseln und der Antriebstelle ist ein Maß für die abgegebene Dampfmenge und damit für die Belastung. Durch das angedeutete Gestänge *c* wird der etwaige Druckunterschied auf das Stahlrohr *i* übertragen. Diesem Rohr mit sehr feiner Öffnung wird von einem Gebläse *g* Luft zugeführt. In der gezeichneten Mittelstellung des Strahlrohres tritt die Luft in das gegenüberliegende Rohr *a*, von dem eine Abzweigung zur Membran *e* geht; diese wirkt wieder durch das Gestänge *c* auf das Stahlrohr zurück.

Ändert sich in irgend einer Weise das Gleichgewicht, so bewegt sich das Strahlrohr nach der einen oder andern Seite, und damit gelangt nur ein Teil der Luft in die Leitung *a*, so daß sich der Druck in dieser Leitung ändert. Jeder Änderung des Dampfdruckes entspricht daher eine solche des Luftdrucks; der Luftdruck wird durch die Leitung *a* den Einzelsteuerwerken als Kommandoimpuls zugeleitet. Dabei kann man das Gleichgewicht zwischen Luftdruck- und Dampfdruckänderung durch Verstellen des Hebels *h* in der Längsrichtung nach Belieben einstellen. Genau wie der hier beschriebene Regler zunächst die Druckänderung des Hauptdampfes in eine solche der Luft umwandelt, die sich allen Kesselreglern mitteilt, wird weiter durch einen gleichartigen Strahlrohrregler die Änderung des Luftdrucks in eine solche des Öldrucks verwandelt und mittels der Ölkolben zum Verstellen der Kohlenzufuhr ausgenutzt. Die Kohlenzufuhr regelt dann wieder die Luftzufuhr zum Kessel; außerdem wird die Luftmenge noch in Abhängigkeit vom Kohlensäuregehalt der Abgase berichtigt. Die Einzelheiten dieser Regler sind bekannt.

Erwähnung verdient schließlich noch das Leuchtschaltbild, s. Abb. 31. Alle wichtigsten Dampf- und Wasserleitungen sind auf dieser Tafel zusammengefaßt und durch Harzstreifen von verschiedener Farbe dargestellt. Diese sind durchsichtig und werden von hinten beleuchtet. Die Beleuchtung jedes Streifens wird dann eingeschaltet, wenn die betreffende Leitung unter Druck ist und zwar dadurch, daß beim Öffnen des in Betracht kommenden Schiebers ein Kontakt geschlossen wird, der die Lampen hinter dem Bild der betreffenden Leitung Strom zuführt. Diese Einrichtung liefert einen guten Überblick über den Stand der jeweiligen Schaltung der Anlage und erhöht die Sicherheit der Betriebsführung. Trotzdem die Kosten recht erheblich sind, dürfte sie sich durch Erhöhung der Betriebsicherheit bezahlt machen; die Ausführung erfolgte durch die Siemens & Halske A.-G.

Die gesamte Anlage ist noch nicht lange genug in Betrieb um Endgültiges über Betriebserfahrungen und wirtschaftliche Erfolge sagen zu können. Die Schwierigkeiten, die aufgetreten sind, waren zum großen Teil solche, die bei der Inbetriebnahme einer jeden Anlage auch für gewöhnlichen Druck, unvermeidlich sind, und ferner solche des Speisewassers. Letztere entstanden durch undichte Kondensatoren (Kesselstein), durch Sauerstoff und aus andern Gründen, an deren Aufklärung zur Zeit noch im Laboratorium gearbeitet wird.

Die Schwierigkeiten scheinen heute im wesentlichen überwunden, und es ist noch nicht entschieden, ob sie bei niedrigerem Druck in geringerem Maß aufgetreten wären. Sonst haben sich Schwierigkeiten besonderer oder grundlegender Art, die gerade auf den hohen Druck zurückzuführen wären, nicht gezeigt. Es bleibt vorbehalten, hierüber und über die wirtschaftlichen Ergebnisse später im Zusammenhang noch einmal zu berichten.

[B 2937]

## Zellenbeton als hochwertiger Isolierstoff

*Von Dipl.-Ing. W. LUFT, München*[1])

Es ist in der Isoliertechnik längst bekannt, daß Luft ein schlechter Wärmeleiter ist. Die Wirkung der luftgefüllten Räume ist hauptsächlich von der Größe der Räume, in die die Luft eingeschlossen wird, abhängig, und nur wenn der Luftkreislauf auf ein Mindestmaß beschränkt werden kann, ist die Isolierfähigkeit am günstigsten. Es ist weiterhin festgestellt, daß gewisse Beziehungen zwischen der Leitungsfähigkeit der Luft und der Größe der Luftzellen oder Hohlräume bestehen. So beträgt bei 0 ° die Wärmeleitzahl der ruhenden Luft für einen kleinsten Hohlraum im Grenzwert von 0 mm Dmr. 0,0203, für einen Hohlraum von 5 mm Dmr. 0,0378. Bei Lufträumen mit nur zunehmender Höhe beträgt die Wärmeleitzahl bei kleinster Höhe 0,0203, bei 150 mm Höhe 0,52. Die Wärmeleitzahl verschlechtert sich also um das 2560fache. Alle Bemühungen mußten daher darauf gerichtet sein, ruhende Luft in möglichst kleine Zellen von möglichst großer Zahl einzuschließen, die nicht miteinander verbunden sind.

Mit dem Zellenbeton[2]) hat man ein Mittel gefunden, um die Isolierfähigkeit zu erhöhen.

### Herstellung und Eigenschaften

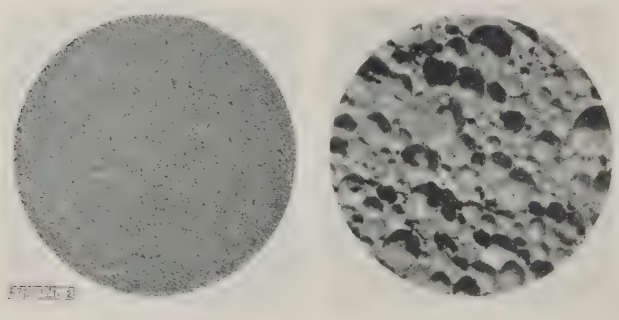
Zellenbeton wird hergestellt durch Mischen von Zement und Wasser für Isolierstoffe oder Zement, Wasser und Sand für Baustoffe mit einem besonderen Schaum.

Der Zellenbeton besteht daher in seiner ganzen Masse aus einem Gefüge von kleinsten, nicht miteinander verbundenen, über den ganzen Querschnitt jedoch gleichmäßig verteilten Luftzellen, deren Wandungen aus Zementbeton bestehen.

In einer Mischmaschine, die ortfest in der Zellenbetonfabrik oder fahrbar für Gußzellenbeton verwendet werden kann, werden Zement und Wasser oder Zement, Wasser und Sand gemischt und gleichzeitig wird in einer sogenannten Peitschmaschine aus einer bestimmten Menge Schaumflüssigkeit ein steifer, zäher, viele Stunden haltbarer Schaum hergestellt. Unter beständigem weiteren Mischen wird der Schaum der Mörtelmischung aus der Peitschmaschine mit Druckluft zugeführt und die Volumenvergrößerung des Gemisches vor dem Erhärten des Mörtels durch die eingeführten zahlreichen Schaumbläschen erreicht. Das Mischprodukt wird in Formen gegossen oder unmittelbar am Bau aus den fahrbaren Zellenbetonmaschinen auf Decken oder Dächer oder zwischen Schalungen eingebracht.

Nach Einbringen in Formen oder Schalungen während der Erhärtung ändert sich das Volumen nicht mehr. In mehr als 30 Zellenbetonfabriken wird seit vier Jahren bereits mit derartiger Sicherheit der Baustoff hergestellt, daß von den eingeschulten Angestellten das Raumgewicht, die Druckfestigkeit, die isolierenden Eigenschaften, eine gleichmäßige Querschnittsbildung und andre Haupteigenschaften des Enderzeugnisses während der Herstellung zuverlässig

[1]) Nach einem Vortrag in der Tagung des Deutschen Betonvereines vom 4. bis 6. März 1929, vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 21 S. 734.



natürliche Größe 15fach vergrößert

**Abb. 1 und 2**
Zellenbeton, Raumgewicht 300 kg/m³.

[2]) Vergl. a. *Schmucker*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 12 S. 385.

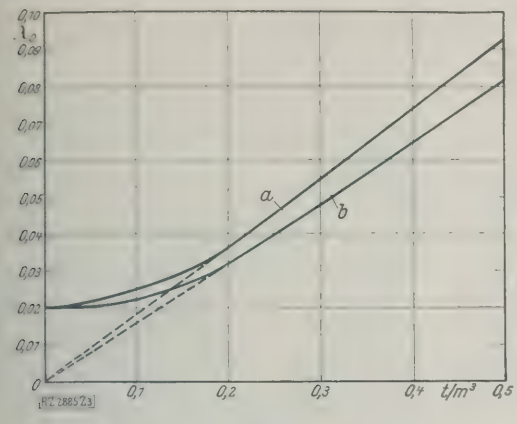



**Abb. 3**
Wärmeleitzahlen von Zellenbeton verschiedener Raumgewichte.
*a* bei Kälte *b* bei Wärmeisolierung

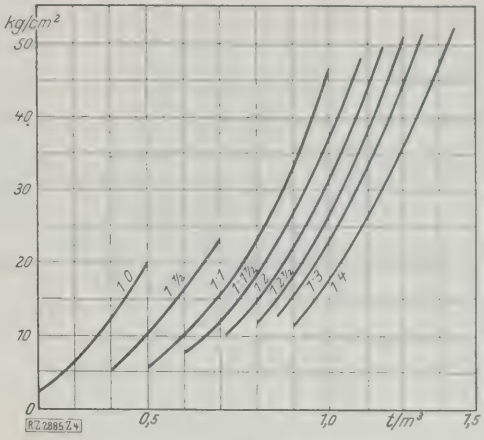



**Abb. 4**
Würfelfestigkeit des Zellenbetons.

überprüft und erreicht werden können. Die nicht miteinander verbundenen sehr kleinen, unendlich zahlreichen Luftzellen bilden infolge des geringen Wärmeleitvermögens der ruhenden Luft die Grundlage für die hohe Isolierwirkung des Zellenbetons. In Abb. 1 und 2 ist für Zellenbeton vom Raumgewicht 300 kg/m³ die Art der Zellenbildung zu erkennen. Die Wärmeleitzahlen von Zellenbeton von 280 bis 1200 kg/m³ Raumgewicht schwanken zwischen 0,049 und 0,314 gegenüber 1,2 für gewöhnlichen Beton. Abb. 3 gibt die Wärmeleitzahl $\lambda_0$ für Zellenbetonisolierung an. Linie *a* gilt bei Kälte-, Linie *b* bei Wärmeisolierung.

Die Würfelfestigkeit des Zellenbetons ist von dem spezifischen Gewicht und der Zusammensetzung (Mischungsverhältnis) abhängig. In Abb. 4 sind die Würfelfestigkeiten für verschiedene Mischungen und Gewichte auf Grundlage amtlicher Versuchsergebnisse aus luftgehärtetem Zellenbeton dargestellt. Diese Würfelfestigkeiten lassen sich bei Dampferhärtung noch erhöhen.

Zellenbeton ist auch frostbeständig. Er gewährt den gleichen Rostschutz wie Eisenbeton, da ja die gleichen Mengen Zement wie bei Eisenbeton vorhanden sind und bei den unendlich kleinen Zellen keine Rostbildung eintreten kann.

Zellenbeton dämpft den Schall gut. Er hat feuerhemmende Wirkung, wie übereinstimmend durch Laboratoriumsversuche in Dresden und Zürich nachgewiesen ist.

Versuche mit Zellenbetonbalken mit Eiseneinlagen haben gezeigt, daß armierter Zellenbeton gegenüber der unmittelbaren Wirkung des Feuers sich wesentlich widerstandsfähiger verhalten hat als Eisenbetonbalken.

Zellenbeton ist unbedeutend wasseraufnehmend. Dieser Eigenschaft ist es zuzuschreiben, daß Zellenbeton durch die mit Luft gefüllten Zellen durchaus frostbeständig ist, weil bei Eisbildung genug Platz zur Ausdehnung da ist, ohne das Material zu sprengen. Die leichteren Zellenbetonarten können monatelang in einem Wasserbecken lagern, sie schwimmen dauernd und bleiben in dem über Wasser liegenden Teil immer trocken.

Zellenbeton verhält sich während der Lufterhärtung in bezug auf Volumenbeständigkeit oder Schwund- und Rißbildungen genau wie Beton und Eisenbeton.

Durch die Dampfhärtung wird die für die Lufterhärtung nötige Austrocknungszeit der Zellenbetonsteine bedeutend vermindert, die Würfelfestigkeit erhöht und der Schwund bis zu rd. 75 vH beseitigt. Bewehrte Zellenbetonplatten hatten nach der Dampferhärtung in einem Gesamtalter von 7 Tagen die gleich günstigen Bruchbelastungsergebnisse wie drei Monate alte bewehrte Platten in Luft gehärtet.

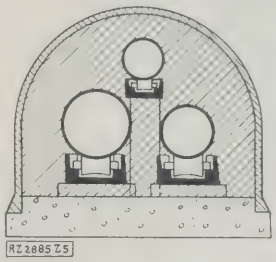
### Zellenbeton als Isolierstoff.

Der Zellenbeton hat als Isolierstoff auf den verschiedenartigsten Gebieten der Wärmeaufsparung in ortfesten oder beweglichen Dampfkesseln, Warmwasserbehältern usw. oder bei Rohren zur Fortleitung von Dampf und Heißwasser, die unter oder über der Erde liegen, bereits in umfangreicher Weise Verwendung gefunden.

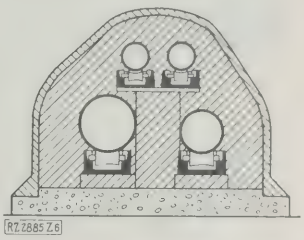
#### Ausführung von Fernheizleitungen

Das Bestreben, bei größeren Maschinenanlagen den Abdampf, z. B. für Heizzwecke, auf größere Entfernungen zu leiten, scheiterte bisher vielfach an den großen Ausführungsschwierigkeiten und Kosten solcher Anlagen.

Bei den bisherigen Ausführungen von Heizanlagen mußte man die Isolierung der einzelnen Rohrstränge, um




1. Ausführung




2. Ausführung

**Abb. 5 und 6**
Rohrleitungsquerschnitte der Fernheizanlage Kopenhagen.

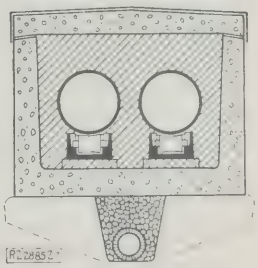



**Abb. 7**
Rohrleitungsquerschnitt der Fernheizanlage Aarhus.

Störungen jederzeit abhelfen zu können, leicht zugänglich machen. Dies erforderte besonders bei größeren Heizanlagen größere Kanalquerschnitte. Diese größeren Querschnitte sind außerordentlich schwierig in Straßenzügen unterzubringen, weil schon hier Leitungen für Wasserversorgung, Entwässerung, Gasröhren, Licht- und Telephonkabel untergebracht sind. Die Ausführung in Zellenbeton ermöglichte, kleinere Querschnitte anzuwenden, und brachte das für solche Zwecke besser geeignete Isoliermaterial. Von Ende 1926 bis Ende 1928 wurden 6300 m Fernheizleitungen mit 2 bis 4 Rohrleitungen in Kopenhagen, Aarhus und Esbjerg ausgeführt.

Zwei Ausführungen in Kopenhagen hatten die Querschnitte nach Abb. 5 und 6. Der Zellenbeton wurde unmittelbar an der Baustelle hergestellt und um die Rohrleitung gegossen. Bei einer dritten Ausführung in Aarhus, Abb. 7, wurde eine Heißwasser-Heizanlage von 1300 m Länge in Verbindung mit 15 neuen großen und kleinen Baublöcken in der Zeit von Anfang August bis 15. Oktober 1928 ausgeführt und ab Oktober 1928 in Betrieb genommen. Im Heizwerk beträgt die Heißwassertemperatur 120 °, nach vollständigem Umlauf noch 60 bis 70 °. Die Abweichungen vom Querschnitt gegenüber den in Kopenhagen ausgeführten Anlagen sind teils durch die hierbei gemachten Erfahrungen, teils durch örtliche Verhältnisse bedingt. Eine vierte Anlage in Dänemark, der Anlage in Aarhus ähnlich, mit einer Länge von 1200 m kam in Esbjerg zur Ausführung. Sie wurde Ende 1926 begonnen und Anfang 1927 in Betrieb genommen.

Bei der Fernheizleitung Berlin–Steglitz wurden als Isolierstoffe Kork oder Zellenbeton verwendet. Die Arbeiten mit dem Zellenbeton wurden im September und Oktober 1927 von der inzwischen aufgelösten Firma F. Willich bzw. deren Teilhaber, Obering. *Brandt*, Berlin, ausgeführt. Insgesamt hat man mit Zellenbeton rd. 4000 m

**Abb. 8** Fernheizleitung Karlsruhe.

**Abb. 9** Dachisolierung des Gremialkrankenhauses Prag.

Rohrleitung von 127 bis 363 mm Außendurchmesser isoliert. Der Zellenbeton wurde in Schalen und Segmenten von 40 mm Dicke von den Hamburger und Leipziger Zellenbetonwerken gemeinsam geliefert und durch die Isolierfirma befestigt. Die Schalen wurden mit hochwertiger Patent-Wärmeschutzmasse aufgeschliffen und verfugt, mit verzinktem Bleidraht gebunden und mit Ton abgezogen. Die fertige Isolierung wurde mit Juteleinen bewickelt. Ähnlich wie in Berlin wurden in Breslau zwei Probestrecken von je rd. 150 m Länge ausgeführt.

Für die Heilanstalt Lengerich, Dortmund, wurden im Jahr 1927 umfangreiche, an die Seitenwände von Kanalschächten verlegte Heizröhren mit Zellenbetonschalen isoliert, ebenso Apparate der Maschinen- und Heizungsanlage. Die Anlage wurde für den Landeshauptmann der Provinz Westfalen durch die Firma Willich & Co., Dortmund, gebaut. Der Zellenbeton wurde durch die Zellenbetonfabrik Dortmund geliefert. Die günstigen Betriebsergebnisse hinsichtlich des Kohlenverbrauchs in den Heilanstalten sind zum Teil zurückzuführen auf die Verminderung der Wärmeverluste durch die wirksame Isolierung aller Apparate und Leitungen.

Die Heizleitungen der Fernheizung Karlsruhe, die in besonderen Kanälen verlegt sind, wurden mit Zellenbetonschalen aus der Zellenbetonfabrik Offenbach isoliert, Abb. 8. Messungen und Nachmessungen durch die Technische Hochschule Darmstadt und im Auftrag des Finanzministeriums ergaben, daß die gewährleisteten Wirkungsgrade eingehalten wurden.

### Kälteisolierung

Da Zellenbeton vom Frost nicht angegriffen, auch nicht wasseraufnehmend und durch das Fehlen organischer Bestandteile von unbeschränkter Lebensdauer ist, ist er auch ein guter Isolierstoff für Kühlräume. Die Güter, die zu lagern sind, sind immer organischen Ursprungs und es ist deshalb sehr erwünscht, ein mineralisches Isoliermaterial zu besitzen, welches nicht rosten kann und auch feuerfest ist. In Kühlräumen ist es deshalb besonders wichtig, nur die beste Isolierung zu verwenden, da die Erzeugung von Kälte oft mehrmals teurer ist als die Erzeugung von Wärme.

Eine der größten neuerdings ausgeführten Kühlanlagen ist das Kühlhaus Wellington. Für den Bau des neuen Kühllagerhauses in Wellington für Butter und Käse war ursprünglich Korkisolierung mit Umfassungswänden aus Ziegelsteinen vorgesehen. Vergleichende Versuche mit Zellenbeton für Isolierzwecke veranlaßten jedoch die Gesellschaft, diesen Baustoff für die Ausführung zu wählen. Für die Lagerung der Butter ist eine Temperatur von — 9 bis 12 ° nötig, während der Käse bei ± 0 ° aufbewahrt werden muß.

Das Kühlhaus hat rd. 1100 m² Grundfläche, 7 Stockwerke und ein flaches Dach. Die eigentliche Tragkonstruktion ist als Eisenbetonskelettbau mit Pilzdecken ausgeführt, während alle sonstigen Außen- und Zwischenwände aus Zellenbeton hergestellt wurden. Die Außenwände wurden mit Zellenbeton-Bausteinen mit 900 kg/m³ Raumgewicht, 1 : 2, von 18 cm Dicke ausgeführt und erhielten innen eine Verkleidung von 20 cm Isolierzellenbeton, Raumgew. 290, 1 : 0. Die Zwischenwände und die Isolierung der Fundamentplatte und des Daches wurden 25 cm stark aus Zellenbeton, Raumgew. 290, 1 : 0, ausgeführt. Für die Isolierung der Zwischendecken wurden Zellenbetonplatten, 18 cm stark, Raumgew. 300, 1 : 0, verwendet. Insgesamt wurden für das Kühlhaus 3100 m³ Zellenbeton verwendet.

### Schwitzwasserisolierungen.

Sehr wichtig ist es, Arbeitsräume in Spinnereigebäuden, Webereien usw., die mit einer höheren Innentemperatur arbeiten müssen, gegen das Abtropfen von Schwitzwasser von Dach- oder Außenwänden zu sichern. Auch Wohnräume, die unmittelbar unter flachen Dächern liegen, müssen gegen den Einfluß der Außenkälte und Schwitzwasserbildung isoliert werden.

Beim Amtshaus der Stadt Wien wurde Zellenbeton, Raumgewicht 300, als Gußzellenbeton unmittelbar an der Baustelle hergestellt, durch Aufzüge hochgeführt und auf die Dachplatten gegossen. Unmittelbar auf den Zellenbeton wurde ein dünner Estrich aufgebracht und hierauf doppelte Dachpappe gelegt.

Beim Gremialkrankenhaus Prag, Abb. 9, wurden an die Baustelle ausgehärtete Zellenbetonblöcke 40 × 50 × 75 cm, Raumgew. 350, aus der Zellenbetonfabrik Prag befördert, unmittelbar an der Baustelle in den erforderlichen Plattendicken mit Waldsägen geschnitten und die Platten auf die schrägen Dachflächen in Zementkalkmörtel verlegt. Die Fugen wurden verstrichen, und auf diese Zellenbetonplatten wurde der übliche Dachbelag aufgebracht.

[M 2885]

# RUNDSCHAU

## Hochbau

### Die Sängerbundes-Festhalle in Wien 1928[1])

*Erfahrungen bei der Aufstellung und beim Abbau*

**Abb. 1**
Äußere Ansicht.

#### Modellversuche und Baustoff-Prüfungen

Die Versuche an Modellen natürlicher Größe, die aus dem für die Verwendung bestimmten Holz angefertigt waren, in der Versuchsanstalt der Wiener Techn. Hochschule (Prof. Dr. *Rinagl*) unter Zuhilfenahme der von Prof. *Tetmajer* eingerichteten 1000 t-Presse, haben eine durchschnittliche Würfeldruckfestigkeit von 234 kg/cm² in der Richtung der Fasern bei rd. 22 bis 24 vH Feuchtigkeitsgehalt ergeben. Das Holz war also wohl nicht ausgesprochen feucht, aber auch nicht vollkommen lufttrocken. Das Holz gewinnt bekanntlich mit fortschreitender Austrocknung rasch an Festigkeit. Druckversuche in der Faserrichtung an Konstruktionsholz, das früher eingebaut und jetzt ausgetrocknet war, haben eine Festigkeit des Holzes bis zu 424 kg/cm², i. M. 314 kg/cm² ergeben, demnach war eine Erhöhung der Druckfestigkeit von nicht vollkommen lufttrockenem (Feuchtigkeitsgehalt 22 bis 24 vH) zu lufttrockenem Holz (Feuchtigkeitsgehalt rd. 16 vH) von durchschnittlich 36,5 bis 84,5 vH feststellbar. Zur Verwendung bestimmtes, noch nicht vollkommen lufttrockenes Holz hat eine Biegedruckfestigkeit von 380 kg/cm² ergeben.

Erprobt wurde außerdem der Flacheisendübel, Bauart *Schüller*. Die vergleichenden Versuche in der Versuchsanstalt der Wiener Technischen Hochschule mit diesen Dübeln haben sehr gute Ergebnisse gehabt. Der Schüller-Dübel hat den großen Vorteil, daß er infolge seiner Ansätze auch, nachdem das Bauwerk fertiggestellt ist, also im eingebauten Zustande sichtbar ist und deshalb die beste Überwachung des Einbaues gestattet.

Auf Grund der bei den Versuchen gewonnenen Erfahrungen wurden die Ansätze der *Schüllerschen* Ringdübel (Ohren) auf einer Seite genietet. Besonderer Wert kam nach den Versuchen den Unterlagscheiben bei den Bolzen zu. Deshalb wurden diese Unterlagscheiben gegenüber den bisher üblichen Abmessungen wesentlich verstärkt und ihr Durchmesser vergrößert.

[1]) Vergl. VDI-Nachrichten Bd. 8 (1928) Nr. 28.

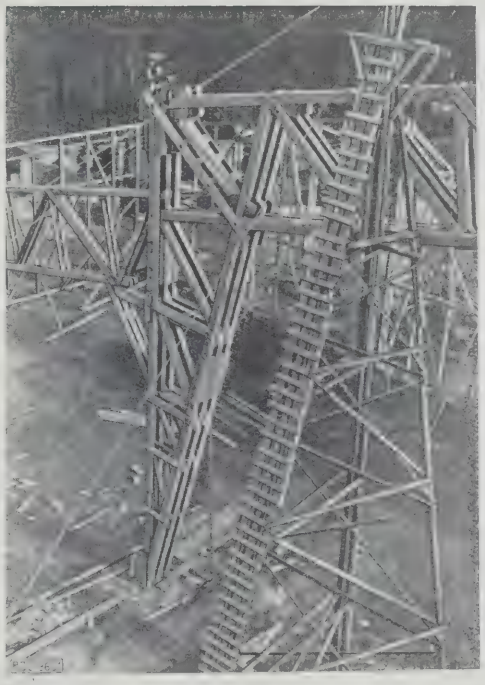


**Abb. 2**
Mittelbinder und Auflagerung des Seitenbinders.

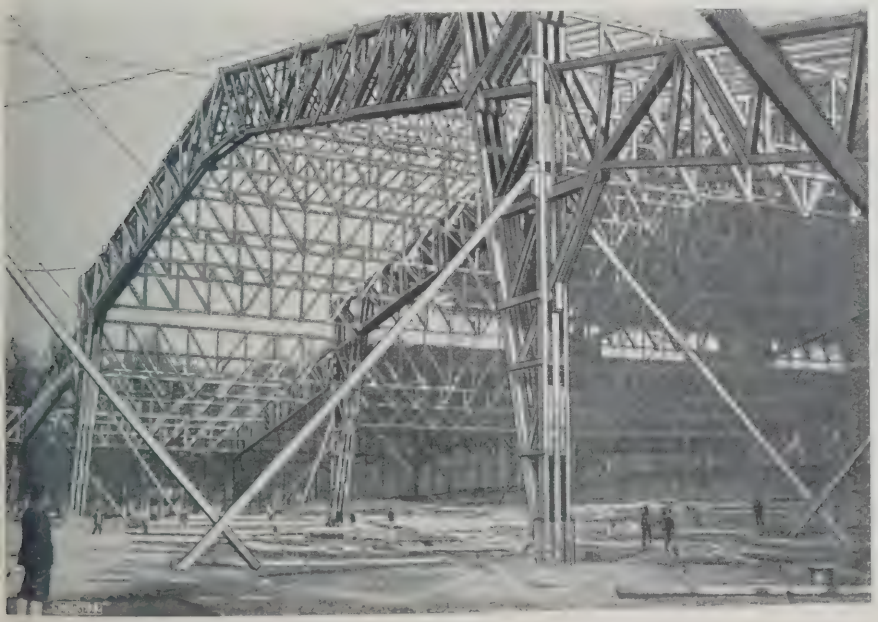


**Abb. 3**
Blick in die Halle.
Mittelhallenbinder und Auflagerung des Seitenhallenbinders.

#### Ausführung

Die Halle, Abb. 1 (Architekt *Z. V. Rupprecht*), wurde innerhalb acht Wochen fertig abgebunden. Der erste Binder wurde am 17. März 1928, der letzte (achte) Binder am 5. Mai 1928 aufgestellt. Die Ankerblöcke der Windständer und die Gründungen der Mittelbinder wurden im Februar und März 1928 betoniert. Die Halle war trotz der außergewöhnlichen Ausmaße und trotz ungünstigen Bauwetters am 16. Juni vollständig fertiggestellt und benutzbar. Die gesamte Baudauer (Holzbeschaffung, Abbinden und Aufstellen) betrug fünf Monate. Der Aufbau wurde ohne jeden Unfall durchgeführt. Einzelheiten vom Bau der Halle zeigen Abb. 2 und 3.

Von Veränderungen am Tragwerk ist die Einsenkung in der

Hallenmitte bemerkenswert. Sie betrug insgesamt 29 cm, wovon 3 cm auf Schwindung zu rechnen sind, so daß an eigentlicher Senkung 26 cm blieben. Das sind ungefähr 4 vH der Spannweite.

Die Halle wies eine ausgezeichnete Akustik auf, die auf das Holz an und für sich, nicht zuletzt aber auf die günstige Grundriß- und Raumform, die Ebenheit der Dachflächen, die Gitterpfetten und die Verschwerterung in der Dachkonstruktion zurückzuführen ist.

An Holz wurden rd. 240 Eisenbahnwagen für die Halle mit Bühnen, Bänken und Rampen, Einbauten und Verschalungen und den unmittelbar vor der Vorfront errichteten Verkaufshäuschen verbraucht.

Der Verbrauch an Holz für die gesamte Konstruktion mit Dachschalung, jedoch ohne die Verschalung der Riegelwände, betrug 0,0876 m³ für 1 m² Grundriß. Der Verbrauch an Holz für die reine Konstruktion (Binder samt Füßen, Pfetten, Sparren, Riegelwänden, Windständern), ohne Wand- und Dachverschalung, betrug 0,0674 m³ für 1 m² Grundriß.

Die Sängerbundes-Festhalle war ein in Wien rasch volkstümlich gewordener Holzgroßbau von mehr als 345 000 m³ umbautem Raum und hat sich während und nach dem Sängerfest in jeder Weise bewährt.

Mit der Abtragung der Halle wurde am 10. September 1928 begonnen. Die Abtragung war Ende November 1928 beendet. Wie hierbei festgestellt wurde, zeigten sich in der Konstruktion keinerlei Zeichen einer übermäßigen Inanspruchnahme der Hölzer oder der Knotenverbindungen, obwohl die Halle schwere Stürme und mehrere Frontgewitter mit Stürmen (im Juni und Juli 1928) zu bestehen hatte.

Wien [M 2736] Dr.-Ing. *Erhart*

## *Kältetechnik*

### Kältetechnische Forschung

In der Zeit vom 6. bis 8. Juni fand in Dresden unter dem Vorsitz von *H. Lorenz*, Danzig, die diesjährige Hauptversammlung des Deutschen Kältevereines statt, bei der zahlreiche Vorträge aus den verschiedensten Gebieten der Erzeugung und Verwendung tiefer Temperaturen gehalten wurden.

Über Messungen zur Schmelzkurve des Heliums berichtete im Rahmen der Arbeitsabteilung I (Obmann: *F. Henning*, Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Charlottenburg) *F. Simon*, Berlin. Die Versuche wurden zwischen 12 ° und 42 °K vorgenommen, wobei der Gleichgewichtsdruck von 827 at auf etwa 6000 at erhöht werden mußte. Weitere Versuche bis 20 000 at sind im Gange. Das Arbeiten bei so hohen Drücken setzt ein ungewöhnliches experimentelles Geschick voraus. Die Temperatur von 42 ° entspricht bereits der achtfachen kritischen Temperatur ($T_k = 5{,}2$ °). Es scheint danach, als ob es einen kritischen Punkt kristallin-fluid nicht gäbe. Zur Verfestigung des Heliums bei Zimmertemperatur würde man einen Druck von etwa 100 000 at benötigen (extrapoliert). Das Feld des flüssigen Zustandes ist danach im Vergleich zum Feld des festen Zustandes außerordentlich klein. Diese Erkenntnis ist auch geophysikalisch von großer Bedeutung, da es sehr wahrscheinlich ist, daß Eisen selbst bei 5000 ° und genügend hohem Druck fest sein kann. Für die Schmelzwärme des Heliums fand *Simon* bei 16 bis 18 °K etwa 4 cal/cm³, also einen relativ sehr hohen Wert.

Den Einfluß niederer Temperaturen auf die Lebensvorgänge bei Tieren und Pflanzen erörterte *Janisch*, Berlin. Die von ihm behandelten Fragen sind für die Schädlingsbekämpfung bei der Konservierung von Lebensmitteln von großer Bedeutung; bisher liegen jedoch erst wenige systematische Untersuchungen vor. Das Ziel der exakten biologischen Forschung ist die Vorhersage der Lebensdauer der einzelnen Entwicklungsstufen (Ei, Raupe, Puppe, Vollinsekt) bei verschiedenen Temperaturen.

Über gemeinsam mit *R. Plank* durchgeführte Messungen der Zähigkeit von Salzlösungen bei verschiedenen Temperaturen und Konzentrationen berichtete *H. Stakelbeck*, Karlsruhe[1]). Die Kenntnis der Zähigkeit ist für Berechnungen des Wärmeübergangs und des Druckabfalls in Rohrleitungen von Wichtigkeit. Die Zähigkeit wurde bisher für Lösungen von Chlornatrium, Chlorkalzium und Chlormagnesium im Temperaturbereich von — 25 ° bis + 20 °C und bis nahe an die Sättigung nach dem *Lawaczeckschen* Fallverfahren untersucht. Gerade im kältetechnisch wichtigen Gebiet unterhalb 0 ° lagen bisher noch keinerlei Messungen vor. Die Zähigkeit nimmt mit sinkender Temperatur und wachsender Konzentration stark zu; die Zunahme ist bei Chlormagnesiumlösungen am stärksten, bei Chlornatriumlösungen am schwächsten.

*F. Bošnjakovič*, Dresden, erläuterte die im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule Dresden geschaffene Versuchseinrichtung zur vollständigen Bestimmung der thermischen Eigenschaften von Ammoniak-Wassergemischen. Die bisher an verschiedenen Stellen durchgeführten Untersuchungen decken nur das Gebiet von 1 bis 10 at; sowohl höhere wie auch niedrigere Drücke sind aber praktisch von Bedeutung. In Dresden sollen die Flüssigkeits- und Dampfkonzentrationen des Gemischs im ganzen technisch wichtigen Bereich, ferner die Dampfvolumina, die Wärmeinhalte und die Lösungswärmen bei verschiedenen Temperaturen neu bestimmt werden.

In der Arbeitsabteilung II (Obmann: *O. Hippenmeyer*, Wiesbaden) berichtete *H. Lorenz*, Danzig, über seine bekannten[2]) Untersuchungen über Widerstände in Rohrerweiterungen und Krümmern, durch die der schlechte Wirkungsgrad der Umsetzung von kinetischer Energie in Druckenergie, z. B. bei der Strömung durch einen Diffusor, eine zwanglose Erklärung findet. Der Druckverlust im Rohrkrümmer wird durch einen Doppelwirbel erklärt, der durch die Zentrifugalkraft hervorgerufen wird.

Über periodische Absorptionsmaschinen sprach *K. Linge*, Karlsruhe, und verglich das Verhalten der „nassen“ und „trockenen“ Maschinen bei verschiedenen Verdampfungs- und Kondensationstemperaturen miteinander. Aus dem grundsätzlich verschiedenen Verlauf der Dampfdruckkurven beider Systeme läßt sich der Nachweis erbringen, daß die trockenen Maschinen in ihrer Kälteleistung von den äußeren Betriebsbedingungen viel weniger abhängig sind als die nassen Maschinen, und daß sie sich daher für die Aufstellung in den Tropen und bei mangelndem Kühlwasser besonders eignen.

Schließlich berichtete *J. van der Ploeg*, Apeldoorn, über Versuche, die er im Kältetechnischen Institut in Karlsruhe durchgeführt hat und die den Wärmeübergang an Berieselungskühlern betreffen. Die Versuche führten zur Bestimmung der Wärmeübergangszahl zwischen der Kühlerwand und der herabrieselnden Kühlflüssigkeit in Abhängigkeit von der Rieselmenge, der Kühlerhöhe und den physikalischen Eigenschaften der Kühlflüssigkeit.

Die Abkühlung von Fleisch behandelte *W. Tamm*, Karlsruhe, in der Arbeitsabteilung III (Obmann Dr. *Bützler*, Köln). Die allgemein angenommenen Temperaturen, relativen Feuchtigkeiten und Luftbewegungen in den Vor- und Hauptkühlräumen der städtischen Schlachthöfe entsprechen hinsichtlich der Durchkühlungsgeschwindigkeit und des Gewichtsverlustes nicht den günstigstmöglichen Verhältnissen. Von *Tamm* angestellte Versuche, die durch sorgfältige Berechnungen gestützt werden, lassen erkennen, daß die Erhöhung der Luftgeschwindigkeit, die zur Durchkühlung erforderliche Zeit wie auch der Gewichtsverlust im Vorkühlraum wesentlich herabgesetzt werden können. Bei der nachfolgenden Lagerung des vollständig durchgekühlten Fleisches im Hauptkühlraum dürfte die relative Feuchtigkeit ohne Gefahr über das bisher übliche Maß erhöht werden; hierdurch können weitere Gewichtsersparnisse erzielt werden. *Bützler*, Köln, schilderte dann an der Hand ausgezeichneter Lichtbilder die Einrichtungen neuzeitlicher Kühlräume für Großschlächtereien und Fleischverkaufshallen.

In der eigentlichen Hauptversammlung gab *R. Mollier*, Dresden, einen Überblick über die bisherige Entwicklung der Kältetechnik. In warmen Worten gedachte er der hervorragenden Verdienste *C. von Lindes* und der führenden Rolle der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, die in diesen Tagen auf eine fünfzigjährige, an Erfolgen reiche Tätigkeit zurückblicken kann. *H. Heiß*, Straubing, betonte dann in seinem Vortrag über Bau, Einrichtungen und Betrieb öffentlicher Schlachthöfe, daß die deutschen Schlachthöfe in der ganzen Welt als vorbildlich gelten, daß es aber notwendig sei, durch vertiefte Forschung und durch Zusammenschluß aller Kräfte diesen Ruf auch für die Zukunft zu erhalten. Er befürwortete daher die Gründung eines Forschungsausschusses für das Schlachthofwesen. Der anwesende Vertreter des Deutschen Städtetages, Dr. *Hinz* und der Vorsitzende des Reichsverbandes der Deutschen Gemeindetierärzte, Dr. *Hafemann*, unterstützten diesen Antrag der hoffentlich bald in die Wirklichkeit umgesetzt werden wird.

Die Tagung zeigte wieder, wie außerordentlich vielseitig die von der Kältetechnik zu lösenden Aufgaben sind; sie wird bei allen Teilnehmern in bester Erinnerung bleiben. [N 3273] *R. Plank, Karlsruhe*

[1]) Z. f. gesamte Kälteindustrie Bd. 36 (1929) S. 105.

[2]) Stodola-Festschrift S. 381. Verlag O. Füssli, Zürich 1929. Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1165.

Abb. 5
Das Kielboot
„Miss Alacrity".

Abb. 4
Das Zweistufengleitboot „Miss England".

## *Schiffbau*

### Die englischen Schnellboote „Miss England" und „Miss Alacrity"

Am 1. und 2. Juni fanden auf dem Templiner See bei Potsdam Motorboot-Wettfahrten statt, an denen der bekannte Rennfahrer Sir *Henry Segrave* mit den beiden englischen Rennbooten „Miss England", Abb. 4, „Miss Alacrity", Abb. 5, teilnahm; diese waren allen andern Booten an Motorleistung und Geschwindigkeit weit überlegen. „Miss England", Abb. 4, ist ein Gleitboot mit zwei Hauptstufen, von denen die vordere zur Erleichterung des Wasserabreißens in vier ganz niedrige Unterstufen geteilt ist. „Miss England" hat 7,92 m Länge und 2,285 m Breite; sie ist mit einem 12 Zylinder-Napier-Motor (Modell Schneider-Rennen) von 950 PS Leistung bei 3500 U/min ausgerüstet, Abb. 6, der über ein im Vorschiff liegendes Getriebe die Schraube mit der außerordentlich hohen Drehzahl von 6500 U/min antreibt. Die Konstruktionsgeschwindigkeit des Bootes beträgt rd. 140 km/h oder 76 Kn, das ist die doppelte der heutigen Torpedoboote, und reicht nahe an die des amerikanischen Schnellbootes „Miss America" heran, mit dem *Gad Wood* die heutige Höchstgeschwindigkeit eines Schiffes von 149 km/h = rd. 80 Kn erreicht hat.

Am 1. Juni hatte „Miss England" auf einer Runde 116 km/h Geschwindigkeit, ohne daß die Höchstleistung des Motors ausgenutzt wurde. Ein für den 2. Juni angekündigter Angriff auf den Weltrekord wurde wegen Versagens der Motorkupplung abgesagt. Die Höchstgeschwindigkeit des amerikanischen Bootes wurde bei einem Rennen zusammen mit „Miss England" auf gerader Bahn erreicht.

„Miss Alacrity", Abb. 5, ist ein in „Wellenbinder"-Spantform (V-Form) ausgeführtes Kielboot von 8,07 m Länge und 2,055 m Breite. Zwei ganz schmale Stufen zum Wasserabreißen und vielleicht auch zur Luftzufuhr erkennt man bei diesem Boot auf jeder Außenhautseite. Das Boot wird von einem 12 Zylinder-Liberty-Motor angetrieben, der bei 2000 U/min 500 PS leistet und den Propeller mit 3500 U/min antreibt.

Der Motor ist bei „Miss Alacrity" vor dem Führer, bei „Miss England" ganz hinten und damit hinter dem Führersitz angeordnet; diese Maßnahme ergibt eine sehr starke Belastung der hinteren Stufe; diese ist wesentlich länger als die vordere, die mehr zur Führung dient und hierzu auch ein Vorderruder erhalten hat. Der Pfosten des Heckruders dient gleichzeitig zur Lagerung der langen Schraubenwelle, wobei die Lagerverdickung stromlinienförmig bis ins Ruderblatt weitergeführt ist; nur ein schmaler Spalt zwischen Lager und Ruderblatt bleibt für die Ruderbewegung frei. Die Länge der vorderen Stufe kann durch ein auswechselbares Stück geändert werden, ohne daß hierzu der Bootskörper umgearbeitet zu werden braucht. Beide Stufen enden pfeilförmig in stumpfem Winkel mit der Spitze nach hinten. Durch diese vom gewöhnlichen Spiegelheck, wie es auch „Miss Alacrity" zeigt, abweichende Heckform soll man 10 vH Motorleistung gespart haben.

Die Form des Oberschiffes ist bei beiden Booten mit Rücksicht auf einen möglichst geringen Luftwiderstand so gewählt worden, daß die Decksflächen der Boote während der Fahrt möglichst parallel zur Wasseroberfläche liegen.

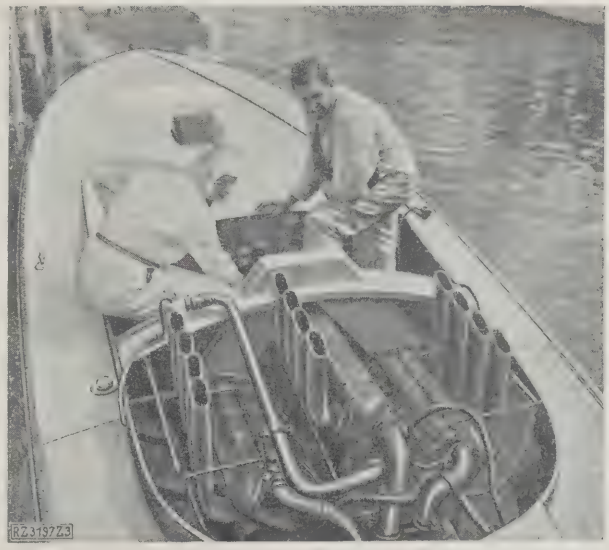


Abb. 6
Der 12 Zylinder-Napier-Motor von „Miss England"
950 PS bei 3500 U/min.

Für die Beplankung ist bei „Miss England" Sperrholz gewählt worden. Der 11,5 mm dicke Boden besteht aus fünf Schichten, die 9,5 mm dicken Seiten aus drei Schichten und das 2,85 mm dicke Deck aus drei Schichten. Zahlreiche Spanten sorgen für eine ausreichende Versteifung. Solch eine Bauart ist natürlich teuer, so daß der Gesamtpreis von 280 000 *RM*, wovon 80 000 *RM* auf den Motor entfallen, einigermaßen verständlich wird. Es galt eben, größtmögliche Leichtigkeit des Bootskörpers mit größtmöglicher Festigkeit in Anbetracht der hohen Fahrgeschwindigkeit und den bei Gleitbooten, besonders bei bewegter Wasseroberfläche, unvermeidlichen Stößen zu verbinden.

In diesem Falle werden dem Erbauer die mit Flugzeugen gewonnenen Erfahrungen nützlich gewesen sein. Übrigens führte „Miss England" auf dem Templiner See dauernd Längsschwingungen aus, indem die kurze Vorderstufe aus dem Wasser herausglitt und sodann merklich zurückfiel.

Eine für die Wahl der Schraubendrehzahl und -größe entscheidende Frage tritt nun bei solch einem leichten Boote

auf: hohe Motorleistung bei nicht übermäßig hoher Schraubendrehzahl ergibt einen großen Propeller und hohes Drehmoment, das sich auf den Bootskörper überträgt und eine besonders bei Gleitbooten recht unerwünschte Krängung zur Folge hat. Bei gegebener Motorleistung ist das Drehmoment umgekehrt verhältnisgleich der Wellendrehzahl, will man es also klein halten, so muß man mit der Drehzahl hochgehen. Man ist hier bis zu dem überaus hohen Wert von 6500 U/min gegangen, was eine sorgsame Wahl der Schraubenabmessungen und Flügelform erfordert. Für „Miss England" wurde eine zweiflügelige Schraube aus Magnesiumbronze — Stahl soll sich nicht bewährt haben — gewählt, die ungefähr 400 mm Dmr. und 35 vH Flächenverhältnis hat $\left(\frac{\text{Abgewickelte Flügelfläche}}{\text{Schraubenkreisfläche}}\right)$. „Miss Alacrity" hat eine dreiflügelige Schraube erhalten. Die Flügelflächen sind in beiden Fällen symmetrisch und ihre Kanten messerscharf ausgebildet. Ihre Erzeugende scheint senkrecht zur Achse zu stehen. Diese Schraubenform eignet sich auch nach meinen Erfahrungen für schnellaufende Propeller, bei denen mit Kavitation zu rechnen ist, am besten. Schrauben mit tragflügelförmigem Querschnitt sind in solchen Fällen nicht am Platze.

Um zu überschlagen, ob die Schraube bei Kavitation arbeitet und wie weit die mittlere Dichte dabei abfällt, müßte man die Schraubensteigung kennen. Nimmt man hierzu an, daß Nachstrom bei einem Gleitboot praktisch nicht vorhanden ist, und daß die Schraube ähnlich arbeitet wie die von *Schaffran* untersuchten Modellpropeller[1]) und dabei der bestmöglichen nach *Schaffran* entspricht, so erhält man für

$$\frac{V_s}{n\,D} = \frac{140\,000}{3600 \cdot \frac{6500}{60} \cdot 0{,}4} = 0{,}9^{2})$$

$$\frac{H}{D} = \text{rd. } 1{,}14, \text{ also } H = 455\text{ mm},$$

wobei der zugehörige Wert $\frac{WPS}{\varrho\, D^5\, n^3} = 2{,}1$ sein müßte, wenn keine Kavitation auftritt. Für „Miss England" ist aber

$$\frac{WPS}{\varrho\, D^5\, n^3} = \frac{950}{0{,}102 \cdot 0{,}4^5 \cdot \left(\frac{6500}{60}\right)^3} = 0{,}712.$$

Beträgt also das Steigungsverhältnis der Schraube $\frac{H}{D} = 1{,}14$, so beträgt die mittlere Dichte

$$\frac{\gamma}{g} = 0{,}102 \cdot \frac{0{,}712}{2{,}1} = 0{,}0346,$$

also 34 vH des Wertes ohne Kavitation. Dieser Wert ist im Vergleich mit neueren Ergebnissen schwedischer und italienischer Torpedoboote in Anbetracht der hohen Drehzahl hoch; das könnte bedeuten, daß die Kavitation hinter gewöhnlichen Schiffskörpern stärker auftritt als hinter Gleitbooten. Hiernach wären nicht nur die Strömungsverhältnisse unmittelbar an den Schraubenflügeln für die Ausbildung der Kavitation entscheidend, sondern auch die ganze Hinterschiffsform, und der Bau von Gleitbooten für den Kampf um den Weltrekord wäre gleichzeitig eine höchst beachtenswerte Pionierarbeit auf dem Gebiet der Propellerforschung, deren Nutzen schließlich auch der Ausbildung der Hinterschiffsform schneller Schiffe zugute kommen könnte. [M 3197]

Berlin-Friedenau Dr. *W. Schmidt*

[1]) Vergl. *Schmidt*, Zusammenfassende Darstellung von Schraubenversuchen, VDI-Verlag, Berlin.

[2]) In den Formeln bedeuten:
$V_s$ = Schiffsgeschwindigkeit in mm/s,
$n$ = Schraubendrehzahl in U/min,
$D$ = Schraubendurchmesser in mm,
$H$ = Schraubensteigung in mm,
$WPS$ = an der Welle aufgewendete Leistung in PS,
$\gamma$ = spezifisches Gewicht des Wassers,
$g$ = Erdbeschleunigung,
$\varrho$ = Dichte = $\frac{\gamma}{g}$.

## *Werkstoffprüfung*

### Der augenblickliche Stand der Drehschwingungsmaschinen in Deutschland

In einer Beschreibung der auf der Werkstoffschau 1927 ausgestellten Dauerprüfmaschinen erwähnen *Deutsch* und *Fiek*[1]) die von den Firmen Losenhausen, Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg und Lehmann & Michels (*Föppl-Busemann*) ausgestellten Drehschwingungsmaschinen zur Bestimmung der Drehschwingungsfestigkeit von Werkstoffen. Gegen die zuletzt genannte Maschine erheben sie folgende Kritik:

„Einzuwenden ist gegen die Versuchsausführung, daß beim ersten Abschnitt derselbe Stab immer wieder verwendet wird, so daß er zum Schluß nicht mehr dieselben Eigenschaften haben dürfte wie zu Anfang, ferner scheint die Auswertung des zweiten Versuchsabschnittes für praktische Zwecke nicht einfach genug."

Ich glaube, daß durch diese Ausführungen ein falsches Bild gegeben wird. Ich gehe deshalb im Nachfolgenden kurz auf die Entwicklung ein, auf die die Drehschwingungsmaschine zurückzublicken hat.

Die ersten Drehschwingungsmaschinen hat in England *Stromeyer*[2]) und später in Amerika *Mc. Adam*[3]) gebaut und verwendet. Ein Probestab $a$, Abb. 7, der in zwei Lagern $b$ und $c$ gelagert ist, trägt an einem Ende eine Masse $d$, während an dem andern Ende ein Hebel $e$ befestigt ist. An $e$ greift der Kurbeltrieb $f$, $g$ an, wobei $g$ wesentlich kleiner als $e$ ist. Die Kurbel $g$ wird vom Motor $h$ im Zeitmaß der Eigenschwingungszahl der Anordnung $a$, $d$ angetrieben, so daß die Schwungscheibe $d$ mit Rücksicht auf die Resonanz besonders große Ausschläge ausführt. Die Schwierigkeit bei dieser Anordnung liegt darin, daß der Winkelausschlag der Schwungscheibe $d$ und deshalb die Beanspruchung des Stabes $a$ bei Resonanz sehr stark von der Umdrehungszahl des Motors abhängt.

In Abb. 8 ist die Abhängigkeit zwischen Drehzahl und Winkelausschlag in Kurve $a_1$ graphisch dargestellt. Bei wenig dämpfungsfähigen Werkstoffen tritt eine sehr spitze Resonanzkurve auf. Um nicht zu starke Abhängigkeit zwischen Drehzahl und Beanspruchung zu haben, führt man den Betrieb nicht bei $n_k$ durch, d. h. im Scheitel der Resonanzkurve, sondern etwas darunter, etwa bei der Drehzahl $n_B$.

[1]) *W. Deutsch* und *G. Fiek*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1760.
[2]) *Stromeyer*, Proc. Roy. Soc. Bd. 90 (1914) S. 411.
[3]) *Mc. Adam*, Proc. Amer. Soc. Test. Mat. Bd. 20 Teil 2 (1920) S. 366.

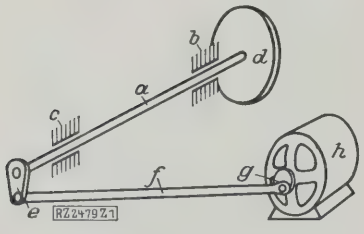



**Abb. 7**
Schema der Drehschwingungsmaschinen von *Stromeyer*, *Mc. Adam* und *Föppl-Busemann*.

*a* Probestab
*b*, *c* Lager
*d* Schwungscheibe
*e* Hebel
*f*, *g* Kurbeltrieb
*h* Elektromotor

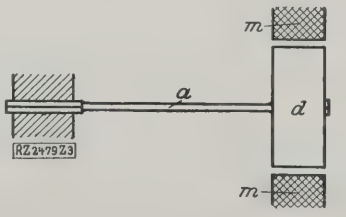
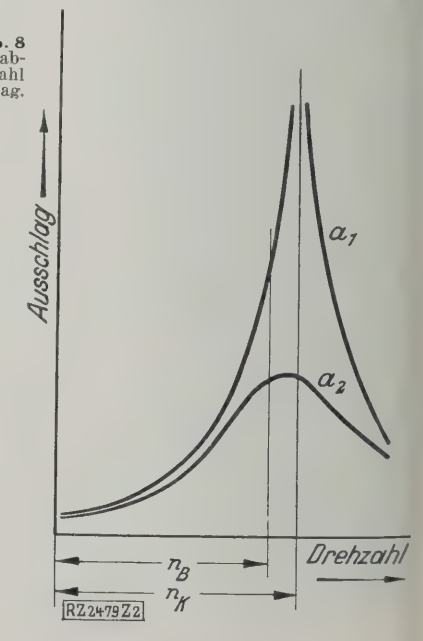



**Abb. 9**
Schema der Drehschwingungsmaschine der Firma Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg.

*a* Probestab
*d* Schwungscheibe mit Ankerwicklung
*m* Elektromagnete

**Abb. 8**
Resonanzkurven, abhängig von Drehzahl und Winkelausschlag.



Je näher man an die Resonanz herankommt, desto schwieriger ist es, bei den unvermeidlichen Spannungsschwankungen der Stromquelle den Ausschlag auf Tage hinaus gleich groß zu halten. Die Engländer und Amerikaner haben besondere Vorkehrungen getroffen, um die Spannung des Motors und die Betriebsverhältnisse möglichst ungestört zu lassen. Sie konnten auf diese Weise den Dauerbetrieb so weit an die Resonanzdrehzahl heran verlegen, daß der Ausschlag mit der 2. bis 8. Potenz der Drehzahlschwankung veränderlich war; die Betriebsdrehzahl mag bei ihnen wohl 90 bis 95 vH der Resonanzdrehzahl betragen haben.

Bei den in Deutschland in den letzten Jahren gebauten Ausführungen ist man durch zwei verschiedene Mittel noch wesentlich näher an die Resonanzdrehzahl herangekommen. Man verwendet entweder eine Bremse, durch die der eingeleitete Impuls erhöht wird (Maschinen von Losenhausen und von Lehmann & Michels), oder man verwendet, ähnlich wie das bei der Erregung von Uhrpendeln und schwingenden Probestäben gemacht wird, einen von der Schwingungsanordnung selbst gesteuerten Schalter, der den Strom für die die Schwingungen erregenden Elektromagneten *m*, Abb. 9, schaltet. Die Anordnung wird von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg ausgeführt. Man kann bei Verwendung einer dieser beiden Vorkehrungen wesentlich näher an die Resonanz herankommen, als es den Engländern und Amerikanern gelungen ist. Ich schätze, daß man in Deutschland in vielen Fällen die Betriebsdrehzahl bis auf 99 vH und darüber an die Eigenschwingungszahl heranbringen kann. Während die Engländer und Amerikaner nur so weit an die Resonanz herangekommen sind, daß der Ausschlag der Schwungscheibe *d*, Abb. 1, höchstens viermal so groß war wie der Ausschlag der den Impuls einleitenden Kurbel *e*, kommt man bei der Drehschwingungsmaschine der Firma Lehmann & Michels z. B. bei wenig dämpfungsfähigen Werkstoffen auf den 50 bis 100fachen Ausschlag. Das hat den großen Vorteil, daß keine zusätzlichen, im Tempo der Eigenschwingungszahl auftretenden Schwingungen den Betrieb stören können. Die Engländer und Amerikaner haben bei ihren Drehschwingungsversuchen keinen der beiden Kunstgriffe angewendet.

Die erste Maschine, mit der man wirklich Dauerbetrieb in nächster Nähe der Resonanzdrehzahl durchführen konnte, ist die von Lehmann & Michels gebaute, auf der auch fast sämtliche bisher bekannt gewordenen Versuchsergebnisse, vor allem über die Dämpfungsfähigkeit von Werkstoffen, gewonnen worden sind. Gerade die Veränderung der Dämpfungseigenschaften, auf die sich die Kritik von *Deutsch* und *Fiek* bezieht, ist für Drehschwingungen bisher nur auf der von Lehmann & Michels gebauten Maschine festgestellt und für Zug-Druckschwingungen von *Voigt*[4]) auf einer Zug-Druck-Schwingmaschine bestätigt worden. Es wird zugegeben, daß die Versuchsdurchführung auf der Dauerschwingungsmaschine *Föppl-Busemann*, wie bei allen wirklichen Dauerprüfungen, verhältnismäßig langdauernd ist. Daß sie aber nicht sehr viel Zeit des Beobachters in Anspruch nimmt, da ja die Maschine bei der Prüfung sich selbst überlassen bleibt, habe ich an andrer Stelle[5]) gezeigt. Wirkliche Dauerprüfungen, verbunden mit Feststellung der Dämpfungsfähigkeit und der Schwingungsfestigkeit, erfordern immer Zeit, ganz gleich, auf welcher Maschine sie durchgeführt werden.

Man hat allerdings versucht, diesen Zeitaufwand durch besondere Abkürzungsverfahren zu verringern. Die einen haben versucht, aus den Ergebnissen des statischen Zerreißversuches auf die Dauerfestigkeit zu schließen[6]), andre haben versucht, aus dem Verlauf der Dämpfungskurve einen Rückschluß auf die Dauerfestigkeit zu erhalten[7]) und wieder andre glauben, die Schwingungsfestigkeit mittels Wechselbeanspruchungen, die einer bestimmten Vorspannung übergelagert sind, ermitteln zu können[8]). Die Versuche in dieser Richtung sind nicht abgeschlossen. Es wäre sicher ein großer Gewinn, wenn man mit einem dieser Verfahren tatsächlich zum Ziele käme. An einem Beispiel[9]) habe ich gezeigt, daß das Verfahren von *Lehr*, das immerhin noch am meisten Eingang in die Praxis gefunden hat, zum mindesten in vielen Fällen zu falschen Schlüssen führt. Zum gleichen Ergebnis ist auch *Wagner*[10]) bei Versuchen mit Leichtmetallen auf der *Schenckschen* Dauerbiegemaschine gekommen. Mit dem zu dritt genannten Abkürzungsverfahren bekommt man keinen Aufschluß über die Dämpfungsfähigkeit, d. h. die dynamische Zähigkeit des Werkstoffes, die für die Beurteilung der praktischen Verwendbarkeit ebenso wichtig ist wie die Schwingungsfestigkeit.

Wenn man die Schwingungsfestigkeit auf einer der drei Maschinen feststellt, so erfährt der Werkstoff bei den Wechselbeanspruchungen, die man ihm zumutet, wesentliche Veränderungen seiner Eigenschaften. Das darf man aber nicht als einen Nachteil des Prüfverfahrens ansehen, da ja diese Veränderungen auch im praktischen Betrieb auftreten, bevor ein Bauteil infolge von Wechselbeanspruchungen zu Bruch geht.

Die Betrachtung kann man dahin zusammenfassen, daß man mit den in Deutschland gebauten Drehschwingungsmaschinen im Gegensatz zu den in England und Amerika entwickelten Maschinen Dauerbetrieb in unmittelbarer Nähe der Resonanzdrehzahl aufrecht erhalten kann, ohne daß der Ausschlag bei den unvermeidbaren Stromschwankungen zu sehr schwankt. Die Durchführung der Dauerversuche erfordert auf allen Maschinen erheblich mehr Zeit, als die Durchführung von statischen Versuchen. Dieser Zeitaufwand wird aber von der Maschine im Tag- und Nachtbetrieb geleistet, ohne daß eine besondere Wartung nötig wäre. Die Versuchsdurchführung erfordert also keinen besonders großen Arbeitsaufwand. Die Ergebnisse des Dauerversuches sind für die Wertung der Baustoffe ganz besonders wertvoll, da die Beanspruchungsart der Praxis viel getreuer nachgeahmt wird als beim statischen Versuch. Man erhält zwei Versuchsergebnisse, die Schwingungsfestigkeit und die Dämpfungsfähigkeit, mit deren Hilfe man das Verhalten eines Werkstoffes im praktischen Betrieb gut beurteilen kann. [M 2479]

Braunschweig *O. Föppl*

[4]) *E. Voigt*, Eine neue Methode zur Bestimmung der inneren Arbeitsaufnahmefähigkeit von Werkstoffen bei dynamischer Beanspruchung. Dissertation Jena 1928.
[5]) *O. Föppl*, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 142.
[6]) *R. Stribeck*, Z. Bd. 67 (1923) S. 631.
[7]) *E. Lehr*, Dissertation Stuttgart 1925.
[8]) *v. Bohuszewicz* und *Späth*, Die Schnellbestimmung der Dauerwechselfestigkeit. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen Bd. 2 (1928) S. 249.
[9]) *O. Föppl*, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 142.
[10]) *Wagner*, Bestimmung der Dauerfestigkeit der knetbaren, veredelbaren Leichtmetallegierungen, Berlin 1928. Z. Bd. 72 (1928) S. 1936.

## *Elektrisches Nachrichtenwesen*

### Ultrakurze Wellen [1])

Wellen von etwa 14 cm Wellenlänge erzeugte man bisher meist mit einem *Barkhausenschen* Sender, einer Elektronenröhre, deren Gitter ein negatives Potential gegenüber der Anode erteilt wird, was Elektronenschwingungen um das Gitter herum zur Folge hat. Dr. *Kohl* fand, daß die Wellenlänge der so erzeugten Wellen nur abhängig ist von der Dichte der um das Gitter liegenden Elektronenwolke. Er hat unter Benutzung einer neuen Röhre (Tekade) einen Sender mit *Thomson*-Kreis gebaut. Die mit diesem Sender erzeugten Wellen sind polarisiert und zeigen die Eigenschaft von Lichtwellen, d. h. sie lassen sich brechen und beugen und mit Linsen und Spiegeln sammeln oder in eine Richtung lenken. Diese Eigenschaften gestatten die leichte Untersuchung der Absorption der Wellen durch verschiedene Stoffe.

Bei Ultrakurzwellen bereitet der Bau genau bestimmter Schwingkreise große Schwierigkeiten, denn Selbstinduktion und Kapazität verändern sich mit der Änderung der Oberflächenbeschaffenheit der verwandten Werkstoffe teilweise so stark, daß sich die Wellenlängen teilweise bis um ± 10 vH ändern *(Esau)*. Mit zunehmender Frequenz spielt die Oberfläche der Werkstoffe eine immer größere Rolle. Prof. *Esaus* neue Untersuchungen erstrecken sich in der Hauptsache auf die Nachprüfung der physiologischen Einwirkungen, die er mit bestimmten Stoffen untersucht. Einige zeigen im elektrischen Feld ultrakurzer Wellen eine gewaltige Steigerung der Temperatur, während andere unempfindlich sind.

Prof. *Faßbender* berichtete über die Eignung ultrakurzer Wellen für den Nachrichtenverkehr, besonders von und zu Luftfahrzeugen. Er fand eine von ihm aufgestellte Theorie einigermaßen bestätigt, die besagt, daß die Ultrakurzwellen der Erdkrümmung nicht folgen, demnach eine untere Begrenzungsfläche, die an die Erdkrümmung gelegte Tangentialebene, aufweisen. Beugungserscheinungen können allerdings Abweichungen von der Tangentialebene ergeben. Gerade die Beugung ist es, die die Identität der

[1]) Nach einem Vortragsabend im Elektrotechnischen Verein und der Heinrich Hertz-Gesellschaft in Berlin.

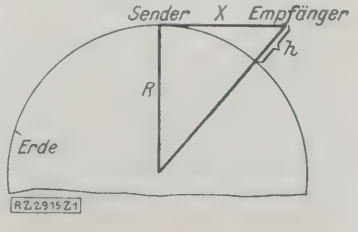



**Abb. 10**
Zur Theorie der Ausbreitung der Ultrakurzwellen nach Prof. *Faßbender*.

$h$ = nötige Höhe des Empfängers über dem Erdboden, damit bei Reichweite $x$ die Ultrakurzwellen noch empfangen werden können

$$x = \sqrt{h\,(2R + h)}$$

Ultrakurzwellen mit den Lichtwellen ergibt. Das Vorhandensein einer unteren Begrenzungsfläche ergibt große Schwierigkeiten in der Benutzung ultrakurzer Wellen für den Nachrichtenverkehr, denn es wäre, wenn die Theorie sich bewahrheitete, nötig, den Empfänger in bestimmten Höhen über dem Erdboden unterzubringen, Abb. 10. Demnach glaubt Prof. *Faßbender* sagen zu können, daß ultrakurze Wellen sich für den Bodenverkehr nicht eignen werden, und daß auch für ihre Verwendung für Luftfahrzeuge Schwierigkeiten entstünden.

Prof. *Meißner* führte in der Aussprache amerikanische Beobachtungen an, die eine Reichweite ultrakurzer Wellen über große Entfernungen ergeben haben. Das spricht dafür, daß entgegen der bisherigen Annahme die Ultrakurzwellen sich nicht nur als Bodenstrahlung, sondern auch zum Teil als Raumstrahlung fortpflanzen. Die Tatsache, daß man den Fadingeffekt, das Kennzeichen der Raumstrahlung bei Ultrakurzwellen, noch nicht habe feststellen können, erkläre sich wohl daraus, daß der bisher für den Empfang ultrakurzer Wellen am besten geeignete und in der Regel verwandte Überrückkopplungsempfänger (Superregenerativempfänger) wegen des Arbeitens mit negativer Charakteristik ein starkes Übersteuern der ersten Röhren und damit ein Abgleichen der Lautstärkeschwankungen, die z. B. beim Fading eintreten, bewirkt. Diese Beweisführung wurde besonders von Dr. *Busse* bekräftigt.

Im ganzen sieht es so aus, als ob man auf dem Ultrakurzwellengebiet doch noch sehr im Dunkeln tappe, und daß noch viele Untersuchungen durchgeführt werden müssen, bis den Ultrakurzwellen eine technische Bedeutung zukommen wird. [M 2915]

Berlin-Schlachtensee Dr. *F. Noack*

## *Kleine Mitteilungen*

### Neuartige Anordnung von Turbodynamos

In einem Dampfkraftwerk der Pacific Gas & Electric Co., San Francisco, in dem Dampf von 88 at mit Erdgasfeuerungen erzeugt werden soll, werden zwei 50 000 kW-Turbodynamos aufgestellt, die in der Art des Zusammenbaues von Hochdruck- und Niederdruckteil neuartig sind. Die Drehzahl des Hochdruckteils beträgt 3600, die des Niederdruckteils 1800 U/min. Bei Stillstand der Hochdruckturbine kann die Niederdruckturbine unmittelbar von den Hochdruckkesseln gespeist werden. Um an Raum und Fundamenten zu sparen, hat man die Hochdruck-Turbodynamo auf den Stromerzeuger der Niederdruckturbine gesetzt; hierdurch erhält die ganze Gruppe eine sehr geschlossene Form.

Außer den Hauptturbinen sind zwei Hilfsturbinen zum Antrieb der Speisewasserpumpen vorhanden. Jede davon besteht aus einem Kondensations- und einem Gegendruckteil, die je mit einem Ende der Pumpenwelle gekuppelt sind. Der Kondensationsteil wird mit Dampf aus 21 at-Kesseln, der Gegendruckteil mit Entnahmedampf der Hauptturbinen betrieben. Dies gestattet, je nach der Belastung, entweder einen Teil oder beide Teile laufen zu lassen. („Power" 28. Mai 1929 S. 846*) [N 3277 a] *Le.*

### Erhöhung der Nil-Staumauer bei Assuan

Ein Sachverständigen-Ausschuß bestehend aus *H. E. Gruner*, Basel, *W. J. E. Binnie*, London, und *Hugh L. Cooper*, New York, war von der ägyptischen Regierung beauftragt worden, zu untersuchen, ob die Staumauer bei Assuan nochmals erhöht werden könne, und zwar auf die Stauhöhe von 120 m ü. M. Der Ausschuß ist zu dem Ergebnis gekommen, daß das möglich ist ohne die Sicherheit zu gefährden. Die Erhöhung wird 9 m betragen. Der Felsen, auf dem die Mauer errichtet ist, könne große Druckkräfte aufnehmen. Das Mauerwerk des ursprünglichen Dammes und des bereits aufgesetzten Teils sei vorzüglich ausgeführt; Risse zwischen der alten Mauer und dem erhöhten Teil wurden nicht beobachtet. Die vorhandenen Risse an andern Stellen seien nicht gefährlich. Eine dritte Erhöhung sei aber nicht mehr durchführbar.

Fünf dem Ausschuß vorgelegte Pläne für die Erhöhung der Mauer haben nicht befriedigt. Der Ausschuß hat daher einen eigenen Vorschlag ausgearbeitet, wonach an dem jetzigen Bauwerk nur der Fahrweg und die Brüstung der größeren Höhe anzupassen sind; außerdem soll es durch aufgelegte Strebepfeiler gegen unmittelbare Sonnenbestrahlung geschützt werden. („Schweizerische Bauzeitung" 15. Juni 1929, S. 296*) [N 3277 b] *Krs.*

### Verkehrstunnel unter dem Detroit-Fluß

Im Zusammenhang mit dem Bau der großen Hängebrücke zwischen Detroit und Windsor in Kanada wird jetzt unter dem Fluß Detroit ein Tunnel gebaut, der als öffentlicher Weg dienen soll. Zu diesem Zweck wird in das Flußbett ein Graben bis zu 24 m Tiefe unter dem Normalwasserstand gebaggert. Der eigentliche Tunnel besteht aus zehn Stahlrohren von 1,5 km Gesamtlänge und rd. 10 m Dmr. Jeder Abschnitt wird auf Gleitbalken gebaut, an den Enden verschottet und dann in den Graben gesenkt. Nach Entfernen der Schotten wird der Graben wieder gefüllt, bis sich eine 3 m hohe Lehmschicht über dem Rohr befindet. Die Fahrstraße im Tunnel, der eine innere und eine äußere Betonschicht erhält, wird ungefähr 7 m breit werden. („The Engineer" 28. Juni 1929 S. 706) [N 3277 c] *Bl.*

### Elektrischer Schiffsantrieb

Der englische Doppelschraubendampfer „Viceroy of India" wird durch zwei zweipolige Turbo-Drehstromerzeuger für je 4500 kW bei 2720 V und 2690 U/min angetrieben; ihre Höchstleistung beträgt 6536 kW bei 3150 V und 3110 U/min. Im Regelbetrieb versorgt jeder Stromerzeuger den zugehörigen Schraubenmotor; es kann aber auch ein Stromerzeuger beide Schraubenmotoren speisen. Die Drehrichtung der Turbostromerzeuger bleibt stets gleich, nur die Drehrichtung der Schraubenmotoren wird bei Manövern umgekehrt. Die Motoren für 8500 PS bei 109 U/min sind mit den Schraubenwellen unmittelbar gekuppelt. Die elektrischen Hilfsmaschinen arbeiten nach der *Austin*-Schaltung mit gleichbleibendem Strom und veränderlicher Spannung. Der Stromerzeuger für die Hilfsmaschinen leistet 500 kW. („Engineering" 14. Juni 1929 S. 747*, 28. Juni 1929 S. 812*) [N 3277 d] *Pa.*

### Trockendock bei Philadelphia

Der Bau des Trockendocks 3 bei Philadelphia, das zu den größten der Welt gehört und seit Längerem in Betrieb ist, hat sich unter schwierigen Verhältnissen vollzogen. Der Bauplatz, der in unmittelbarer Nähe der Flüsse Delaware und Schuylkill liegt, schien zuerst für eine Gründung besonders geeignet; die Bohrungen ergaben aber bald, daß sich unterhalb einer etwa 5 m dicken Lehmschicht feiner Sand befand, der mit dem Wasser des Delawareflusses in Verbindung stand. Es war unmöglich, den Grund auszubaggern, weil die Sandmassen seitlich nachrutschten. Man führte daher den Bau in einzelnen Abschnitten von 60 m Länge aus und trieb 13 m lange Eisenpfähle in den Grund, wobei die Pumpen 32 000 l/min Grundwasser zu fördern hatten. Nunmehr war der Grund erst baufähig.

Das Dock hat eine äußerste Länge von 312 m, 38 m Breite am Eintritt und 13,2 m Wassertiefe. Seitenwände und Boden sind auf der Innenseite mit Toxement gedichtet. Der 6 m dicke Boden des Docks wurde auf Grund der Erfahrungen, die man beim Bohren gesammelt hatte, ganz ohne Grundpfähle gebaut und nur die höhergelegenen Kranbahnen und Gleisspuren erhielten Pfahlgründung. Der Eintritt des Docks wird mittels eines ganz aus Platten und Winkeln hergestellten Senkkastens geschlossen. Die Gesamtanlage umfaßt neben dem Dock drei elektrisch betriebene Hauptpumpen und zwei elektrische Laufkrane für je 50 t. („Engineering" 28. Juni 1929 S. 807*) [N 3277 e] *Bl.*

### Selbsttätiger Zähigkeitsanzeiger für Kraftwagen

Die Vorrichtung von *C. M. Larson* soll dazu dienen, den Fahrer schnell erkennen zu lassen, ob das im Motor umlaufende Schmieröl noch brauchbar ist. Vom Ölumlauf, der mittels der Pumpe erzeugt wird, wird ein kleiner Teil abgezweigt und durch ein Drosselventil in eine Kammer geleitet, deren Innendruck unveränderlich ist. Der Mantel dieser zylindrischen Kammer besteht aus dünnem Wellblech, verlängert sich daher, wenn der Druck des zulaufenden Öls steigt. Da das Drosselventil mit dem beweglichen Boden der Kammer verbunden ist, so wird mit steigendem Druck die Öffnung des Ventils kleiner. Aus dieser Kammer fließt das Öl durch eine feine Öffnung in einen zweiten Raum, aus dem es ins Kurbelgehäuse zurückläuft. Der Druck, der sich in diesem Raum einstellt, dient als Maß für die Zähigkeit des Öls. Er wird allerdings auch von der Änderung des spezifischen Gewichts des Öls durch Auflösen von Benzinresten beeinflußt, doch soll dieser Einfluß selbst bei

starker Verdünnung des Öls nicht mehr als 5 vH betragen. Die Vorrichtung wirkt ferner erst, nachdem das umlaufende Öl einen Mindestdruck von rd. 0,6 at erreicht hat. („Automotive Industries" 8. Juni 1929 S. 882/83*)
[N 3277 f] *H.*

### Neues Kühlmittel für Flugmotoren

Als Mittel zum Steigern der Betriebstemperatur von Flugmotorenzylindern, die bei Verwendung von Wasserkühlung bisher auf rd. 82 ° Austrittstemperatur des Wassers begrenzt war, hat sich bei Versuchen der amerikanischen Heeres-Versuchsanstalt an einem Curtiss-Jagdflugzeug mit Zwölfzylindermotor Aethylen-Glykol $CH_2OH \cdot CH_2OH$ gut bewährt. Dieser schon lange bekannte und als Gefrierschutzmittel benutzte Kohlenwasserstoff ist eine farb- und geruchlose Flüssigkeit, die Metallflächen gut benetzt, aber sie nicht angreift. Da sie erst bei fast 200 ° siedet, war es zulässig, die Austrittstemperatur des Kühlmittels auf rd. 150 ° zu erhöhen, wodurch man gegenüber der Wasserkühlung unter sonst gleichen Verhältnissen die insgesamt umlaufende Menge an Kühlflüssigkeit von 55 auf 32 l und das Gesamtgewicht des Flugzeugs um 3,5 vH vermindern konnte. Der Betrieb des Motors mit der höheren Kühlmitteltemperatur hat bei einem Dauerversuch von 50 h keine Nachteile, insbesondere keine erhöhte Abnutzung, ergeben. Bei Versuchsflügen wurden bessere Steigleistungen und infolge des geringeren Luftwiderstandes des verkleinerten Kühlers höhere Gleitgeschwindigkeiten erzielt. („Aviation", New York, 1. Juni 1929 S. 1877/78*)
[N 3277 g] *H.*

### Verhütung der Rauch- und Rußplage in St. Louis

Unter Führung der Citizen's Smoke Abatement League, einer freiwilligen Vereinigung zur Rauchbekämpfung, hat die Stadt St. Louis einen großzügigen Feldzugsplan gegen die Rauch- und Rußplage entworfen und in den Jahren 1926/29 zur Ausführung gebracht. Zuerst wurden die bestehenden Verhältnisse eingehend erforscht, dann, nachdem das Überwachungsgebiet aufgeteilt war, Posten aufgestellt, die übermäßige Rauchentwicklung zu beobachten und zu melden hatten. Feuerungssachverständige machten dann die Besitzer solcher Anlagen auf die unsachgemäße Feuerführung aufmerksam, gaben Ratschläge zur Verbesserung oder nahmen selbst Abänderung vor. Gleichzeitig wurde an besonders geeigneten Orten ständig Ruß in emaillierten Kübeln aufgefangen und gewogen. Das Ergebnis einer solchen zweijährigen Überwachung mit insgesamt 87 866 Mahnungen, 51 333 Anweisungen und 8166 Verbesserungen war, daß die Rauchentwicklung um 65 vH und die Rußablage um 47 vH abgenommen haben. („Power" 18. Juni 1929 S. 1011) [N 3277 h] *Stg.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Taschenbuch für den Maschinenbau.** Herausgegeben von *H. Dubbel.* 5. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 1. Bd.: 853 S., 2. Bd.: 903 S. m. insgesamt 2800 Abb. Preis zus. 26 *RM.*

Die Eigenart des bekannten Buches besteht darin, daß es zugleich ein Taschenbuch und ein gedrängtes Lehrbuch sein will, unter Beschränkung auf den Maschinenbau in dem Umfang, wie er an unseren technischen Schulen gelehrt wird. Die Doppelaufgabe ist schwer zu verwirklichen. Im Widerstreit der beiden Aufgaben ist das Taschenbuch etwas zu knapp weggekommen.

In dem besser gelungenen Lehrbuch herrscht das Bestreben, den gegenwärtigen Stand der Erkenntnis darzustellen. Vieles wurde ganz umgearbeitet, vieles ist neu hinzugekommen, z. B. die Abschnitte Großzahlrechnung, Vektorenrechnung, Drehschwingungen, Leichtmotoren u. a. m. Die hydrodynamische Theorie der Lagerreibung hätte allerdings nicht vollständig übergangen werden dürfen.

Der Hauptvorzug des Buches besteht in der rechnerisch und zeichnerisch durchgeführten Lösung vieler praktischer und wissenschaftlicher Aufgaben und in den zahlreichen Wiedergaben konstruktiver Einzelheiten in einem für den Lernenden ausreichenden Maßstab.

Die Bezeichnungen der Festigkeitslehre sind im ganzen die durch DIN 1350 festgelegten mit Ausnahme der statischen Festigkeiten ($K$, $K_z$. .) und der zulässigen Beanspruchungen ($k$, $k_z$. . .), die sich für den Maschineningenieur ein halbes Jahrhundert bewährt haben und darum in einem Handbuch für den Maschinenbau mit Recht beibehalten werden, bis der Fortschritt der Technik zu einer Neuordnung zwingt.

Einige Einzeleinwände sollen das günstige Gesamtbild nicht beeinträchtigen: Die allgemeinen Gleichungen der Elastizitätslehre sind mit der Dehnungszahl $\alpha$ abgeleitet; bei den praktischen Anwendungen auf die Biegung, Knickung, Riemendehnung usw. ist der Elastizitätsmodul $E$ benutzt; dieses Verfahren widerspricht dem Zweck, zu dem die Dehnungszahl eingeführt worden ist. Die Gleichung der zusammengesetzten Beanspruchung (Bd. 1 S. 492)

$$\sigma_{\text{Bach}} = 0{,}35\,\sigma \pm 0{,}65\sqrt{\sigma^2 + 4\,(\alpha_0\,\tau)^2}$$

ist zu beanstanden; *C. Bach* hat die linke Seite stets mit $\frac{\varepsilon_{\max}}{\alpha}$ bezeichnet, weil der Gebrauch des Spannungszeichens für eine gar nicht vorhandene Spannung leicht Verwirrung stiften kann; Beweis: auf Seite 637 die unmögliche Gleichung für die zulässige Beanspruchung einer Schraube

$$k_r = k_r\left(0{,}35 + 0{,}65\sqrt{1 + \frac{2\,k\,d}{k_z}}\right)^2.$$

Das Verhältnis der im Kurzzeitversuch bestimmten statischen Festigkeit zur zulässigen Beanspruchung allgemein als Sicherheit gegen Bruch zu bezeichnen, ist im Maschinenbau meist nicht angängig, der Begriff „Sicherheit" hier überhaupt nicht zweckmäßig[1]). Die Wiedergabe des $\omega$-Verfahrens könnte in einem Taschenbuch des Maschinenbaues unterbleiben, da es das Wesentliche des Knickvorgangs, die Überschreitung der Stabilitätsgrenze, verhüllt und die Formänderungsaufgabe in eine undurchsichtige Spannungsaufgabe verwandelt. Daß das anschauliche *Baumannsche* Verfahren zur Lösung statisch unbestimmter Aufgaben (4. Auflage S. 506) nicht mehr gebraucht wurde, ist zu bedauern.

Zusammenfassend kann gesagt werden, daß das Buch sowohl für den Studierenden wie für den Ingenieur ein gutes Sammelwerk über den Maschinenbau vorstellt. Vielleicht ließe sich sein Wirkungsgrad noch weiter heben durch Beschränkung der Ableitungen und Verwendung des gewonnenen Raumes zum weiteren Ausbau der Literaturnachweise etwa nach Art des Luegerschen Lexikons.
[E 3004] *Julius Bach*

[1]) Vergl. Z. Bd. 33 (1889) S. 474.

**Maste und Türme in Stahl.** Von *P. Sturzenegger.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 219 S. m. 362 Abb. Preis 25 *RM.*

In dem vorliegenden Buch behandelt *P. Sturzenegger* im wesentlichen nur den Freileitungsbau ausführlich. Die Fortleitung elektrischer Energie ist heute zu einer Angelegenheit von so großer wirtschaftlicher Bedeutung geworden, daß eine zusammenhängende Darstellung der Aufgaben, zu deren Lösung der Bauingenieur herangezogen werden muß, dankbar begrüßt werden wird. Die elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Leiter, ihre Befestigung und Isolierung, die Bauart der Masten nach ihren verschiedenen Zwecken, ihre Gründungen, Aufstellung und Unterhaltung werden erschöpfend besprochen und durch zahlreiche vortreffliche Abbildungen erläutert. Die verschiedenen Berechnungsgrundlagen der für den Freileitungsbau maßgebenden Länder sind sehr übersichtlich in den betreffenden Kapiteln zusammengestellt. Das Wort Hochfrequenz steht wohl nur versehentlich mehrfach für Hochspannung. In einem besonderen Abschnitt werden die Fahrleitungsgestänge elektrischer Bahnen behandelt.

Im Gegensatz dazu ist der Abschnitt über die Funkmasten und -türme meines Erachtens zu dürftig ausgefallen. Ausführungen wie der dreikantige Funkturm von 230 m Höhe in Königswusterhausen und die 200 m hohen Funkmasten mit Mittelgelenk in Nauen sind nicht einmal erwähnt. Ich bin auch überzeugt, daß manchem Eisenkonstrukteur Näheres über die bauliche Durchbildung des Eiffelturmes willkommen gewesen wäre, wie überhaupt im Rahmen eines solchen Sammelwerkes die geschichtliche Entwicklung eines Fachgebietes nicht unberücksichtigt bleiben darf. Schließlich gibt es doch noch eiserne Leuchttürme, Aussichtstürme, neuerdings Luftschiff-Haltemasten u. dergl., über die man etwas in solchem Buch zu erfahren erwarten dürfte.

Diese Einwände wären unberechtigt, wenn der Verfasser seinem Buch nicht den Titel „Maste und Türme in Stahl“ gegeben hätte. Es handelt sich nur um ein Buch über den Freileitungsbau, und den hiermit beschäftigten Bauingenieuren der Industrie, des Staates und der Prüfungsbehörden wird die gründliche Arbeit des Verfassers sicherlich bald unentbehrlich sein. [E 3035] *Pohl*

**Vorschriftenbuch des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.** 16. Aufl. Herausgeg. durch das Generalsekretariat des VDE. Berlin 1929, Julius Springer. 910 S. Preis 16 *RM*.

Die 16. Auflage enthält zwölf gegenüber den früheren Auflagen neue Bestimmungen, unter denen besonders zu nennen sind: „Vorschriften für die elektrische Ausrüstung von Beleuchtungskörpern für Spannungen bis 250 V“, „Regeln für die Bewertung von Licht, Lampen und Beleuchtung“, „Vorschriften, Regeln und Normen für die Konstruktion und Prüfung von Installationsmaterial bis 750 V Nennspannung“, „Leitsätze für die Prüfung von Isolatoren aus keramischen Werkstoffen von 1000 V an“ und „Regeln für den Bau und die Prüfung von Hochfrequenz-Heilgeräten“.

Ungültig geworden sind zwölf Bestimmungen; acht Bestimmungen sind geändert worden, u. a. die „Vorschriften für die Errichtung und den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen nebst Ausführungsregeln“, die „Vorschriften für Starkstromfreileitungen“, die „Bahnkreuzungs-Vorschriften“ und die „Vorschriften für die bruchsichere Führung von Hochspannungsleitungen über Postleitungen“.

[E 3106] *Pa.*

**Atombau und Spektrallinien.** Wellenmechanischer Ergänzungsband. Von *Arnold Sommerfeld*. Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg & Sohn. 351 S. m. 30 Abb. Preis 14,50 *RM*.

Der wellenmechanische Ergänzungsband von *Sommerfelds* allbekanntem Buch „Über Atombau und Spektrallinien“ wird von Fachleuten und Freunden physikalischer Forschung in gleicher Weise begrüßt werden; bietet er doch eine überaus klare Einführung in die Gedankengänge und mathematischen Methoden der neuen Theorien. — Als man einsehen mußte, daß das *Bohrsche* Atommodell des springenden Elektrons in wichtigen Punkten nicht mit der Erfahrung in Einklang zu bringen war, setzten von zwei verschiedenen Seiten und von scheinbar entgegengesetzten Ausgangspunkten Versuche ein zu einer in sich widerspruchsfreien und umfassenden Theorie des Atom- und Molekülbaues. Die Richtung *Born-Heisenberg* betonte die statistische Grundlage aller Naturgesetze und verfolgte das Ziel, eine ganz neue Mechanik, eine Quantenmechanik, aufzubauen unter Verwendung nur solcher Begriffe, die der unmittelbaren Beobachtung zugänglich sind. An Stelle der Differentialgleichungen der klassischen Mechanik traten Differenzengleichungen und algebraische Beziehungen, wie die Matrizenrechnung. Anstatt nach Ort und Zeit eines Elektrons im Atom lautet hier die Frage: Wie groß ist die Wahrscheinlichkeit, in einem bestimmten Raum- und Zeitintervall ein Elektron zu treffen?

Dieser diskontinuierlichen Richtung gegenüber stand die von anschaulichen Begriffen ausgehende Wellenmechanik von *de Broglie-Schrödinger*. *De Broglie* faßte den Gedanken, jedem Bewegungsvorgang eines Materieteilchens einen Wellenvorgang zuzuordnen, und *Schrödinger* zeigte, wie damit analog der *Hamiltonschen* Fassung der klassischen Mechanik eine Wellenmechanik des Atombaues durchgeführt werden könne. Die Diskontinuitäten der Quantenmechanik offenbarten sich hier als Eigenwerte der Wellengleichung. Der Gegensatz beider Richtungen fand seinen Ausgleich durch den Nachweis, daß beide Methoden, Quantenmechanik und Wellenmechanik, mathematisch identisch sind, rein formal also überhaupt kein Gegensatz vorliegt.

Diese „Zurücksteckung des Bildlichen hinter dem Formalismus“ übernimmt auch das *Sommerfeldsche* Buch. In zwei Kapiteln: „Einführung in die Wellenmechanik“ und „Störungs- und Beugungsprobleme. — Das Kreiselelektron“ werden die Grundgedanken, die mathematischen Methoden — diese unter Verwendung der übersichtlichen Polynommethode — und die Anwendung der Theorie auf Probleme der Experimentalphysik in ausnehmend klarer und eleganter Weise behandelt. So finden wir den *Zeeman*-Effekt, den *Stark*-Effekt, den lichtelektrischen und den *Compton*-Effekt behandelt und die Bedeutung der ganz neu erschlossenen Gebiete der Elektronenbeugung und des *Raman*-Effektes hervorgehoben. Die Probleme der Feinstruktur der Spektrallinien und des Kreiselelektrons beschließen den Band. [E 3043] *E. Rupp*

**Das Technikerproblem.** Von *W. Franz*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 52 S. Preis 2,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 2,25 *RM*.

**Das It-Diagramm der Verbrennung.** Von *P. Rosin* und *R. Fehling*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 31 S. m. 35 Abb. u. 10 Taf. Preis 7,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 6,75 *RM*.

Berichte über betriebswissenschaftliche Arbeiten, 1. Bd.: **Untersuchungen an Holzhobelmaschinen mit umlaufenden Messern.** Von *Carl Bobbe*. **Langlochfräsen in Holz.** Von *Gerhard Harnisch*. **Über die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten.** Von *Fritz Hetzel*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 63 S. m. 146 Abb. und 2 Taf. Preis 14 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 12,60 *RM*.

**Wirtschaftlichste Isolierstärke bei Wärme- und Kälteschutzanlagen und Wärmeabgabe isolierter Rohre bei unterbrochener Betriebsweise.** Von *J. S. Cammerer*. Berlin 1927, Industrieverlag von Hernhaussen A.-G.; f. d. Buchhandel M. Krayn. 90 S. m. 22 Abb. Preis 6 *RM*.

Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Technik, 12. Bericht: **Schleudergußröhren der L. von Rollschen Eisenwerke Gerlafingen, Eisenwerk Choindez.** Zürich 1928, Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. 39 S. m. 23 Abb. Preis 4,50 Fr.

Eidgenössische Materialprüfungsanstalt der E. T. H. in Zürich, 41. Bericht: **Über das Abbinden des Zementes.** Von *Hermann Gessner*. Sonderabdruck aus Kolloid-Zeitschrift 46. Bd. H. 3 (1928); 47. Bd. H. 1 und 2 (1929). Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 39 S. m. 24 Abb. Preis 4 *RM*.

Mitteilungen des Deutschen Wasserwirtschafts- und Wasserkraft-Verbandes E. V. 1929. Nr. 24: **Die Behandlung der Anlandungen nach in Preußen geltendem Wasserrecht.** Von *F. Wilke*. Berlin-Halensee 1929, Verbands-Geschäftsstelle. 30 S. Preis 2 *RM*.

**Schiffbau-Kalender 1929.** Hilfsbuch der Schiffbau-Industrie. Bearb. von *W. Gütschow* und *Hermann Hildebrandt*. Berlin 1929, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co. 433 S. m. 190 Abb. Preis 10 *RM*.

**Eisenbahn und Kraftwagen.** Ein dringendes Verkehrsproblem. Von *Georg Walter*. Berlin 1929, Berliner Börsen-Zeitung. 32 S. Preis 0,50 *RM*.

**Memoirs and addresses of two decades.** Von *J. A. L. Waddell*. Herausgeg. von Frank W. Skinner. Easton, Pa. 1928, Mack Printing Company. 1174 S. m. Abb. Preis 5 $.

**Das technische Zeitalter.** Von *Hanns Lilje*. Berlin 1928, Furche-Verlag. 175 S. Preis 6 *RM*.

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Eisenbeton im Industriebau. Von *E. Probst* . . . | 977 |
| Einfluß der Walztemperatur auf die Eigenschaften der Schienen . . . . . | 984 |
| Neuerungen und Fortschritte in der keramischen Industrie. Von *G. Helm* . . . . . | 985 |
| 25 Jahre Technische Hochschule Danzig . . . . . | 991 |
| Abbau mit Selbstversatz . . . . . | 992 |
| Lufthydraulische Nietmaschine . . . . . | 992 |
| Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim. Von *F. Marguerre* (Schluß) . . . . . | 993 |
| Zellenbeton als hochwertiger Isolierstoff. Von W. *Luft* | 998 |
| Rundschau: Die Sängerbundes-Festhalle in Wien 1928 — Kältetechnische Forschung — Die englischen Schnellboote „Miss England“ und „Miss Alacrity“ — Der augenblickliche Stand der Drehschwingungsmaschinen in Deutschland — Ultrakurze Wellen — Kleine Mitteilungen . . . | 1001 |
| Bücherschau: Taschenbuch für den Maschinenbau. Von *H. Dubbel* — Maste und Türme in Stahl. Von *P. Sturzenegger* — Vorschriftenbuch des Verbandes deutscher Elektrotechniker — Atombau und Spektrallinien. Von *A. Sommerfeld* — Eingänge . . . . . | 1007 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 73 SONNABEND, 20. JULI 1929 Nr. 29

# Das *ix*-Diagramm für Dampfluftgemische

*Von RICHARD MOLLIER, Dresden*[1])

*Das früher angegebene ix-Diagramm für feuchte Luft wird erweitert und besonders auf Gemische von Luft, Dampf, Wasser und Eis angewendet. Die Vorgänge beim Auftreffen von feuchter Luft auf eine Wasser- oder Eisfläche werden erörtert. Die Theorie des Psychrometers und das Lewissche Gesetz werden mit Hilfe des Diagrammes abgeleitet.*

Im Jahre 1923 habe ich eine graphische Darstellung angegeben[1a]), mit deren Hilfe die Lösung vieler Aufgaben aus dem Gebiete der Dampfluftgemische sehr erleichtert wird. Das Diagramm hat sich seither gut bewährt, es hat von anderen wertvolle Ergänzungen erfahren und wird in steigendem Maße benutzt. Ich möchte heute einige Erweiterungen des Verfahrens besprechen und seine Grundlagen schärfer zusammenfassen.

Das Diagramm gilt für Zustandsänderungen, die bei unveränderlichem Gesamtdruck verlaufen. Es ist natürlich nicht auf Wasserdampf-Luftgemische beschränkt, sondern kann mit Vorteil auf Mischungen anderer Gase und Dämpfe angewendet werden, z. B. auf Gemische von Luft und Brennstoffdampf. In dem Folgenden sind jedoch als Beispiel stets Wasserdampf-Luftgemische zugrunde gelegt. Bei den in den meisten Anwendungen in Betracht kommenden kleinen Teildrücken können für beide Stoffe die Gesetze der idealen Gase angewendet werden, und, wenn nicht besonders hohe Temperaturen auftreten, auch die spezifischen Wärmen für beide Stoffe unveränderlich angenommen werden.

### Bezeichnungen und Hauptbeziehungen

$p$ der Teildruck des Dampfes,

$p'$ der zu der vorliegenden Temperatur $t$ gehörige Sättigungsdruck des Dampfes,

$p_0$ der Gesamtdruck,

$p_0 - p$ der Teildruck der Luft (des Gases),

$x$ die Abszisse im Diagramm, ist das Mengenverhältnis von Dampf zu Luft in kg/kg, also die Wassermenge, die 1 kg Luft beigemengt ist. Es ist allgemein: $x = \frac{M_D}{M_L} \frac{p}{p_0 - p}$, worin $M_D$ und $M_L$ die Molekulargewichte der beiden Stoffe sind. Die Bemessung von $x$ in kg/kg ist die allgemein übliche. Einfacher wäre es, diese Größe in Mol/Mol einzuführen, dann wäre

$$x = \frac{p}{p_0 - p}.$$

Für Wasserdampf-Luftgemische wird: $x = 0{,}622 \frac{p}{p_0 - p}$

$x'$ der Höchstwert des Wasserdampfgehaltes für $p = p'$

$$x' = 0{,}622 \frac{p'}{p_0 - p'}.$$

$L$ die in einer Gemischmenge enthaltene Luftmenge in kg, das Gewicht der gesamten Menge ist dann: $L(1 + x)$,

$c_L$ und $c_D$ die spezifischen Wärmen bei unveränderlichem Druck, der Luft und des Dampfes. Im folgenden ist $c_L = 0{,}24$ und $c_D = 0{,}46$ gesetzt.

$i$ die Ordinate in unserem Diagramm, ist der Wärmeinhalt (die Enthalpie) für 1 kg Luft + $x$ kg Dampf.
$i = 0{,}24\,t + x\,(0{,}46\,t + 595)$,
595 ist die Verdampfungswärme des Wassers bei 0 °.

$i'$ der Wärmeinhalt für Luft, die mit Wasserdampf gesättigt ist,
$i' = 0{,}24\,t + x'\,(0{,}46\,t + 595)$,
$i'$ ist für einen gegebenen Gesamtdruck ebenso wie $x'$ nur von der Temperatur abhängig.

### Das *ix*-Diagramm, Abb. 1

Für das *ix*-Diagramm wählt man vorteilhaft schiefwinklige Koordinaten, weil dadurch das Bildfeld besser ausgenutzt wird und die wichtigen Kurvenscharen übersichtlicher werden. Nach der oben gegebenen Formel für den Wärmeinhalt werden die Isothermen gerade Linien. Es ist besonders übersichtlich, wenn man den Koordinatenwinkel bei senkrechter Lage der $i$-Achse so wählt, daß die 0 °-Isotherme waagerecht wird. Man hat dann gewissermaßen neben dem Hauptdiagramm ein zweites rechtwinkliges System mit $x$ als Abszissen und $i_0 = (0{,}24 + 0{,}46\,x)\,t$, d. h. dem auf Dampf von 0 ° bezogenen Wärmeinhalt, als Ordinaten, das für die Aufzeichnung des Diagrammes recht bequem ist. Natürlich kann von der hier gegebenen Bestimmung des Koordinatenwinkels auch abgegangen werden.

### Die Grenzkurve

Die Isothermen sind unabhängig von der Wahl des Gesamtdruckes; dieser kommt erst bei der Einzeichnung der Sättigungslinie oder Grenzkurve zum Ausdruck. Die Grenzkurve hat als Koordinaten $i'$ und $x'$ und wird gezeichnet, indem man auf den Isothermen die Punkte mit den Abszissen $x'$ bestimmt.

Meist wird die Grenzkurve nach einem mittleren Barometerstand eingetragen werden. Man kann aber auch mehrere Grenzkurven für verschiedene Barometerstände einzeichnen. Manchmal können auch weiter abgelegene Drücke in Frage kommen, wie z. B. bei der Vakuumtrocknung. Unter 0 ° ist für den Fall des thermischen Gleichgewichtes die Grenzkurve entsprechend dem Dampfdruck über Eis zu zeichnen. In Abb. 2 ist überdies die Grenzkurve für unterkühltes Wasser punktiert angegeben.

In meiner ersten Abhandlung habe ich in das Diagramm die Linien „gleicher relativer Feuchtigkeit" $\varphi$ eingezeichnet. Ich möchte dies heute nicht mehr empfehlen. $\varphi = \frac{p}{p'}$ stellt das Verhältnis der in einem gegebenen Raum vorhandenen Dampfmenge zu der Höchstmenge dar, die darin bei gleicher Temperatur vorhanden sein könnte. Es ist einfacher und entspricht unseren Rechnungsgrundlagen besser, wenn wir einen „Sät-

[1]) Aus der Festschrift zum 70. Geburtstag von *A. Stodola*, herausgegeben von *E. Honegger*, Zürich und Leipzig 1929, Orell & Füssli.

[1a]) Vorgl. Quellennachweis am Ende dieses Aufsatzes 1.

tigungsgrad" der Luft $\psi$ einführen, der durch das Verhältnis $\frac{x}{x'}$ bestimmt ist[2]). Linien unveränderlichen Sättigungsgrades erhalten wir im Diagramm einfach dadurch, daß wir die Isothermen zwischen der Ordinatenachse und der Grenzkurve in gleiche Teile teilen und die entsprechenden Punkte verbinden.

Für Temperaturen, die höher sind als die dem Gesamtdruck entsprechende Sättigungstemperatur, wird $\psi = \infty$, d. h. der Luft kann dann beliebig viel Dampf beigemengt werden. Die $\psi$-Linien verlaufen asymptotisch an die genannte Isotherme. $\varphi$ und $\psi$ stehen in folgender Beziehung:

$$\frac{\psi}{\varphi} = \frac{p_0 - p'}{p_0 - p}.$$

Daraus folgt, daß bei den gewöhnlichen Temperaturen der Außenluft der Unterschied beider Größen sehr gering ist. Daher kann das meteorologische Erfahrungsmaterial über die relative Feuchtigkeit $\varphi$ auch als solches über den Sättigungsgrad $\psi$ gelten. Die Feststellung des Sättigungsgrades im $ix$-Diagramm ist so einfach, daß es überflüssig ist, $\psi$-Linien in das Diagramm einzuzeichnen.

$\varphi$ wie $\psi$ geben übrigens nur ein einseitiges Bild von dem Grade der Sättigung der Luft, sie lassen nur erkennen, welche Wassermenge die Luft noch aufnehmen kann, wenn ihre Temperatur unverändert erhalten wird, wobei aber beträchtliche Wärmemengen zugeführt werden müssen. Es wird aber praktisch oft wichtiger sein, den Sättigungsgrad unter der Voraussetzung zu kennen, daß beim Übergang zur Sättigung keine Wärme zugeführt wird. Dann müssen wir $x$ mit dem Wert $x'$ bei gleichem Wärmeinhalt oder bei der Kühlgrenze (siehe an späterer Stelle) vergleichen.

### Der Randmaßstab

Bei vielen Aufgaben ist es erwünscht, die Richtung der Zustandsänderung der Luft $\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}$ oder die der Verbindungslinie zweier Zustände $\frac{i_2 - i_1}{x_2 - x_1}$ rasch festzustellen oder eine Gerade von gegebener Richtung in das Diagramm einzuzeichnen. Dies wird erleichtert durch die Anbringung eines Randmaßstabes, Abb. 1, der für verschiedene Werte von $\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}$ die zugehörigen Strahlen vom Ursprung ausgehend festlegt. Statt des Randmaßstabes oder neben ihm kann, nach dem Vorschlag von *Hirsch*[3]), auch ein Maßstab auf durchsichtigem Papier mit Vorteil verwendet werden.

[2]) Die Größe $\psi$ hat bereits *Zeuner* benutzt; s. Techn. Thermodynamik, 1890, S. 321 u. f.

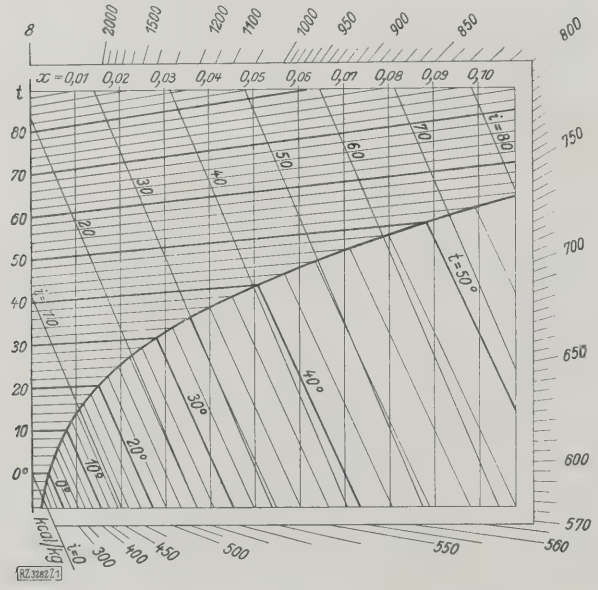



**Abb. 1**
Die senkrechte Ordinatenachse, $x = 0$, enthält die Zustände trockener Luft. Ihr Punkt bei 0° ist der Ursprung. Von ihm geht die Abszissenachse $i = 0$ aus und auf ihn zielen die Marken des Randmaßstabes. Die Grenzkurve für gesättigte Luft ist für 1 at eingezeichnet, sie trennt das ungesättigte Gebiet (oben) von dem Nebelgebiet (unten). In beiden Gebieten sind Isothermen von 2 zu 2° eingezeichnet.

### Volumen und spezifisches Volumen

Das Volumen $V$ eines Dampfluftgemisches von 1 k Luftgehalt und das spezifische Volumen $v$, sowie da spezifische Gewicht $\frac{1}{v}$ berechnet sich wie folgt:

$$V = \frac{47{,}1\,(0{,}622 + x)\,T}{p_0} \qquad v = \frac{47{,}1\,(0{,}622 + x)\,T}{p_0\,(1 + x)}.$$

$T$ ist die absolute Temperatur und $p_0$ der Gesamtdruc in kg/m². *Grubenmann*[4]) hat gezeigt, daß sowohl di Linien $V = \text{konst.}$ wie die $v = \text{konst.}$ im $ix$-Diagram Scharen nahezu paralleler Geraden ergeben, so daß auc ohne Einzeichnung dieser Linien mittels des Randmaßstabes leicht festgestellt werden kann, in welchem Sin sich bei irgendeiner Zustandsänderung $V$ und $v$ änder Ich gebe hier noch die Formeln für die genauen Wert der Richtung dieser Linien.

$$\left(\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}\right)_V = 470 + \frac{0{,}046\,T}{0{,}622 + x}$$

$$\left(\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}\right)_v = 470 + \left(0{,}46 + \frac{0{,}046}{0{,}622 + x} - \frac{0{,}22}{1 + x}\right) T.$$

### Das Nebelgebiet

Wenn bei irgendeiner Zustandsänderung die Grenzkurve überschritten wird, so bedeutet dies Niederschla von Flüssigkeit oder Eis aus der gesättigten Luft. Da Gebiet unter der Grenzkurve stellt also eine Mischun von Gas, Dampf und Flüssigkeit oder Eis dar, und jede Punkt entspricht einem ganz bestimmten Zustand. Natürlich müssen wir hierbei annehmen, daß sich die ganz Masse in thermischem Gleichgewicht befindet. Das wir besonders dann möglich sein, wenn die Flüssigkeit seh fein verteilt in der gesättigten Luft schwebt (Nebel) Es wird zunächst nötig sein, die Isothermen, die natürlich im Nebelgebiet einen andern Verlauf haben, übe die Grenzkurve hinaus fortzusetzen.

$x$ sei jetzt die gesamte Menge des zweiten Stoffes die der Mengeneinheit des Gases beigemischt ist. Davo ist die der gegebenen Temperatur entsprechende Menge $x$ dampfförmig und der Rest $x - x'$ flüssig oder fest.

Der Wärmeinhalt des ganzen Gemisches lautet fü Wasserluftgemische:

$$i = i' + (x - x')\,t.$$

Da $x'$ und $i'$ nur von der Temperatur abhängen, so sin auch im Nebelgebiet die Isothermen Gerade, und ihr Neigung ist durch:

$$\left(\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}\right)_t = t$$

gegeben, Abb. 1. Sie sind also, wenn die Temperatur nicht sehr hoch ist, nahezu gleichgerichtet mit den Linien $i = \text{konst.}$

Für den Punkt 3 im Nebelgebiet, Abb. 3, ist $x_3 = x_1$ die ganze Wassermenge, $x'_3$ die in Form von Dampf vorhandene und $x_1 - x'_3$ der flüssige Teil.

Für Temperaturen unter 0°, Abb. 2, wird bei Überschreiten der Grenzkurve, im Falle des Gleichgewichtes die ausfallende Wassermenge in Form von Eis (Reif Schnee, Eisnebel) auftreten.

Setzt man die Schmelzwärme des Eises = 80 cal und seine spezifische Wärme = 0,5, so wird jetzt:

$$i = i' - (x - x')\,(80 - 0{,}5\,t)$$

und $\left(\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}\right)_t = -80 + 0{,}5\,t$. Während die Isothermen über 0° etwas flacher verlaufen als die $i$-Linien, verlaufen sie unter 0° steiler. Bei 0°, Abb. 2, haben wir zwei

[3]) Quellennachweis 10.
[4]) Quellennachweis 3.

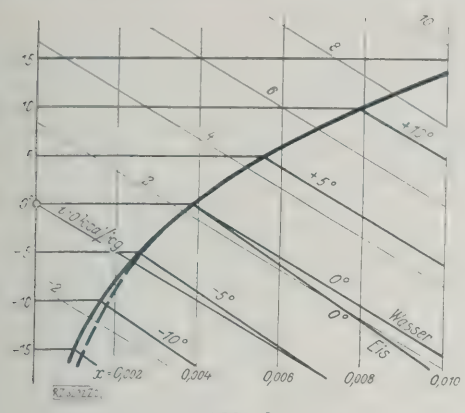



**Abb. 2**
*ix*-Diagramm für die Umgebung des Gefrierpunktes.

Isothermen, eine Wasser- und eine Eis-Isotherme, die sich in der Grenzkurve treffen. Das Gebiet zwischen beiden entspricht einer Mischung von Luft, Dampf, Wasser und Eis. Jedem Mengenverhältnis zwischen Eis und Wasser gehört ein besonderer Strahl in diesem Gebiet zu.

Wenn das *ix*-Diagramm nur für einen Gesamtdruck aufgezeichnet wird, so lassen sich die Isothermen des Nebelgebietes leicht einzeichnen, es ist nur erwünscht, sie durch die Strichstärke oder die Farbe deutlich von den *i*-Linien zu unterscheiden. Die Richtung der Nebelisothermen ist unabhängig vom Gesamtdruck, aber ihr Ansatzpunkt an die Isothermen des ungesättigten Gebietes ändert sich mit der Lage der Grenzkurve. Will man in das Diagramm Grenzkurven für mehrere Gesamtdrücke aufnehmen, dann empfiehlt es sich, die Nebelisothermen entweder ganz wegzulassen oder nur für den kleinsten Gesamtdruck einzuzeichnen. Wenn wir die Nebelisothermen gar nicht einzeichnen wollen, so wird es sich empfehlen, wenigstens ihre Richtung etwas genauer festzulegen, als es mit dem vom Ursprung ausgehenden Randmaßstab möglich ist, etwa dadurch, daß man für die in Frage kommenden Werte von $\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x}$ einen besonderen Randmaßstab einzeichnet, dessen Ursprung in die linke obere Ecke des Diagramms verlegt wird, während die Marken an der unteren Seite bleiben.

**Zustandsänderung bei gleichbleibendem Wassergehalt $x$**

Der Zustandspunkt bewegt sich im *ix*-Diagramm auf einer Senkrechten, Linie 1 2 3, Abb. 3, die Entfernung des Anfangs- und Endpunktes der Zustandsänderung ist die zu- oder abgeführte Wärme $\frac{Q}{L}$.

$$Q = L\,(0{,}24 + 0{,}46\,x)\,(t_2 - t_1)\,.$$

Der Schnittpunkt mit der Grenzkurve ist der Taupunkt. Beim Übergang über die Grenzkurve ist die als Wasser oder Eis niedergeschlagene Menge leicht im Diagramm abzulesen.

**Zustandsänderung unter Veränderung des Wassergehaltes $x$**

Der Wassergehalt $x$ der Luft kann verändert werden, indem wir der gegebenen Luftmenge eine andere von anderem Wassergehalt, oder Wasserdampf oder Wasser beimengen, oder endlich indem wir Wasserdampf aus der Luft zum Niederschlagen bringen und von der Luft trennen. Diese Vorgänge können außerdem von einer Zu- oder Abfuhr von Wärme begleitet sein. Dabei ist es wichtig zu bemerken, daß es für das Ergebnis ganz gleichgültig ist, ob die Wärme vor oder nach oder während der Mischung, und ob sie der einen oder der andern der sich mischenden Mengen zugeführt wird.

**Mischung zweier Luftmengen von verschiedenem Zustand**

Es werde die Menge $L_1\,(1 + x_1)$ von der Temperatur $t_1$ mit einer Menge $L_2\,(1 + x_2)$ von $t_2$ ohne Wärmezufuhr gemischt. Denken wir uns von $1 + x_1$ kg Gemisch vom Zustand 1 ausgegangen und mischen wir allmählich immer mehr Luft vom Zustand 2 zu, so steigt sowohl $x$ wie $i$ proportional der zugeführten Menge, d. h. der Zustand der Luft ändert sich vom Zustand 1 ausgehend im *ix*-Diagramm geradlinig, und da bei Zumischung einer unendlichen Menge vom Zustand 2 dieser erreicht werden muß, so liegen alle Mischungszustände auf der geraden Verbindungslinie der beiden Zustände 1 und 2. Die Abszisse $x_m$ des Mischungszustandes ist durch

$$x_m = \frac{L_1 x_1 + L_2 x_2}{L_1 + L_2}$$

gegeben.

Die Mischungstemperatur kann unmittelbar aus dem Diagramm abgelesen werden. In welchem der beiden Gebiete des Diagrammes die Punkte 1 und 2 liegen, ist ohne Einfluß auf das Gesagte. Fällt der Mischungszustand in das ungesättigte Gebiet, so kann die Mischungstemperatur auch gerechnet werden, fällt er aber in das Nebelgebiet, so ist nur die graphische Bestimmung möglich.

Mischen sich zwei gesättigte Luftmassen, so entsteht immer Nebel, und dessen Menge ist im Diagramm unmittelbar abzugreifen. Haben wir einen Zustand 1 im Nebelgebiet und ungesättigte Luft von Zustand 2, so läßt sich z. B. leicht die Frage beantworten, wieviel von dieser Luft wir der Nebelluft beimengen müssen, um den Nebel aufzuzehren. Wir verbinden beide Zustände durch eine Gerade, ihr Schnitt mit der Grenzkurve gibt den Wert $x_m$, der höchstens vorhanden sein darf, und damit findet sich das Mischungsverhältnis zu

$$\frac{L_1}{L_2} = \frac{x_m - x_2}{x_1 - x_m}\,.$$

Ist die Mischung zweier Luftmengen verbunden mit der Zu- oder Abfuhr einer Wärmemenge $Q$, so finden wir den Endzustand, indem wir im Zustand 1 oder 2 den Betrag $\frac{Q}{L_1}$ oder $\frac{Q}{L_2}$ senkrecht an- oder abtragen und nunmehr die Mischung wie vorher vornehmen.

In Abb. 4 ist ein bestimmter Nebelzustand 1, Punkt $A$, und ungesättigte Luft vom Zustand 2, Punkt $B$, angenommen und gezeigt, wie durch Mischung beider der Nebel zum Verschwinden gebracht werden kann. Um dies zu erreichen, muß der Endzustand mindestens auf der Grenzkurve liegen. Führen wir keine Wärme zu, so ist die 1 kg Nebelluft zuzuführende Luftmenge

$$\frac{L_2}{L_1} = \frac{\overline{AC}}{\overline{BC}}\,.$$

Wenn wir der Luft vor der Mischung Wärme zuführen, so wird ihre Menge verringert werden. Durch Zufuhr der Wärme $\frac{Q}{L_2} = \overline{BD}$ wird der Zustand $D$ erreicht, und $\frac{L_2}{L_1}$ ist jetzt $= \frac{\overline{AE}}{\overline{DE}}$. Soll bei der Entnebelung die Anfangstemperatur der Nebelluft $t_1$ nicht verändert werden, so müssen wir die Luft durch Zufuhr der Wärmemenge $\frac{Q}{L_2} = \overline{BF}$ in den Zustand $F$ überführen, so daß nach der Mischung mit der Nebelluft der Zustand $G$ erreicht wird. Die Wärmemengen $\overline{BD}$ und $\overline{BF}$ beziehen sich auf 1 kg Luft vom Anfangszustand 2 (Punkt B). Um sie ver-

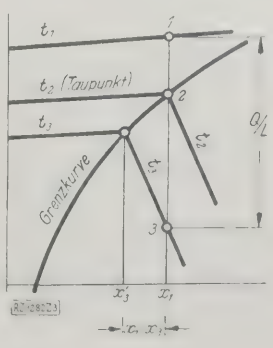



**Abb. 3**
Der Linienzug 1—2—3 stellt eine Zustandsänderung feuchter Luft bei unverändertem Gesamtwassergehalt dar. Im Punkt 2 (Taupunkt) wird die Grenzkurve überschritten. Auf der Strecke 2—3 tritt Wasserniederschlag ein. Strecke 1—3 ist die entzogene Wärme. $x_1$—$x_3'$ ist die ausgefallene Wassermenge, alles für 1 kg Luft.

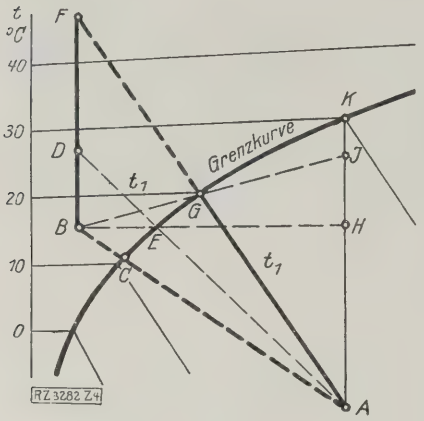



**Abb. 4**
Beseitigung von Nebel durch Beimischung ungesättigter Luft und durch Wärmezufuhr.

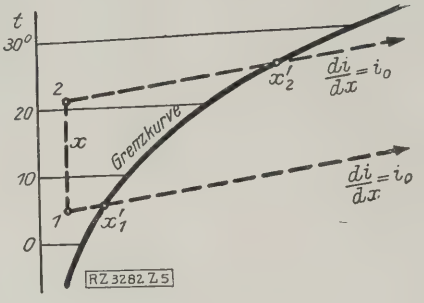



**Abb. 5**
Entstehung von Nebel bei Eintritt von Dampf in einen Raum und Verhinderung der Nebelbildung durch Lüftung und Heizung.

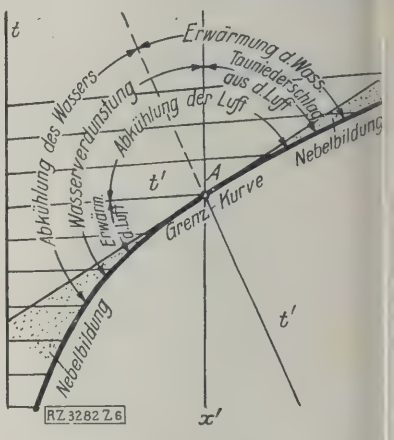



**Abb. 6**
Wechselbeziehungen zwischen einer Wasser- oder Eisoberfläche und der sie berührenden Luft.

gleichbar zu machen, müssen wir sie auf 1 kg Nebelluft beziehen. Durch Ziehen der Strahlen *BH* und *BJ*, durch *E* und *G*, erhalten wir: $\frac{Q}{L_1} = \overline{AH}$ bzw. $\frac{Q}{L_1} = \overline{AJ}$. Wir können den Nebel auch ohne Luftzufuhr durch Mitteilung der Wärme $\frac{Q}{L_1} = \overline{AK}$ allein aufzehren. Dabei ist noch zu bemerken, daß die Wärme $\overline{AK}$ nicht immer größer zu sein braucht, als in den Fällen mit Luftbeimischung, das ist aus Abb. 4 leicht erkenntlich, wenn wir uns den Punkt *B* tiefer gelegen denken.

**Beimischung von Wasserdampf oder Wasser zur Luft**

Führen wir der Luft vom Anfangszustand 1 Dampf oder Wasser zu, so ändert sich der Luftzustand im *ix*-Diagramm wieder geradlinig, da sowohl *x* wie *i* im Verhältnis der zugeführten Menge wachsen. Die Richtung der Geraden ist durch $\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x} = i_0$ gegeben, worin $i_0$ der Wärmeinhalt von 1 kg des zugeführten Dampfes oder Wassers ist. Im letzteren Fall ist $i_0 = t_0$. Das Diagramm zeigt bei Berücksichtigung des Randmaßstabes, daß, wenn wir z. B. von gewöhnlichen Außenluftzuständen ausgehen, durch allmählich gesteigerte Zufuhr von gesättigtem Dampf stets Nebelbildung eintritt. Ist für $p_0 = 1$ at der Wärmeinhalt des zugeführten Dampfes größer als 640 cal, so wird bei weiterer Dampfzufuhr der Luftzustand später wieder aus dem Nebelgebiet heraustreten, sonst nicht. $x_1' - x_1$ und $x_2' - x_2$, Abb. 5, zeigen die maximale Dampfmenge, die wir gerade ohne Nebelbildung einem kg Luft zuführen können. Oder wenn in der Zeiteinheit $G_0$ kg Dampf in einen Raum eintreten, so ist $L = \frac{G_0}{(x' - x_1)}$ die Luftmenge, die ich zur Verhütung von Nebel durch den Raum hindurchführen muß. Diese Luftmenge kann vermindert werden, wenn ich der Luft Wärme zuführe, weil dadurch $x'$ vergrößert wird, Abb. 5.

Wenn der Luft flüssiges Wasser von der Temperatur $t_0$ zugeführt wird, mit der sie ins Gleichgewicht kommt, so wird für $Q = 0$ $\frac{\mathrm{d}\,i}{\mathrm{d}\,x} = t_0$, d. h. der Zustand der Luft ändert sich in der Richtung der der Wassertemperatur entsprechenden Nebelisotherme oder, wenn die Wassertemperatur nicht besonders hoch ist, angenähert nach einer Linie $i =$ konst.

Statt Wasser können wir uns der Luft auch Eis zugeführt denken (Sublimation), die Zustandsänderung verläuft dann in der Richtung der der Eistemperatur entsprechenden Eisnebelisotherme.

Aus den letzten Abschnitten geht auch hervor, welche Mittel angewendet werden können, um einen gewünschten Luftzustand, z. B. bei Heizungs- und Lüftungsanlagen, herzustellen und wie vorteilhaft hierbei das *ix*-Diagramm verwendet werden kann.

**Luft von gegebenem Anfangszustand streicht über ein Wasser- oder Eisoberfläche von gegebener Temperatu**

Über einer Wasser- oder Eisfläche befindet sich ste eine dünne Grenzschicht von Luft, die mit Wasserdam gesättigt ist und die Temperatur des Wassers oder Eis hat. Kommt nun eine Luftmenge von gegebenem Zustan mit der Wasser- oder Eisoberfläche in Berührung, s spielt sich zwischen der Luft und der Grenzschicl ein Mischungsvorgang ab, durch den nach dem frühe Erörterten der Zustand der Luft im *ix*-Diagramm ein Änderung in der Richtung der Verbindungslinie des Luf zustandes und des Zustandes der Grenzschicht, d. h. nac dem der Wassertemperatur entsprechenden Punkt de Grenzkurve erfahren muß. Ist der anfängliche Feuch tigkeitsgehalt der Luft *x* kleiner als der der Grenz schicht $x'$, so nimmt die Luft Wasserdampf aus de Wasser auf (Verdunstung), ist er größer, so schlägt sic Wasserdampf aus der Luft in das Wasser nieder (Tau bildung).

Das Kriterium $x \gtrless x'$ fällt natürlich zusammen m dem von *Dalton* gegebenen $p \gtrless p'$. Die Mischung de Luft mit der Randschicht erfolgt allmählich, indem sic zunächst kleine Teile der Luft mit der Randschich mischen, dann das Mischungserzeugnis wieder mit frische Luft usw. Alle diese Mischungserzeugnisse müssen abe notwendig auf der erwähnten Geraden liegen. Das Ge sagte gilt aber nur solange die Wassertemperatur un veränderlich bleibt. Es ist also zunächst nur die Rich tung bestimmt, in welcher der Zustand der Luft sich be Berührung mit der Wasserfläche zu ändern beginnt.

Wenn wir voraussetzen, daß kein Wärmeaustausc mit der Umgebung erfolgt, so wird die Wassertemperatu nur dann dauernd die gleiche bleiben, wenn bei ge gebenem Luftzustand die Wassertemperatur gleich de der durch den Luftzustand gehenden (verlängerten Nebelisotherme ist. Dann wird die zur Verdampfung de Wassers und Temperaturerhöhung des Dampfes nötig Wärme gerade durch die Abkühlung der Luft geliefert Wir haben dann genau den Fall des vorigen Kapitels, w wir uns dachten, das Wasser von gegebener Temperatu in einen Luftstrom von gegebenem Anfangszustand ohn Wärmezufuhr eingeführt wird und dabei mit der Luf ins Gleichgewicht kommt. Wenn das Wasser ursprüng lich eine höhere Temperatur als die erwähnte hat, s fehlt dem Mischungsvorgang mit der Grenzschicht Wärme und diese muß dem Wasservorrat entnommen werden wodurch sich die Wasseroberfläche so lange abkühle muß, bis sie die erwähnte Grenztemperatur und dami den Beharrungszustand erreicht hat. Ist die ursprüng liche Wassertemperatur niederer als die Grenztemperatur so wird bei dem Mischungsvorgang mit der Grenzschicht Wärme frei. Sie wird vom Wasser aufgenommen und dessen Temperatur steigt, bis wieder die Grenztemperatur erreicht wird. Jene zu einem gegebenen Luftzustand

gehörige Wassergrenztemperatur wird in der Technik die Kühlgrenze genannt. Wir finden sie am einfachsten, wenn wir im *ix*-Diagramm die Schar der Nebelisothermen auch in das ungesättigte Gebiet einzeichnen. Die auf einer solchen verlängerten Nebelisotherme liegenden Luftzustände sind solche gleicher Kühlgrenze.

Alles Gesagte gilt auch für die Berührung einer Luftmenge mit einer Eisoberfläche und der über ihr lagernden gesättigten Grenzschicht.

In Abb. 6 stellt Punkt $A$ den Zustand der Grenzschicht über einer Wasser- oder Eisfläche von der Temperatur $t'$ dar. Wenn ungesättigte oder im Grenzfall gerade gesättigte Luft mit dieser Fläche in Berührung kommt, so ist für die Richtung der sich abspielenden Vorgänge maßgebend: die Lage des Luftzustandes zu den folgenden vier Linien: der Grenzkurve, der Tangente an diese, der Linie $x' =$ konst., der Luftisotherme durch $A$ und der durch $A$ gehenden verlängerten Nebelisotherme.

### Das Psychrometer

Der Vorgang im Psychrometer von *August*, das heute hundert Jahre alt ist, entspricht genau dem im vorigen Kapitel geschilderten Vorgang. Wenn wir annehmen dürfen, daß kein Wärmeaustausch mit der Umgebung erfolgt, so zeigt das befeuchtete Thermometer die Kühlgrenze. Die Abweichungen, die der Wärmeaustausch mit der Umgebung zur Folge hat, sind beim Aspirationspsychrometer durch Verstärkung des inneren Wärmeumsatzes gegenüber dem nicht ganz zu vermeidenden äußeren und durch gute Isolation sehr verringert.

Unter der Voraussetzung, daß das feuchte Thermometer die Kühlgrenze $t'$ zeigt, kann der zu bestimmende Zustand der Luft im *ix*-Diagramm sofort abgelesen werden, es ist nur nötig, die Nebelisotherme $t'$ mit der Luftisotherme $t$ (trockenes Thermometer) zum Schnitt zu bringen. Rechnerisch folgt $x$ aus der Beziehung

$$\frac{i' - i}{x' - x} = t'$$

und den früher gegebenen Formeln für $i$ und $i'$ zu

$$x = x' - \frac{c_L + x' c_D}{r' + c_D (t - t')} .$$

In dieser Formel, die nicht auf Wasserdampfluftgemische beschränkt ist, bezieht sich $x'$ auf die Temperatur des feuchten Thermometers, $x$ auf den zu messenden Luftzustand. $r'$ ist die Verdampfungswärme bei der Temperatur $t'$. Für Dampfluftgemische wird mit $r' = 595 - 0{,}54\,t'$

$$x' - x = \frac{0{,}24 + 0{,}46\,x'}{595 + 0{,}46\,t - t'} (t - t') = \frac{c'}{Q} (t - t')$$

$c'$ ist die spezifische Wärme der feuchten Luft vom Wassergehalt $x'$, $Q$ diejenige Wärme, die nötig ist, um 1 kg Wasser von der Temperatur $t'$ zu verdampfen und auf die Temperatur $t$ zu erwärmen.

In der Meteorologie wird zur Auswertung der Messungen mit dem Psychrometer gewöhnlich die folgende einfache Formel benützt:

$$p' - p = A\,p_0 (t - t') ,$$

worin $p'$ der der Temperatur $t'$ entsprechende Druck von gesättigtem Wasserdampf und $p$ der zu ermittelnde Teildruck des Dampfes in der Luft und $p_0$ der Gesamtdruck (Barometerstand) ist. $A$ ist die sogenannte Psychrometerkonstante, die für das Aspirationspsychrometer meist zu 0,00066 angegeben wird. Der Grenzwert von $A$ für den Fall, daß das feuchte Thermometer genau die Kühlgrenze zeigt, kann aus der obigen Gleichung für $x' - x$ leicht berechnet werden, wenn man in dieser $x'$ und $x$ durch $p'$ und $p$ ersetzt. Bezeichnen wir noch mit $C_L$ und $C_D$ die spezifischen Wärmen bezogen auf 1 Mol., so erhalten wir für irgendein Gasdampfgemisch für den Grenzwert von $A$ den Ausdruck

$$A = \frac{C_L - (2\,C_L - C_D)\frac{p'}{p_0} - (C_D - C_L)\left(\frac{p'}{p_0}\right)^2}{M_D\,r' + (C_D - C_L)\left(1 - \frac{p'}{p_0}\right)(t - t')} .$$

Daraus folgt für Wasserdampfluftgemische, wenn wir für die spezifische Wärme der Luft den Mittelwert zwischen 0 und 20° einsetzen, der von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zu 0,2407 angegeben wird, und $c_D = 0.46$ beibehalten:

$$A = \frac{0{,}388 - 0{,}314\frac{p'}{p_0} - 0{,}074\left(\frac{p'}{p_0}\right)^2}{r' + 0{,}074\left(1 - \frac{p'}{p_0}\right)(t - t')} ,$$

worin $r' = 595 - 0{,}54\,t'$ zu setzen wäre. Das quadratische Glied im Zähler ist außerordentlich klein und zu vernachlässigen. Auch das zweite Glied im Nenner beträgt höchstens 2 vH der Verdampfungswärme. Ebenso ist der Barometerstand von recht geringem Einfluß, so daß, außer in besonderen Fällen, dafür ein Mittelwert (750 mm) gesetzt werden kann. So erhalten wir:

$$A = \frac{0{,}388 - 0{,}000\,42\,p'}{595 - 0{,}54\,t'} ,$$

worin $p'$ in mm Q.-S. eingesetzt werden muß. Den dann allein übrigbleibenden Einfluß von $p'$ zeigt die folgende Reihe:

| $t' =$ | 0 | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 45 | 50° |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $10^6\,A =$ | 649 | 651 | 652 | 652 | 651 | 650 | 647 | 643 | 636 | 627 | 615 |

$A$ geht durch ein flaches Maximum hindurch, das gerade in dem meistgebrauchten Temperaturgebiet liegt. Der Mittelwert dieses Gebietes $A = 0{,}000\,65$ stimmt sehr nahe mit dem Erfahrungswert für das Aspirationspsychrometer überein. Daraus wäre zu schließen, daß sich bei diesem Instrument das feuchte Thermometer nahezu auf die Kühlgrenze einstellt.

Für $t' < 0$ tritt im Falle des Gleichgewichtes Eis an die Stelle von Wasser in der Umhüllung des feuchten Thermometers, und unsere Formeln sind mit Rücksicht auf den geringeren Wärmeinhalt des Eises, der auf Wasser von 0° bezogen $-80 + 0{,}5\,t'$ beträgt, zu ändern. Es wird:

$$x' - x = \frac{0{,}24 + 0{,}46\,x'}{675 + 0{,}46\,t - 0{,}5\,t'} (t - t')$$

und die Formel für die Psychrometerkonstante:

$$A = \frac{0{,}388 - 0{,}000\,42\,p'}{675 - 0{,}5\,t'} .$$

Daraus folgt:

| $t' =$ | −40 | −30 | −20 | −10 | 0° |
|---|---|---|---|---|---|
| $10^6\,A =$ | 593 | 589 | 584 | 580 | 578 |

Auch diese Werte stehen in guter Übereinstimmung mit den empirisch bestimmten Konstanten, die bei stark belüfteten Psychrometern zu etwa 0,000 58 angegeben werden.

Quellennachweis

1. *Mollier*, Ein neues Diagramm für Dampfluftgemische. Z. Bd. 67 (1923) S. 869.
2. *Huber*, Zustandsänderungen feuchter Luft in zeichnerischer Darstellung. Z. d. bayerischen Revisionsvereins Bd. 28 (1924) S. 79.
3. *Grubenmann*, *Ix*-Tafeln feuchter Luft. Berlin 1926, J. Springer.
4. Merkel, Verdunstungskühlung. Mitteilungen über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 275. Auszug daraus Z. Bd. 70 (1926) S. 123.
5. *Merkel*, Der Berieselungsverflüssiger. Z. für die gesamte Kälteindustrie Bd. 34 (1927) S. 24.
6. *Merkel*, Der Wärmeübergang an Luftkühlern. Z. für die gesamte Kälteindustrie Bd. 34 (1927) S. 117.
7. *Merkel*, Die Berechnung der Verdunstungsvorgänge auf Grund neuerer Forschungen, Sparwirtschaft. Z. für wirtschaftlichen Betrieb, Wien 1928, S. 312.
8. *Hirsch*, Die Abkühlung feuchter Luft, Gesundheits-Ingenieur Bd. 49 (1926) S. 376.
9. *Hirsch*, Die Kühlung feuchten Gutes unter besonderer Berücksichtigung des Gewichtsverlustes. Z. für die gesamte Kälteindustrie Bd. 34 (1927) S. 97.
10. *Hirsch*, Trockentechnik, Berlin 1927, J. Springer.
11. *Schlenk*, Das Darren von Malz, Wochenschrift für Brauerei 1928, Heft 37 u. f.

[B 3282]

# Das Röhren-Elektrometer „Mecapion“

Während Messungen mit einem üblichen Elektrometer zeitraubend und mühsam sind und außerdem an die Sorgfalt des Beobachters oft außerordentlich große Anforderungen stellen, besonders dann, wenn viele Einzel- bzw. Dauermessungen durchzuführen sind, mißt das Röhren-Elektrometer „Mecapion“, Abb. 1, durchaus selbsttätig. Der Name ergab sich daraus, daß grundsätzlich nach dem gleichen Verfahren Hochohmwiderstände (Megohme), Kapazitäten und Ionisationen gemessen werden können.

Abb. 2 zeigt die Schaltung in Verbindung mit einer lichtelektrischen Zelle (Photozelle). Statt der lichtelektrischen Zelle für sichtbares oder nicht sichtbares Licht kann auch eine Ionisationskammer verwendet werden zum Messen von Röntgenstrahlen (Grenzstrahlen) sowohl für Einzelmessungen als auch als Dosiszähler. Sowohl der obere als auch der untere Spannungswert am Gitter der Verstärkerröhre wird bis auf 1 vH genau eingehalten und eindeutig bestimmt.

Als Dosiszähler integriert (summiert) das Mecapion die Gesamtstrahlung, die die lichtelektrische Zelle (oder die Ionenkammer) trifft.

Sobald die Kathode der lichtelektrischen Zelle (Belag z. B. mit Natrium, Kalium, bzw. Kadmium) der Lichtstrahlung ausgesetzt wird, treffen die freigewordenen Photoelektronen die Anode der Zelle. Dadurch wird der parallel geschaltete Kondensator *b* je nach der Stärke der Lichtquelle mehr oder weniger rasch entladen. Sobald das Gitter der Verstärkerröhre, das sehr gut isoliert sein muß, soweit entladen ist, daß der Anodenstrom in der Röhre wieder einsetzen kann, schließt das Relais *d* im Anodenkreis den Lokalstromkreis; dann zieht das Relais *e* seinen Anker an, und dieser unterbricht am Ende seiner Bewegung den Trennkontakt *f*. Auf diese Weise wird ein aus der Heizbatterie *g* durch die Primärwicklung des Transformators über den Vorschaltwiderstand *l* fließender schwacher Strom plötzlich unterbrochen, wodurch in der Sekundärwicklung *k* des Transformators, der eine geeignete Dauervorspannung aus der Anodenbatterie *h* erhält, ein Stromstoß entsteht, der den Kondensator *b* bzw. das Gitter *c* auflädt. Auf dem Gitter entsteht dann eine stark negative Spannung, wodurch der Anodenstrom in der Verstärkerröhre unterbunden wird.

An der Anode der lichtelektrischen Zelle herrscht also in diesem Augenblick eine Spannung, die sich aus der Spannung des Sekundär-Stromstoßes und der eingestellten Vorspannung aus der Anodenbatterie zusammensetzt. Selbst wenn die Zelle voll entladen ist, bleibt immer noch an der Zelle bzw. am Kondensator die Vorspannung bestehen. Dadurch ist Sättigung an der Zelle selbst bei sehr starken Strahlungen gewährleistet.

Bei gasgefüllten Zellen wird man die Vorspannung klein wählen und in die Leitung zur Zellenanode einen Schutzwiderstand von rd. 5 MΩ vorschalten. Der kleine Kondensator *m* und der Schutzwiderstand *n* wirken gewissermaßen als Funkenlöscheinrichtung, damit die negative Aufladung (Verriegelung) des Gitterkondensators stets gleichmäßig erfolgt.

Ist das Gitter entladen, also die Verstärkerröhre eingeschaltet, so fließt der Anodenstrom durch die Röhre, der

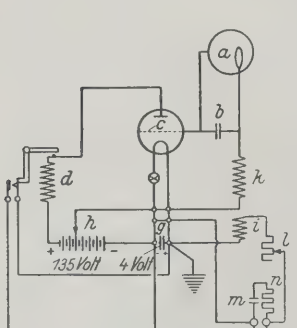



**Abb. 2**
Schaltbild für Lichtmessungen mit dem „Mecapion“

*a* Lichtelektrische Zelle (Photozelle)
*b* Kondensator
*c* Gitter der Verstärkerröhre
*d*, *e* Relais im Anodenkreis
*f* Trennkontakt
*g* Heizbatterie
*h* Anodenbatterie
*i* Primärwicklung eines Transformators
*k* Sekundärwicklung eines Transformators
*l* Vorwiderstand
*m* Schutzkondensator
*n* Schutzwiderstand
*o*, *p* Anschlußklemmen für elektrisch gesteuerte Stoppuhren

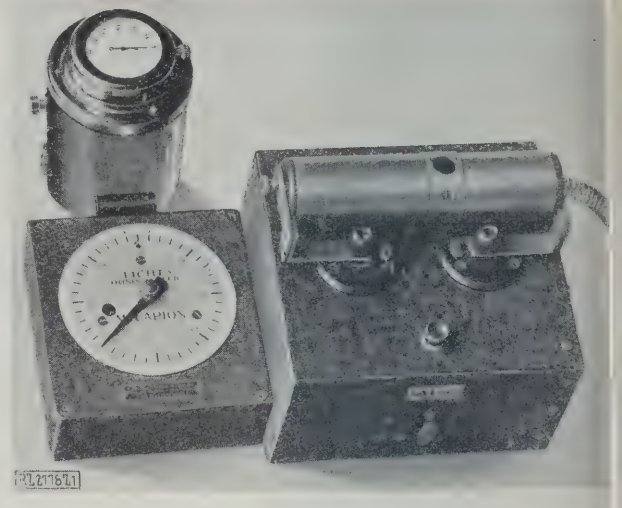



**Abb. 1**
Selbsttätiges Röhrenelektrometer „Mecapion“.

Anker des Anodenrelais *d* wird angezogen und der Lokalstromkreis geschlossen, doch nur sehr kurzzeitig, weil schon, wie Oszillogramm-Messungen ergeben haben, nach 0,05 s der Verriegelungsvorgang durch Öffnen des Trennkontaktes *f* einsetzt bzw. beendet ist. Gitter und Kondensator *b* werden abermals stark negativ aufgeladen, und da der Anodenstrom in der Röhre nicht mehr fließen kann, ist die Elektrizitätsmenge *Q* auf dem Kondensator festgehalten. Erst durch freiwerdende Elektronen der Zelle entlädt sich der Kondensator *b* soweit, bis ein kurzer Anodenstrom in der Verstärkerröhre abermals fließen kann, wodurch das Spiel von neuem beginnt.

Die Elektrizitätsmenge *Q* ergibt sich aus der Kapazität *C* des Kondensators *b* zuzüglich der Kapazität des Gitters und der Zelle und aus dem Spannungsgefälle, das die Photozelle bzw. die Ionisationskammer durchläuft. Die abgeflossene Elektrizitätsmenge ist $Q = CU = C\,(U_2 - U_1)$. Der obere Spannungswert $U_2$ ergibt sich aus dem Übersetzungsverhältnis des Transformators und aus der an der Primärwicklung des Transformators liegenden Spannung des Heiz-Akkumulators (4 V), während der untere Spannungswert $U_1$ jener Stelle der Röhrencharakteristik entspricht, bei der in der Röhre der wiedereinsetzende Anodenstrom soweit gestiegen ist, daß das Relais *d* anzieht. Diese beiden Spannungswerte sind bei gegebener Röhre bzw. gegebenem Durchgriff und gegebener Gitterkapazität immer genau gleich.

Mit dem Röhren-Elektrometer „Mecapion“ können die Signalintervalle auch objektiv gemessen werden, was eine große Annehmlichkeit bildet. In diesem Falle wird an die Klemmen *o p* eine elektromagnetisch gesteuerte Stoppuhr angeschlossen oder eine Zähluhr, die bei jedem Intervall um einen Skalenteil fortschreitet. Schließlich kann auch ein eigens konstruierter, sogenannter Nachweiser dort angeschaltet werden, wobei ein gummierter Morse-Papierstreifen bei jedem Ablauf um 1 mm vorwärtsgeschoben wird.

Das Gleichbleiben der Meßangaben des Mecapion kann mit einem „Uran-Standard“ jederzeit nachgeprüft werden. Es besteht aus einem Kondensator mit zwei konzentrisch angeordneten Zylindern, die mit Uranoxyd bedeckt sind. Der einseitige, von 1 cm² Uranoxyd herrührende Ionisationsstrom beträgt 0,001 75 elektrostatische Einheiten in der Sekunde. Sättigung ist gewährleistet. Diese Ionisationsströme bzw. die Ablaufzeiten müssen bei den Prüfmessungen bis auf 1 bis 2 vH übereinstimmen.

Das Röhren-Elektrometer hat sich als Röntgendosiszähler und für Daueraufzeichnungen veränderlicher Lichtmengen, z. B. der Dämmerung, der Tageshelligkeiten usw. bewährt; in Verbindung mit einem Hilfsgerät lassen sich die veränderlichen Lichtmengen unmittelbar in Kurvenform aufzeichnen. [M 2778] Ing. *S. Strauss*

# „St. Louis“ und „Milwaukee“

## Die beiden neuen Zweischrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie

*Von Dipl.-Ing. E. GÖDECKEN und Dipl.-Ing. B. BLEICKEN, Hamburg*

***Diese Schiffe sind heute die größten deutschen Motorschiffe und außerdem die ersten großen Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie im nordamerikanischen Dienst, wofür diese Reederei bisher nur Dampfer mit Ölfeuerung verwendet hat. Die Geschwindigkeit und Ausstattung hat man mit Rücksicht auf den Fahrpreis möglichst niedrig gewählt, um vielen Geschäftsreisenden und Auswanderern, vor allem auch den heute zahlreichen Touristen nach Möglichkeit entgegenzukommen. Einblick in die Einrichtungen der Schiffe — Begründung für Wahl der Antriebmotoren — Beschreibung wesentlicher Einzelheiten.***

### Allgemeines

Bei der Wahl der Inneneinrichtungen und der Schiffsgeschwindigkeit von Fahrgastschiffen haben sich die Reedereien nach den Wünschen der Fahrgäste zu richten. Zahlungsfähige Gäste, deren Zahl verhältnismäßig gering ist, bevorzugen große, schnelle Schiffe mit vorzüglicher Ausstattung der Wohn- und Gesellschaftsräume, die große Menge der weniger zahlungsfähigen und sparsamen Gäste, darunter die Touristen, werden Plätze auf Schiffen mit niedrigen Fahrpreisen belegen, deren Räume naturgemäß etwas weniger schmuckvoll gehalten sind und die auch langsamer fahren, um die Brennstoffkosten niedrig zu halten. Arme Auswanderer schließlich werden mit dem vorlieb nehmen, was ihnen für ihre Zahlung jeweils geboten werden kann.

Bei der Senkung des Volkswohlstandes in der Nachkriegzeit haben die Schiffe mit niedrigen Fahrpreisen einen erhöhten Zuspruch erfahren, und das hatte zur Folge, daß verschiedene Schiffe in Dienst gestellt worden sind, die die alten deutschen Schnelldampfer an Geschwindigkeit bei weitem nicht erreichen; dabei hat man aber die neuen Schiffe so wohnlich wie möglich auszustatten gesucht. Vertreter dieser Schiffsklasse sind die neuen Motorfahrgastschiffe der Hamburg-Amerika-Linie „St. Louis“ und „Milwaukee“. Jenes ist vom Bremer Vulkan, Vegesack, im März fertiggestellt worden, dieses ist bei Blohm & Voß, Hamburg, erbaut und im Juni in Dienst gestellt worden. Beide Schiffe werden ausgehend über Boulogne, Southampton und Halifax nach New York und heimwärts über Cherbourg und Southampton fahren, die Schiffe sind damit die ersten großen Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie im nordamerikanischen Dienst, wofür diese Reederei für Schiffe solcher Größe bisher dem Turbinenantrieb mit Ölfeuerung den Vorzug gegeben hatte.

Mit 23 000 t Verdrängung und Raum für 1183 Fahrgäste, 321 Mann Besatzung und 10 000 t Ladung sind „St. Louis“ und „Milwaukee“ heute die größten deutschen Motorschiffe überhaupt. Ihre Geschwindigkeit soll bei 12 000 PS Wellenleistung rund 16 Kn betragen. Die gewählten Abmessungen sind 175,07 m Länge über alles, 165.77 m in der Wasserlinie auf 8,84 m Tiefgang, 22 m Breite und 13,8 m Seitenhöhe bis zum Hauptdeck. Der Deckabstand beträgt im allgemeinen 2,45 m, er ist jedoch zwischen dem II. und III. Deck, wo sich drei Speisesäle und die Wirtschaftsräume befinden, auf 2,6 m und zwischen dem Promenaden- und dem Bootsdeck auf 2,7 m vergrößert worden.

Die Raumvermessung, die für die Festsetzung von Gebühren erforderlich ist, schließt mit 16 722 Brutto- und 9766 Netto-Registertonnen (zu 2,83 m³) ab.

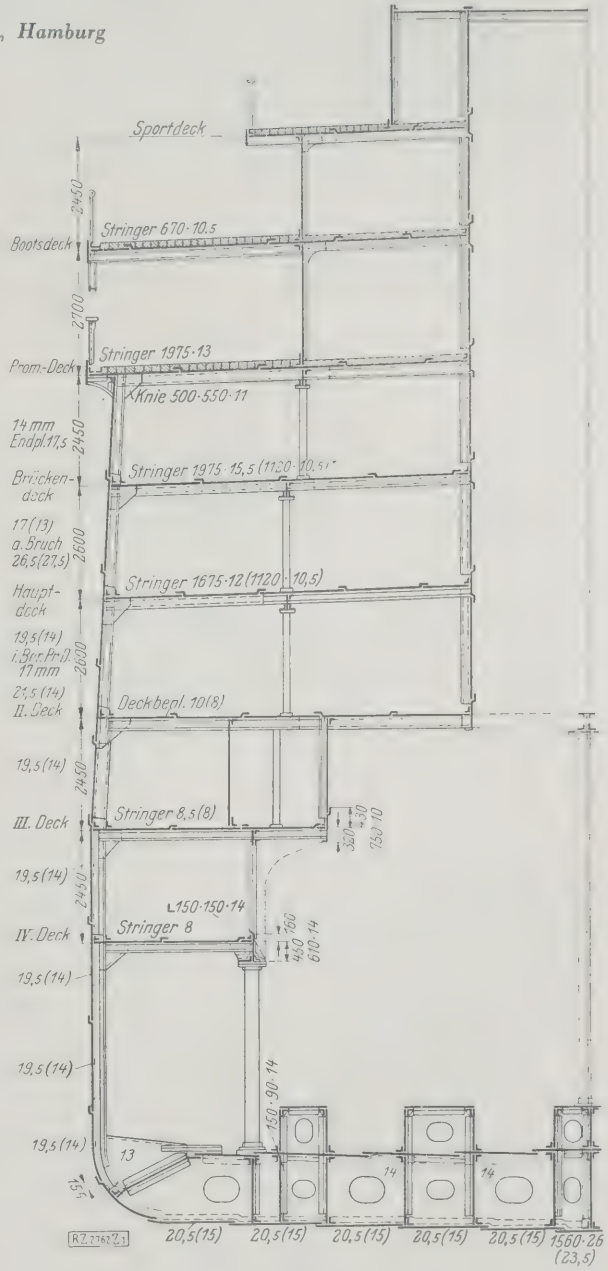
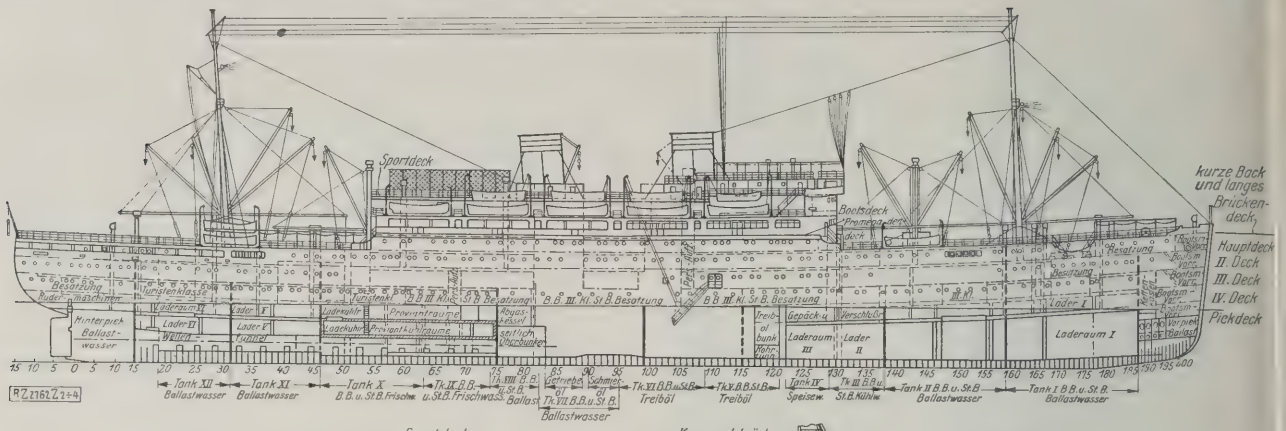
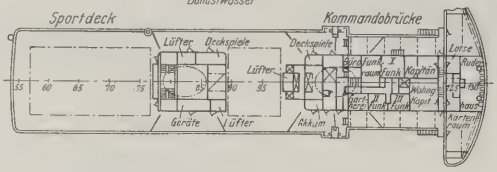



**Abb. 1**
Hauptspant.

### Bauvorschriften

Hinsichtlich der Dicken der Außenhaut der Decks und Schotten sowie der Verbände, Sonderteile usw. sind beim Bau die Vorschriften des Germanischen Lloyd für seine höchste Klasse berücksichtigt worden. Die Verteilung der Verbände geht aus dem Hauptspant, Abb. 1, hervor. Außer den genannten Vorschriften wurden eine ganze Reihe von Vorschriften verschiedener Länder und Behörden beachtet, so die deutschen und amerikanischen Gesetze für Auswandererschiffe, die Vorschriften der Seemannsordnung, des Bundesrates hinsichtlich der Mannschaftsunterbringung, der Seeberufsgenossenschaft über Schotte und zur Unfallverhütung und



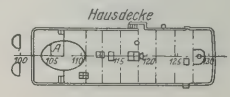




**Abb. 2 bis 4**
Längsschnitt, Sportdeck, Brückenhausdecke.

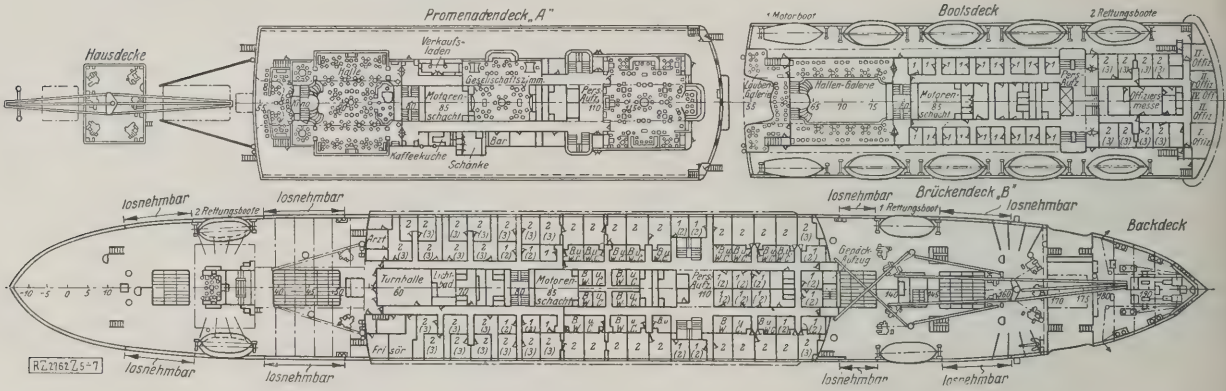



**Abb. 5 bis 7.** Promenadendeck, Bootsdeck, Brücken- und Backdeck.

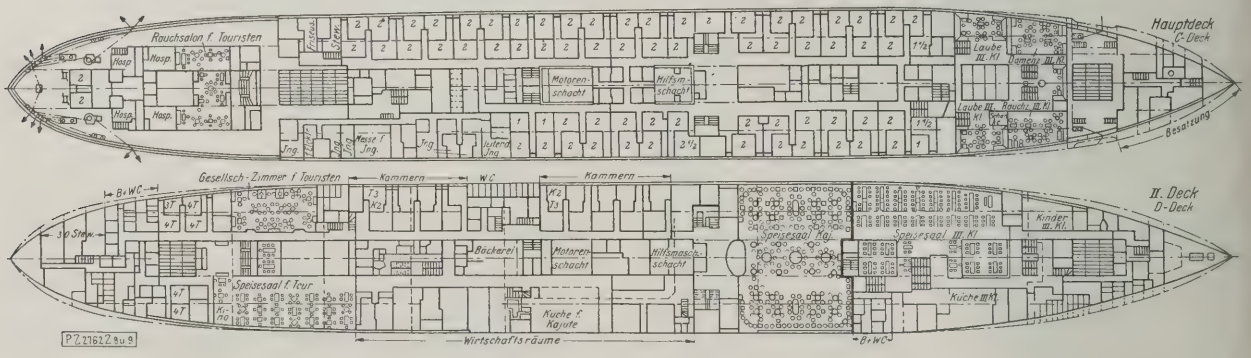



**Abb. 8 und 9.** Hauptdeck und II. Deck.

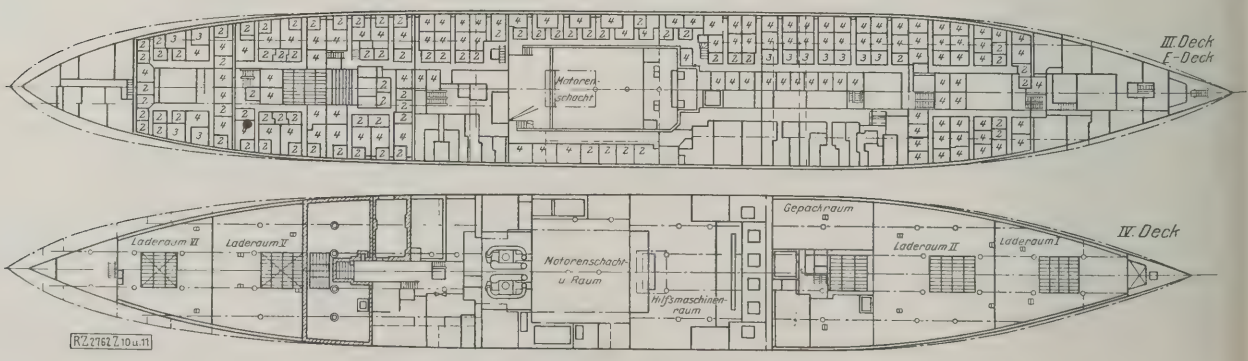



**Abb. 10 und 11.** Drittes und viertes Deck.

**Abb. 2 bis 11.** Längsschnitt und obere Decks.

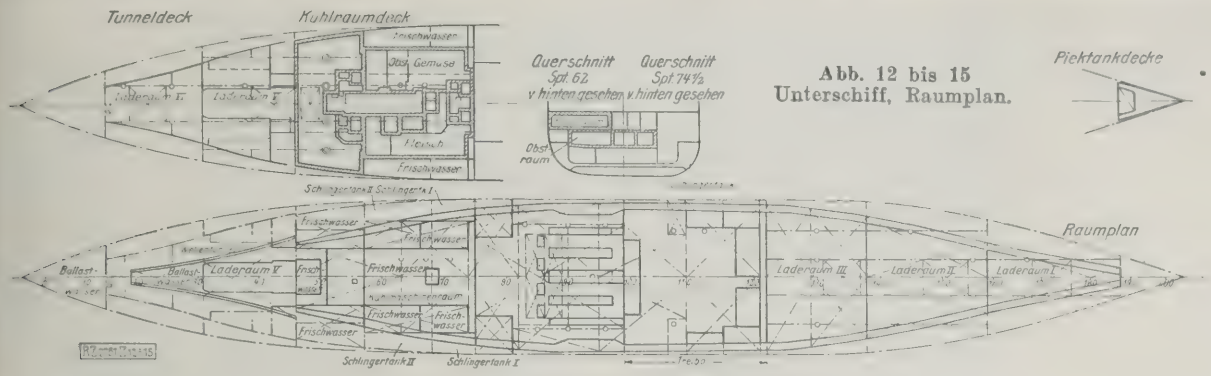



**Abb. 12 bis 15**
**Unterschiff, Raumplan.**

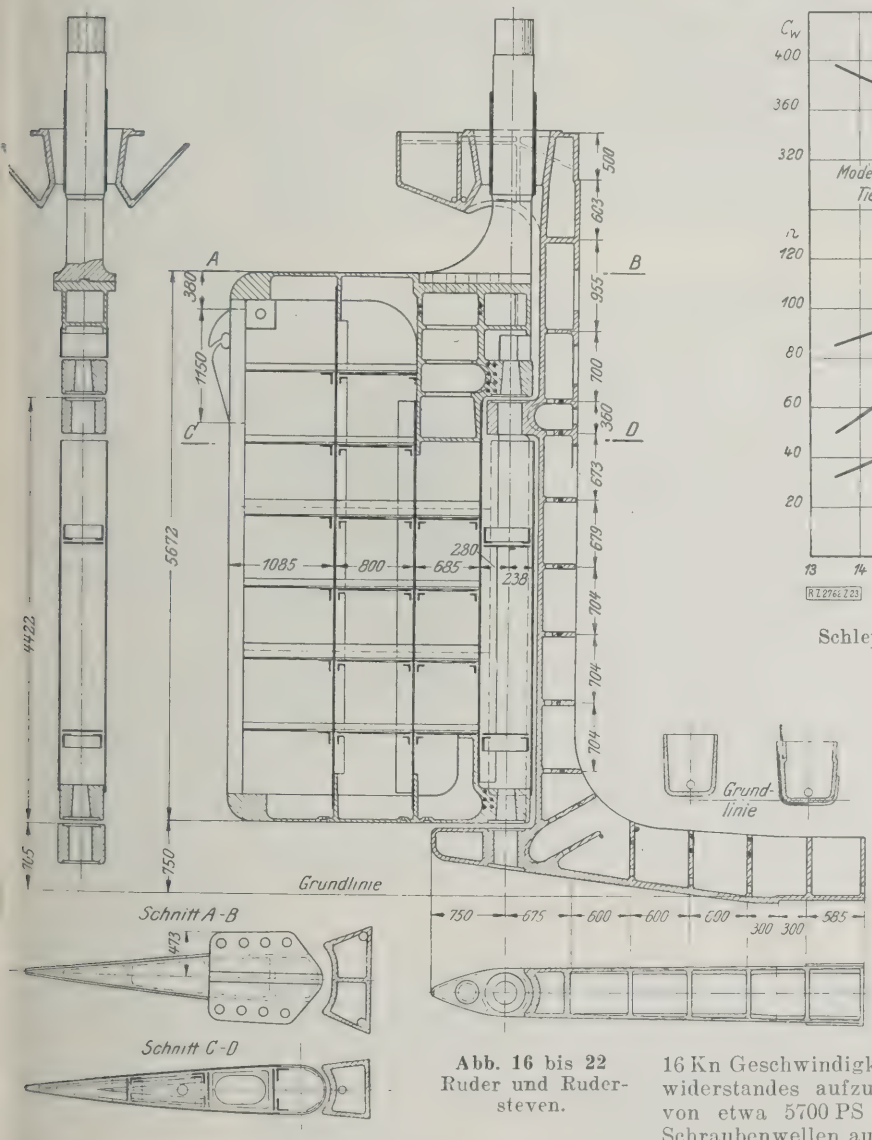



**Abb. 16 bis 22**
Ruder und Rudersteven.

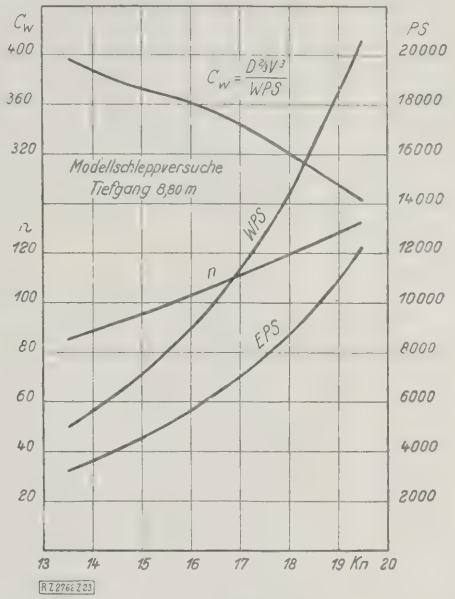



**Abb. 23**
Schleppversuch mit Wellenhosen und Ruder.

schließlich auch die des englischen Board of Trade, die eine eingehende Besichtigung des Schiffes durch englische Beamte für solche Schiffe vorschreiben, die Fahrgäste III. Klasse von englischen Häfen aus befördern.

### Die Schiffsform

Wie man aus Abb. 2 bis 15 erkennt, haben die Schiffe einen etwas ausfallenden Vorsteven und ein abgerundetes, sogenanntes Kreuzerheck erhalten. Für einen günstigen Strömungsverlauf am Hinterschiff sind die Wellenhosen nach hinten zugeschärft und das Ruder möglichst glatt und stromlinienförmig ausgebildet worden. Die Form und Bauart des Ruderstevens, der ohne Öffnung unmittelbar an die Außenhaut anschließt, geht aus Abb. 16 bis 22 hervor. Auch die Form des Ruders kann man hieraus erkennen. Zu bemerken ist jedoch zu dieser Zeichnung, daß die eingezeichneten Fingerlinge nur zur Führung dienen; gelagert ist das Ruder in einem besonderen Lager auf dem II. Deck.

Modellversuche für die Nachprüfung der Schiffsform hat die Hamburgische Schiffsbauversuchsanstalt ausgeführt, die sich gerade bei der Ausbildung der Hinterschiffsform von Handelsschiffen große Verdienste erworben hat. Diese Modellversuche haben für 16 Kn Geschwindigkeit eine zur Überwindung des Schiffswiderstandes aufzubringende effektive Leistung (EPS) von etwa 5700 PS ergeben. Die zugehörige an den Schraubenwellen aufzuwendende Leistung (WPS) beträgt nach dem Versuch bei 103 U/min rd. 9000 PS, Abb. 23. Der Unterschied ist vorwiegend auf Verluste in der Schraube zurückzuführen. Tatsächlich sind für die gleiche Geschwindigkeit rd. 12 000 PS Maschinenleistung vorgesehen. Diese Mehrleistung dürfte dem Schiff bei schlechtem Wetter für das Durchhalten der Geschwindigkeit zugute kommen.

### Die Raumeinteilung

des Schiffes geht aus dem Längsschnitt, Abb. 2, hervor. Vorhanden sind unter dem Hauptdeck (I. Deck) zwei Decks mit Einrichtungen für Fahrgäste, Abb. 8 bis 10. Über dem Hauptdeck befinden sich im Mittelschiff das lange Brückendeck sowie das kurze Backdeck, ferner das Promenadendeck, das Bootsdeck und außerdem ein Sportdeck, Abb. 2 bis 7. Die untersten Decks, nämlich das

IV., das Tunneldeck und ein Kühlraumdeck, dienen für die Unterbringung von Ladung, Gepäck und Mundvorrat, der in verschiedenen Räumen, darunter auch Kühlräumen, gestaut wird, Abb. 12 bis 15.

Der Unterraum des Schiffes bis zum II. Deck (Schottendeck) ist durch zehn wasserdichte Schotte unterteilt worden, elf wasserdichte Türen sind an den Stellen vorgesehen worden, wo sie der Schiffsbetrieb erfordert. So an den Eingängen zu den Wellentunneln, ferner im Schott zwischen Haupt- und Hilfsmaschinenraum und in den Schotten auf dem IV. Deck.

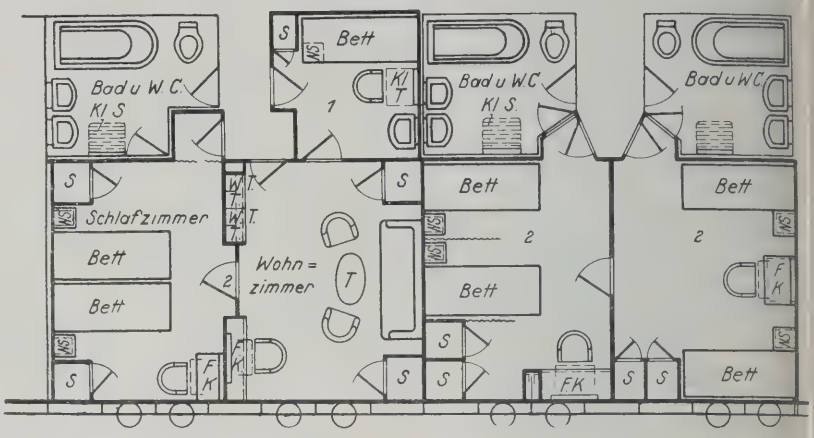
Der Doppelboden reicht vom Kollisionsschott bis zum Hinterpiekschott. In den Doppelbodenzellen wird vorn und hinten Wasser und unter den Maschinenräumen Öl mitgeführt. Außer diesen Ölzellen sind vor dem Hilfsmaschinenraum noch Ölbunker vorgesehen, Abb. 2 und 15. Betrachtet man die Einrichtungspläne Abb. 2 bis 15 im ganzen, so erkennt man ohne weiteres, wie durch die Verwendung von niedrigen, schnellaufenden Dieselmotoren als Hauptmaschinen an freier Decksfläche gewonnen wird. Umfangreiche Rauchfänge wie bei Dampfern und große Deckdurchbrechungen für Maschinenschächte fallen weg, es bleibt nur ein winziger Motorenschacht, Abb. 5 bis 11. Dieser Raumgewinn kommt den

### Einrichtungen für Fahrgäste

zugute. Allerdings ist es bei so breiten Deckflächen schwer, Kammern ohne Aussicht auf See ganz zu vermeiden. Abb. 24 bis 27 zeigen, wie man sich bei „St. Louis“ und „Milwaukee“ nach Möglichkeit geholfen hat. Die Einrichtungen für Fahrgäste zerfallen in drei Klassen, nämlich die Kajüte, die Touristen- und die III. Klasse. Die Kammern der Kajüte haben ein Bett oder zwei freistehende Betten und liegen im Mittelschiff auf dem Bootsdeck, dem Brückendeck, dem Hauptdeck und dem II. Deck (Schottendeck).

Die Touristenklasse führt Kammern für zwei bis vier Fahrgäste, die im Hinterschiff auf dem II. und III. Deck liegen. Die Fahrgäste III. Klasse sind ebenfalls in Kammern für zwei bis vier Fahrgäste untergebracht; diese Räume liegen im Vorschiff auf dem III. Deck. Jede Klasse hat ihren besonderen Speisesaal; diese Räume liegen auf dem II. Deck, Abb. 9, wo sich auch die Wirtschaftsräume (Küchen und Bäckereien), der Gesellschaftsraum für Touristen und verschiedene Kinderzimmer befinden.

Die Rauchzimmer der Touristen- und der III. Klasse sowie einige Gesellschaftsräume dieser Klasse befinden sich auf dem Hauptdeck. Eine ganze Reihe von Gesellschaftsräumen der Kajüte liegen auf dem Promenaden- und Bootsdeck mit allseits freiem Ausblick auf das Meer. Ein Schwimmbecken ist aufgestellt, das abwechselnd von Touristen und Fahrgästen der Kajüte benutzt werden kann. Die Gesellschaftsräume sind wohl schlicht, aber ungemein freundlich und wohnlich ausgestattet, womit eine ganze Reihe namhafter Firmen für Innenarchitektur Beweise ihres Könnens geliefert haben, Abb. 28 bis 30.



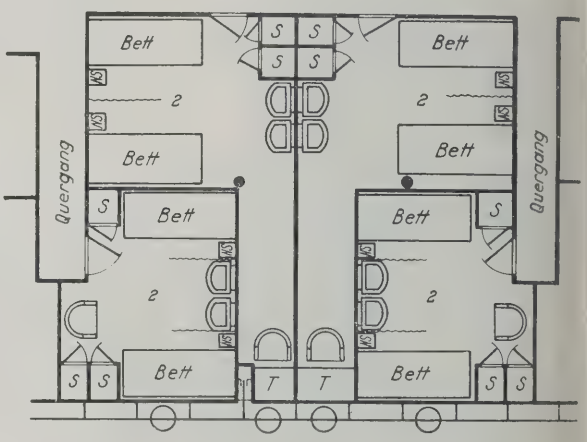




**Abb. 24 und 25** Kajüte. Kammerblock

S = Schrank
T = Tisch
Kl T = Klapptisch
Kl S = Klappsitz
FK = Frisierkommode
NS = Nachtschrank
WT = Waschtisch

Wie weitgehend man auf deutschen Schiffen für das Wohl der Fahrgäste sorgt, lehren außer vorbildlichen sanitären Einrichtungen und solchen für kranke Fahrgäste (Hospitäler, Operationsraum, Apotheke), die für Leibesübungen vorgesehenen Einrichtungen, so eine Turnhalle, eine Tennisfläche von $18 \times 10\,m^2$, ein Golfplatz, ein gedeckter Schießstand und andere Einrichtungen, natürlich sind auch einige Kinos vorhanden.

Wie man aus Abb. 5 bis 10 erkennt, sind die Wohn- und Gesellschaftsräume für Fahrgäste und Besatzung über sechs, und wenn man die mit Rücksicht auf den Windwiderstand in geschwungener Form ausgeführte Kommandobrücke hinzuzählt, Abb. 3, auf sieben Decks untergebracht. Diesen umfangreichen Einrichtungen entsprechen die Schiffsverbände: Drei Decks, nämlich das Haupt- (I. Deck), das II. und das III. Deck sind durchlaufende Eisendecks. Als oberste Gurtung dient das sich nahezu über das ganze Schiff er-

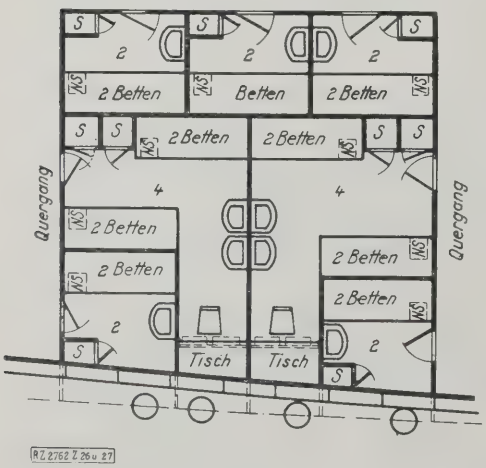



**Abb. 26** Kammerblock für Touristen

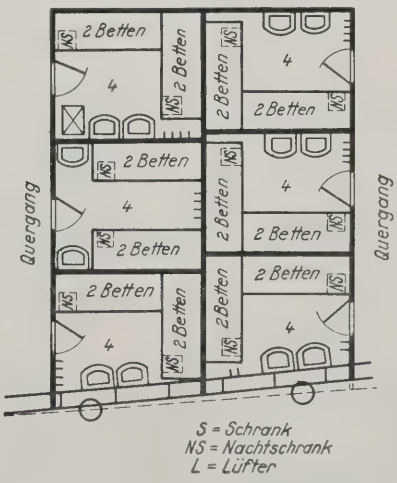



**Abb. 27** Kammerblock 3. Klasse.

Abb. 28
Speisesaal für
Touristen, St. Louis.

Abb. 29
Gesellschaftszimmer
für Touristen.
St. Louis.

Abb. 30
Halle der Kajüte.
St. Louis.

streckende und ohne Decksfuge ausgeführte Brückendeck. Auch die höher liegenden Decks, für die man zuweilen über Querbänder verlegte Holzplanken verwendet, sind bei diesem Schiff ganz aus Eisenplatten hergestellt.

Schwierig bei Schiffen mit so hoher Fahrgastzahl ist immer die Bootsaufstellung. Bei „St. Louis“ und „Milwaukee“ hat man mit Rücksicht auf die Touristen- und III. Klasse außer den Booten auf dem Bootsdeck noch weitere auf dem Brückendeck aufgestellt, Abb. 7.

### Einrichtungen für den Schiffsbetrieb

Schlingertankanlage. Um den Gästen den Aufenthalt so angenehm wie möglich zu gestalten, hat man bei diesen Schiffen wie bei andern großen Fahrgastschiffen der Hamburg-Amerika-Linie (Ballinklasse) Frahmsche Schlingertanks eingebaut, Abb. 12, 13 und 15, die die Bewegungen der Schiffe im Seegang abzudämpfen haben.

Einrichtung für Heizung, Lüftung und Beleuchtung. Geheizt wird mit Dampf von 3 bis 4 at Spannung. Als Heizkörper dienen sternförmig ausgebildete Heizkörper oder Kupferrohre. Auch die Dampfleitungen bestehen aus Kupfer. Natürliche Lüftung ist für die Laderäume, die Maschinenräume und einige andere, darunter die Kinos, vorgesehen. Die Kammern dagegen haben, abgesehen von den Außenkammern der Kajüte und der Touristenklasse im II. Deck, künstliche Lüftung erhalten. In der III. Klasse werden die Gänge gelüftet. Besonders groß ist der Luftwechsel für die Gesellschafts-, die Wirtschafts- sowie die Wohnräume der Besatzung bemessen.

Eine Kühlung ist bei den Proviantträumen erforderlich. Sie geschieht vorwiegend nach dem bewährten Naßluftkühlverfahren, wobei Luft im Gegenstrom durch unterkühlte Sole geblasen und dadurch gleichzeitig gereinigt und getrocknet wird. Die Beleuchtungsanlage umfaßt etwa 4500 Anschlüsse, wovon auf die Gesellschaftsräume der Kajüte 1400 Lampen entfallen. Für den Ausfall der Hauptanlage ist eine Notbeleuchtung vorgesehen.

Dem allgemeinen Verkehr dienen außer den Treppen ein Personenaufzug und ein Gepäckaufzug, auch ein Speiseaufzug ist vorgesehen. Außer diesen vorwiegend für die Belange der Fahrgäste gedachten Einrichtungen für den Schiffsbetrieb sind eine ganze Reihe andrer Einrichtungen vorhanden, die der Schiffsführung und zum Behandeln der Ladung dienen. So eine Ruderanlage, deren elektrisch betriebenen Maschinen (ein Satz dient als Reserve) im Rudermaschinenraum auf dem IV. Deck aufgestellt sind Abb. 11, 31 und 32. Die zugehörigen Steuerschalter befinden sich auf der Kommandobrücke.

An Spillanlagen zum Verholen von Ankerketten und Trossen sind ein gewöhnliches Spill zum Einhieven des Ankers auf dem Backdeck vorn, Abb. 7, und je ein Heckspill für jede Schiffsseite mit senkrechter Spindel auf dem Hauptdeck hinten aufgestellt worden, Abb. 9. Mit der Ankerspillanlage kann der losgebrochene Anker von 5,64 t Gewicht und 100 m Länge sowie 75 mm Dicke der Kette in 10 min eingehievt werden. Die Heckspille haben 10 t Zugkraft bei 12 m/min Geschwindigkeit. Die lose Trosse kann mit 20 m/min Geschwindigkeit eingeholt werden. Ihre wasserdicht gekapselten Motoren treiben über selbstsperrende Schnecken die Spillanlagen. Bei Überlastung werden die Motoren durch Relais mit Zeiteinstellung selbsttätig ausgeschaltet. Die Anlaßschalter befinden sich in einem Deckhaus.

Ladeeinrichtungen. Zur Bedienung der sechs Ladeluken und einer Proviantluke dienen 15 Ladebäume von 5 t Tragkraft, die an zwei Masten und vier Ladepfosten angebracht sind, Abb. 2. Die zugehörigen Ladewinden heben 3 t bei 0,5 m/s und bewegen die leeren Haken mit 1,75 m/s Geschwindigkeit.

Umfangreiche Vorrichtungen dienen der Nachrichtenvermittlung, so Rahen für Signale an den Masten, eine Unterwasserschallanlage, eine FT-Anlage mit Peileinrichtung und einer Anlage für drahtloses Fernsprechen, schließlich zwei Typhone, die von der Brücke aus durch eine Uhr eingeschaltet werden können. Für die Verständigung zwischen der Brücke und den verschiedenen Schiffsräumen sind Maschinentelegraphen, Sprachrohre, ein lautsprechendes Telephon sowie Lautsprecherverbindungen nach der Back, dem Heck, dem Krähennest und der Rudermaschine eingebaut. Zählwerke, die die jeweilige Drehzahl der Schraubenwellen einzeln angeben, sind im Haupt- und Maschinenraum, im Maschinenbüro und auf der Brücke aufgestellt.

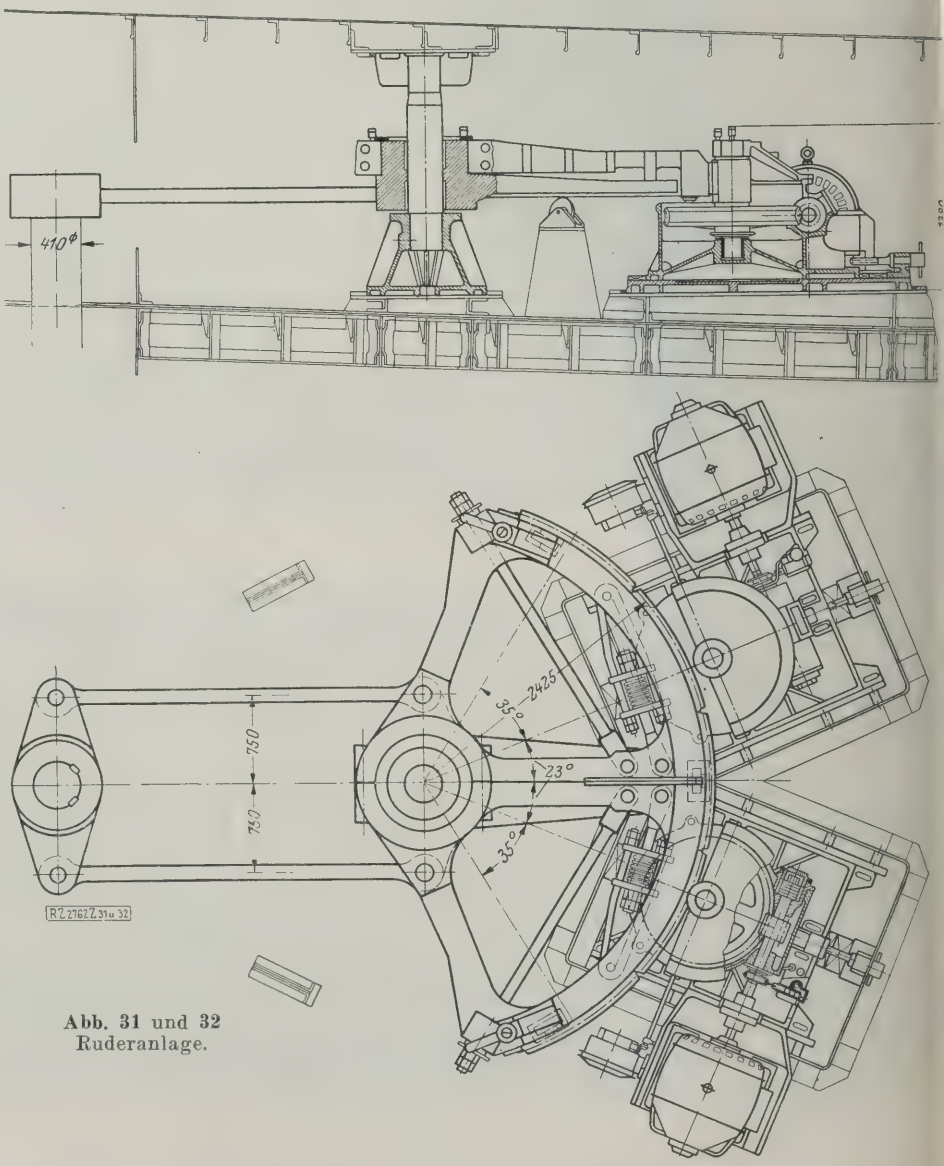



**Abb. 31 und 32**
Ruderanlage.

### Sicherheitseinrichtungen

Die vorhandenen Rettungs- und Motorrettungsboote sind aus nahtlosem, verzinktem Eisenblech hergestellt und haben Raum für 1538 Köpfe; sie werden mit Welin- und Columbus-Davits zu Wasser gelassen. Die elf vorhandenen wasserdichten Türen sind an eine hydraulische Schottenschließvorrichtung und eine Alarmanlage angeschlossen. Oberhalb des Schottendecks (II. Deck) ist das Schiff durch Feuerschotte unterteilt worden. Solche Räume, die nicht regelmäßig begangen werden, sind an eine Rauchmeldeanlage angeschlossen, die die Firma Rud. Otto Meyer, Hamburg, geliefert hat. Außerdem sind 19 über das Schiff verteilte Feuermelder vorhanden, die zu je einer Meldetafel auf der Brücke und im Maschinenraum führen. Zur Benachrichtigung der Mannschaft bei Feuergefahr dienen 25 Alarmwecker. Zum Löschen eines Brandes stehen bereit: eine über das ganze Schiff verteilte Rohrleitung, sodann Ventile mit Schlauchanschluß in jeweils 15 m Entfernung voneinander, ferner eine mit Schaum arbeitende Löscheinrichtung im Maschinenraum und eine mit Dampf arbeitende in den Laderäumen, die nach amerikanischer Vorschrift aus verzinkten Flußeisenrohren von 38 mm Dmr. hergestellt worden ist, schließlich sind auch Handlöschapparate, Gasmasken und Rauchhelme vorhanden.

(Schluß folgt.)

## Verbrennungsmotoren und ihre Brennstoffe

**Bericht von der Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz London 1928[1])**

Von *L. Richter*, Wien

Die zehn Berichte der Abteilungen Verbrennungsmotoren (Sammelbericht von *Ricardo, Thornycroft* und *Kewley*) und Alkohol als Kraftstoff lassen sich in drei Gruppen zusammenfassen: Brennstoffe für Vergasermotoren, Schweröle für Verbrennungsmotoren, Konstruktion und Betrieb der Motoren.

### Brennstoffe für Vergasermotoren

*Rackwitz* und *Philippovich* (Beurteilung von Flugmotorkraftstoffen in Deutschland) verlangen auf Grund der Erfahrungen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt von den Kraftstoffen für den normalen Flugbetrieb, es sind gegenwärtig in Deutschland hauptsächlich Erdölbenzine, in geringem Maße Braunkohlenbenzine, Benzol oder deren Gemische,

1. Verwendbarkeit bei Verdichtungsverhältnissen bis zu 6,3,
2. leichtes Anspringen auch bei kalter Witterung,
3. geringe Schmierölverdünnung,
4. Kältebeständigkeit bis — 30 °,
5. Sicherheit gegen Vergaserstörungen, Ventilverpichungen und Ölkohlebildung,
6. keine korrodierenden Eigenschaften,
7. hohe Leistung bei geringem Verbrauch und Gewicht.

Die Prüfung auf Verdichtungsfestigkeit erfolgt in einem Einzylindermotor, dessen Verdichtung während des Betriebes in weiten Grenzen verändert werden kann; dieser ist mit einem Windflügel gekuppelt, der die Leistung des Motors vernichtet und gleichzeitig zur Kühlung des Motors dient. Der Motorrahmen ist, um das Drehmoment zu messen, pendelnd aufgehängt und erlaubt, auch luftgekühlte Flugmotorenzylinder aufzubauen. Der Mangel aller Prüfungen der Verdichtungsfestigkeit von Brennstoffen ist das Fehlen eines verläßlichen Vergleichmaßes. Die chemische Analyse (Gehalt an Paraffinen und ungesättigten Verbindungen) soll einen Anhalt für die Beurteilung der Verdichtungsfestigkeit und die Herstellung von Brennstoffmischungen geben.

Das spezifische Gewicht (nicht unter 0,710 kg/l bei 20 °) hat für die Beurteilung von Benzinen nur im Zusammenhang mit den Siedeeigenschaften Bedeutung. Die Deutsche Versuchsanstalt macht Vorschriften für den Verlauf der Siedelinie in der *Engler-Ubbelohde*-Apparatur und benützt auch die *Ostwaldschen* Kennziffern zu Schlüssen auf die Verdichtungsfestigkeit. Ob man, wie die Berichterstatter hoffen, den Zündwert nach *Jentzsch*[2]) (Quotient aus Selbstzündungstemperatur und Sauerstoffbedarf) zur Beurteilung der Verdichtungsfestigkeit heranziehen kann, mag die Zukunft lehren.

Das Kälteverhalten und die Entmischbarkeit werden im Gerät von *Stelling* geprüft, auch die Korrosionseigenschaften, die verharzenden Bestandteile und der Schwefelgehalt werden bestimmt. Als unterer Heizwert sollen 8500 kcal/kg (im Junkers-Kalorimeter oder in der Bombe) nicht unterschritten werden; die Verdampfwärme hat nur bei alkoholhaltigen Kraftstoffen Bedeutung, man braucht sie also bei den jetzt üblichen Flugmotorenkraftstoffen nicht zu bestimmen.

Obgleich weniger feuergefährliche Kraftstoffe im Flugmotorenbetrieb sehr erwünscht wären, konnte man in den üblichen Flugmotoren bisher Kraftstoffe mit hohem Flammpunkt und hoher Siedetemperatur nicht verwenden.

*Ricardo* und *Thornycroft* (Vergasermotoren und ihre Brennstoffe) stellen unter den Bedingungen für guten Wirkungsgrad und hohe Leistung ein hohes Verdichtungsverhältnis, das hauptsächlich durch das Klopfen begrenzt ist, an erste Stelle. Etwa 72 vH des aus dem Gleichraum-Kreisprozeß mit reiner Luft errechneten thermischen Wirkungsgrades hat man mit allen flüssigen Brennstoffen unter den günstigsten Verhältnissen und nahezu unabhängig vom Verdichtungsgrad erreicht. Bei gleichem Brennstoff ist im allgemeinen das größte Verdichtungsverhältnis, bei dem Klopfen noch nicht eintritt, kleiner, je größer der Abstand der Zündkerze von der äußersten Stelle des Verbrennungsraumes und je geringer die Gasbewegung, die Gastemperatur und der Gasdruck im Verbrennungsraum zur Zeit der Zündung sind.

Heiße Einzelstellen im Verbrennungsraum, z. B. die Auspuffventile, sind jedoch von großem Einfluß. Während sich infolge der Unterschiede in Form und Größe des Verbrennungsraumes bei demselben Brennstoff an drei Motoren 3,7, 5,3 und 6,8 als obere Grenzen der Verdichtungsverhältnisse ergaben, zeigten vier Schiebermotoren, deren Größenverhältnisse und konstruktive Durchbildung möglichst ähnlich waren, folgenden Einfluß des Zylinderdurchmessers:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Zyl.-Dmr. . . . . | 69,8 | 88,9 | 139,7 | 215,9 mm |
| Größtes Verdichtungsverhältnis ohne Klopfen . . . . . | 7,9 | 7,5 | 6,2 | 5,4 |

Trotz großer Unterschiede in Bauart und Größe zeigten zwei Maschinen mit veränderlicher Verdichtung ein ganz ähnliches Verhalten gegenüber Änderungen der Toluolwerte von Brennstoffen.

Der chemische Aufbau der Brennstoffe beeinflußt weitgehend die Neigung zum Klopfen. So ergaben z. B. nach *Edgar* zwei isomere Oktane unter sonst gleichen Verhältnissen größte zulässige Verdichtungsverhältnisse von 3,5 und 6,5. Versuche mit Bleitetraäthyl zeigten, daß dessen Wirkung wesentlich mit der Klopffestigkeit des unvergüteten Brennstoffes wächst. *Callendar* und *Egerton* haben neue Theorien über das Klopfen und klopfenhindernde Mittel aufgestellt. Als Ursachen für Verluste in Verbrennungsmotoren ergeben sich langsame und unvollständige Verbrennung in den Grenzschichten an den Wänden, Wärmeabgabe an die Wände, nach *Ricardo* hauptsächlich während des Ausschub-Hubes, und unmittelbare Brennstoffverluste.

Die Leistung wird auch durch den Liefergrad und die mechanischen Verluste bestimmt. Dagegen beeinflussen Unterschiede in der Zusammensetzung der Kohlenwasserstoffe, soweit solche praktisch vorkommen und im übrigen gleiche Verhältnisse vorliegen, die Leistungen innerhalb der Grenze von weniger als 1 vH, die Wirkungsgrade überhaupt nicht.

*Hubendick* (Äthylalkohol als Kraftstoff) berichtete über die Erfahrungen und Versuche in Schweden, als Kraftstoff Äthylalkohol zu verwenden, der aus der Sulfitablauge erzeugt wird und als Ersatz oder Zusatz für eingeführte Erdölbenzine eine außerordentliche volkswirtschaftliche Bedeutung hat; er könnte sogar die Benzine ganz ersetzen, wenn die Möglichkeit, aus Holz Zucker und daraus Spiritus zu erzeugen, ausgenützt würde. Zum Denaturieren werden 0,19 vH Crotonaldehyd zugesetzt. Versuche an Vergasermotoren mit Gemischen von Benzin und Alkohol zeigten, daß bis zu 23 vH Gewichtsteilen Alkohol mit dem gewöhnlichen Vergaser ein ungestörter Betrieb möglich war, wenn nur entsprechende Vergaserdüsen verwendet wurden. Bis

[1]) Bisher sind in dieser Zeitschrift Bd. 73 (1929) folgende Berichte erschienen: „Die Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz". Von *P. Rosin*, Nr. 1 S. 9, „Rostfeuerungen für Dampfkessel" von *B. Kretzschmar*, Nr. 8 S. 261, „Behandlung und Bewertung von flüssigen Brennstoffen" von *Aufhäuser*, Nr. 19 S. 657. Vergl. „Transactions of the Fuel Conference" in drei Bänden mit rd. 4000 S., durch die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, zum Preise von 245 ℳ zu beziehen.

[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1150.

zu einem Alkoholgehalt von rd. 20 vH stiegen sogar die Leistung und der Gesamtwirkungsgrad. Praktische Fahrversuche haben dies unter ungünstigen Verhältnissen, auch bei niedrigen Außentemperaturen, bestätigt, die Motoren liefen mindestens ebensogut wie mit Benzin und der Fahrer konnte aus den Fahreigenschaften nicht erkennen, mit welchem Brennstoff er fuhr.

Bei mehr als 25 vH Alkoholgehalt des Brennstoffes muß die Luft vorgewärmt werden — bei überwiegendem Spiritusgehalt auf 100 bis 150 ° —, damit der Brennstoff verdampft und verdampft erhalten bleibt; das Schwimmergewicht muß dem höheren spezifischen Gewicht des Alkohols angepaßt, ferner muß mehr Vorzündung gegeben und die Brennstoffdüse verkehrt proportional dem Verhältnis der Heizwerte des Benzins und des Benzinspiritusgemisches vergrößert werden.

Um klare Mischungen zu erzielen, muß man den Spiritus bis unter 1 vH entwässern. Trotzdem die Gemische stark hygroskopisch sind, werden in Schweden Gemische von 25 vH Alkohol mit 0,3 bis 0,5 vH Wassergehalt und 75 vH Benzin seit Jahren verkauft und stark verwendet, ohne daß durch Wasseraufnahme Abscheidungen erfolgen. Übrigens scheinen nach in Angriff genommenen Versuchen Abscheidungen den Lauf der Maschine nicht sehr zu beeinflussen, und da sie bei entsprechend geringem Wassergehalt des Alkohols sehr selten auftreten, besteht keine Schwierigkeit, die in Schweden üblichen Mischungen zu verwenden.

Das Verhalten der Gemische Wasser – Alkohol und Wasser-Alkohol-Benzin bei Änderung der Luftfeuchtigkeit, das Verhalten des Gemisches im Saugrohr und die zur vollständigen Verdampfung erforderlichen Wärmemengen hat der Verfasser ebenso wie die Möglichkeit der Eisbildung im Vergaser untersucht.

*Nathan* (Alkohol als Kraftstoff) erörterte nach einem kurzen Überblick über die Geschichte der Verwendung von Alkohol als Motorentreibstoff im Britischen Reich die Quellen für die industrielle Erzeugung und die wirtschaftlichen Aussichten des Alkohols. Rohstoffe aus dem Pflanzenreich, die Zucker, Stärke oder in fermentierbaren Zucker chemisch umwandelbare Zellulose enthalten, sind Kartoffeln, Mangold, Zuckerrüben, Jerusalem-Artischocken, Cassave, Mais, Melasse, Nipah-Palmensaft, Süßkartoffeln, verschiedene Gräser, Stroh und sonst wenig ausgenützte pflanzliche Abfallstoffe (z. B. der Sisalfasergewinnung und Sägemehl), Holz- und Sulfitablauge; synthetische Methoden ermöglichen die Gewinnung aus Äthylen und aus Azetylen. Obgleich es möglich sein mag, für örtliche, verhältnismäßig beschränkte Bedürfnisse unter günstigen Verhältnissen Alkohol als Kraftstoff wirtschaftlich zu erzeugen, dürfte daraus ein ernstlicher Wettbewerb mit Kraftstoffen aus Erdöl nicht erwachsen.

**Schweröle für Verbrennungsmotoren.**

*Moore* behandelte Herkunft, Eigenschaften, Eignung und Prüfung der für Verbrennungsmotoren benützten Schweröle, *Hubendick* Versuche mit einem Schweröl, das besonders asphaltreich (10,6 vH unlöslich in Äther-Alkohol, 7,1 vH unlöslich in Benzin), schwefelreich (2,5 vH) und zähe war, in einem 65 PS-Vierzylinder-Viertakt-Hesselman-Motor. Das Öl konnte trotz wenig günstiger Eigenschaften noch verwendet werden.

**Konstruktion und Betrieb der Motoren**

*Büchi* (Dieselmotoren mit Aufladung durch Abgas-Kreiselgebläse) erörterte die Vorteile der Verbundwirkung und Aufladung, nämlich die größere Literleistung, die zu geringeren Abmessungen und Gewichten für 1 PS führt, und die selbsttätige Anpassung der Ladeluftmenge an die Leistung und die Versuche von *Stodola* an einem Sechszylinder-Viertaktmotor der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik mit einem Brown-Boveri-Kreiselgebläse[3]).

*Defays* (Einfluß der Schwerölmotoren auf die Weltwirtschaft mit flüssigen Brennstoffen) und *Riehm* (Stand der Verwendung von Schwerölen in schnellaufenden ortsbeweglichen Motoren) besprachen die Schweröle und die Möglichkeit ihrer Verwendung für Fahr- und Flugzeugmotoren, die bisher bekannt gewordenen Bauarten der MAN, der Motorenfabrik Deutz, der Daimler-Benz A.-G., der Firma Junkers-Motorenbau, von Beardmore, Maybach, Gebr. Körting, der Motorenwerke Mannheim, Rob. Bosch A.-G., Max Jüdel A.-G., der Schweizerischen Lokomotiv- und Maschinenfabrik, von Gebr. Sulzer, Renaud, Held.

*Januschewski* (Versuche mit Diesellokomotiven auf russischen Bahnen) schilderte die Bauart von drei Diesellokomotiven, die seit 1925 in Rußland in Erprobung stehen und von denen die erste mit elektrischer Übertragung nach Entwürfen von *Hackel* in Rußland, die beiden andern nach Entwürfen von *Meinecke*[4]) auf Grund von Vorschlägen *Lomonossoffs* mit elektrischer Übertragung, die andre nach Entwürfen *Schweters* mit mechanischer Übertragung und magnetischer Kupplung[5]) in Deutschland gebaut wurden. Der Vortrag teilte Ergebnisse der Dauerversuche mit, die im allgemeinen günstig sind, indem die Gesamtkosten für 1 t/km nur 77 bis 80 vH jener der Dampflokomotiven betragen und die Laufzeit während eines Zeitabschnittes etwas höher ist als bei einer Dampflokomotive gleicher Leistung. Eine sehr wertvolle Ergänzung bildet der 295 Schriften umfassende Quellennachweis.

Die Aussprache erstreckte sich hauptsächlich auf die Vor- und Nachteile der Fahr- und Flugzeug-Dieselmotoren gegenüber den üblichen Vergasermotoren, die Aussichten und Bauarten der Diesellokomotiven und physikalische und chemische Fragen der Verbrennungsmotoren, die nach *Burstall* durch wissenschaftliche Arbeiten, unbeeinflußt von kaufmännischen Erwägungen gelöst werden müssen. In diesem Zusammenhange sei auch der aufschlußreiche und übersichtliche Bericht von *Bone*, *Finch* und *Townend* über Grundlagen der Verbrennung erwähnt. [M 2890]

[3]) Z. Bd. 72 (1928) S. 421.

[4]) Bd. 68 (1924) S. 938.

[5]) Z. Bd. 71 (1927) S. 873.

## Doppelquellen in der ebenen Strömung[1])

Jedes stetige und eindeutige stationäre Stromfeld einer idealen Flüssigkeit läßt sich aus einer bestimmten Verteilung von Quellen und Senken ableiten. Wenn die Stromgrenze insbesondere kreisförmig ist, hat man als erzeugende Singularitäten Doppelquellen einzuführen, in denen eine Quelle und eine gleichgroße Senke unendlich benachbart sind. Bei einer Strömung um einen Kreiszylinder ist z. B. die innere Doppelquelle das Spiegelbild der im Unendlichen gelegenen und das ungestörte Parallelstromfeld erzeugenden Doppelquelle. Auch die Strömung um zwei Kreiszylinder läßt sich in erster Annäherung durch die Doppelquelle im Unendlichen und ihre Spiegelbilder im Mittelpunkt beider Kreise darstellen, und zwar um so genauer, je größer der Abstand $2\,b$ der Zylinder im Verhältnis zu ihrem Durchmesser $2\,a$ ist. Daraus gewinnt man mit Hilfe einer allgemeinen Formel von *Lagally* die resultierende Druckwirkung, die die Flüssigkeit auf einen der Zylinder ausübt, oder die scheinbare Fernkraft, mit der die Zylinder sich gegenseitig abstoßen und anziehen.

Jede gespiegelte, in einem Kreismittelpunkt gelegene Doppelquelle ($M_1$ und $M_2$) stört aber in der resultierenden Strömung den Umriß des andern Zylinders. Um den Brandungsfehler wieder auszugleichen, muß man die zwei weiteren Doppelquellen $M_1'$ und $M_2'$ hinzufügen, die sich als Spiegelbilder der Quellen $M_1$ und $M_2$ in bezug auf die Kreise $K_1$ und $K_2$ ergeben. Die vollständige Erfüllung der Randbedingungen ist erst dann erreicht, wenn man die unendliche Reihe von Doppelquellen berücksichtigt, die durch fortgesetzte wechselseitige Spiegelung an beiden Kreisen auseinander abgeleitet werden können. Diese Reihe, die übrigens den Gesetzen eines Kettenbruches genügt, konvergiert um so schneller, je kleiner das Verhältnis $a : b$ ist, da das Moment jeder im Abstand $R$ von einem der Kreismittelpunkte liegenden Doppelquelle bei der Spiegelung sich im Verhältnis $a^2 : R^2$ verkleinert. Mittels einer Hilfsveränderlichen gelingt es, wie *J. Bondera* gezeigt hat, die Entwicklungen für das Strömungspotential, die Stromgeschwindigkeit und die etwa aus der *Blasius-Lagallyschen* Formel zu gewinnende Druckkraft in verhältnismäßig übersichtlicher Form darzustellen. Der besondere Fall, daß die Anströmung des Zylinderpaares senkrecht zur Zentralen gerichtet ist, gewinnt, wenn man ihn durch eine geeignete entsprechende Abbildung auf andere Zylindergrenzen überträgt, eine Bedeutung für das Problem der Strömung um ein Tragflügelprofil in der Nähe des ebenen Erdbodens.

Eine besondere Behandlung beansprucht der auch funktionentheoretisch interessante Fall zweier sich berührender Zylinder. Er führt, wenn man die entsprechenden Doppelquellreihen addiert, auf die Benutzung bekannter Partialbruchentwicklungen für die komplexen trigonometrischen Funktionen. [N 3228]

Hannover Dr. *W. Müller*

[1]) Auszug aus einer demnächst in der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik erscheinenden Arbeit.

# Das Schaltwerk-Hochhaus Siemensstadt

Von Reg.-Bmstr. HANS HERTLEIN,
Direktor der Bauabteilung des Siemenskonzerns

*Gründe für die Wahl eines Hochhauses zur Erweiterung des bereits bestehenden Flachbaues. — Entwicklung von Grund- und Aufriß aus den Betriebserfordernissen — Statisches System und Montage des Stahlskeletts — Besondere Maßnahmen zum Feuerschutz — Architektonische Erscheinung.*

Der neue Erweiterungsbau des Schaltwerks der Siemens-Schuckertwerke ist das erste Fabrikhochhaus[1]) auf dem europäischen Festland und zählt zu den ersten größeren Stahlskelettbauten in Berlin. Obwohl für die Erweiterung des bestehenden Schaltwerkes Gelände in ausreichendem Maß verfügbar war, entschloß man sich doch aus folgender Erwägung zur Erweiterung durch einen Hochbau von ungewöhnlichen Ausmaßen.

Bei ausgesprochener Massenfertigung wenig voneinander abweichender Erzeugnisse, ist ein Flachbau im allgemeinen in Anlage und Betrieb zweckmäßig und billig. Hier dagegen handelte es sich um eine vielseitige Fertigung mit verhältnismäßig geringen Stückzahlen. Dauerndes Zusammenarbeiten vieler Werkstätten war erforderlich. Hierfür ist ein Hochbau geeigneter, da beim Flachbau die Förderwege viel zu weit sind. Die Eigenart der Fertigung erfordert weiter größte Beweglichkeit in der Verwendung der Arbeitsräume und Möglichkeit, in geeigneten Fällen fließende Fertigung einzurichten.

### Grundriß und Aufriß

Diesen Forderungen entspricht ein Grundriß mit einem einzigen durchlaufenden Saal von 175 m Länge und 16 m Breite in jedem Stockwerk, s. Abb. 1 und 2. Feste Einbauten wurden vermieden, deshalb ordnete man alle Nebenräume, Treppen, Toiletten und zum Teil Garderoben außerhalb des eigentlichen Bauwerks in turmartigen Anbauten an. Über die Aufteilung des vorhandenen Raumes ist bereits früher berichtet worden[2]).

[1]) Vergl. hierzu auch *Beiersdorf*, Z. Bd. 73, (1929) Nr. 14 S. 467.
[2]) *Beiersdorf*, a. a. O.

Die beiden oberen Geschosse des 45 m hohen Baues, Abb. 2, sind beiderseits etwa 2 m zurückgesetzt, dadurch ergab sich ein besserer Lichteinfall für das benachbarte Verwaltungsgebäude. Außerdem war für die hier unterzubringenden Bureaus und Kasinoräume eine größere Tiefe nicht erforderlich.

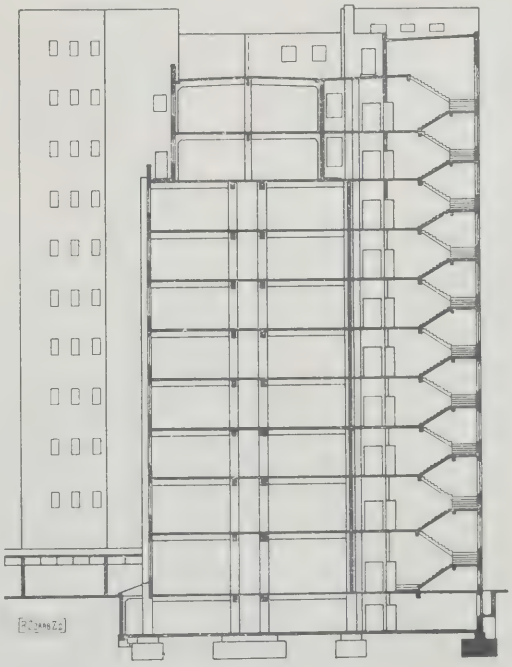


Abb. 2
Querschnitt.

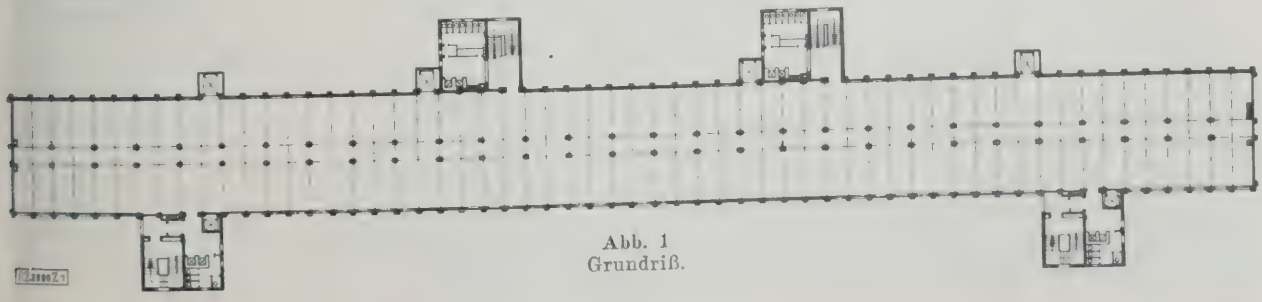


Abb. 1
Grundriß.

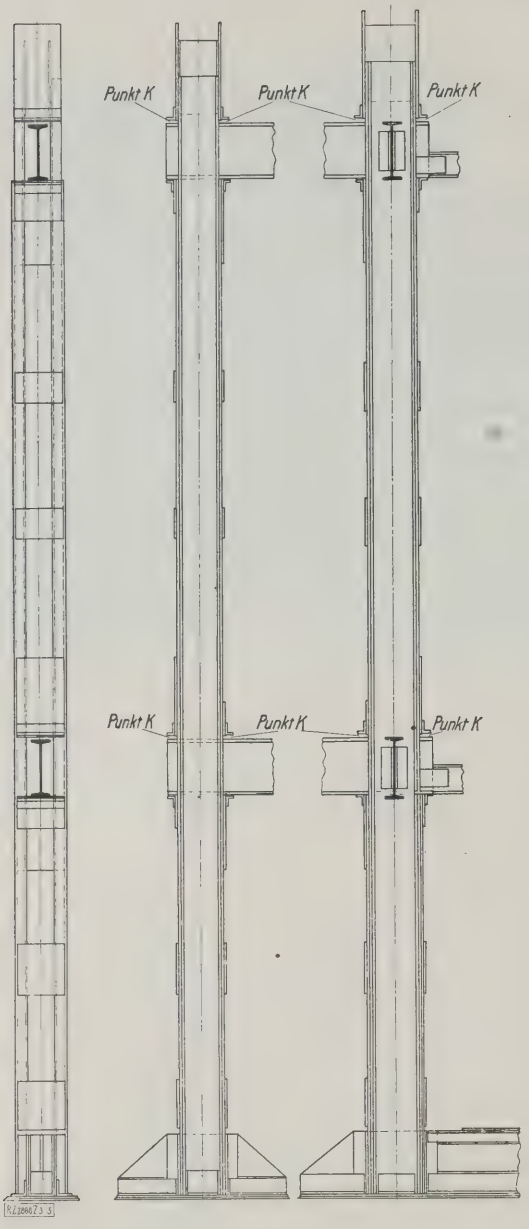



Abb. 3 und 4
Stützenkonstruktion.

Ein eigentlicher Dachstuhl ist nicht vorhanden, dafür ist ein flaches Dach als Dachterrasse angelegt.

**Die Eisenkonstruktion**

besteht aus Stützen, Abb. 3 und 4, Deckenträgern und Unterzügen. Die Innenstützen haben alle 6 m, die Außenstützen 3 m Abstand. Die Deckenträger, Abb. 5 und 6, sind mit den Stützen zu Stockwerkrahmen verbunden. In statischer Hinsicht ergeben sich in der Ebene der Mittelstützen je zwei doppelstielige neungeschossige Rahmen. In jedem Geschoß sind im Mittelgang die beiden Rahmen durch gelenkig wirkende Träger gekuppelt. In der Ebene der Zwischenfrontstützen entstehen je zwei einhüftige Rahmen. Die beiden obersten Geschosse sind zu einem besonderen Rahmensystem zusammengefaßt.

Das gewählte System ist statisch und wirtschaftlich am günstigsten, weil die Mittelstützen möglichst weit entlastet und die Lasten auf die in doppelter Anzahl vorhandenen Außenstützen geleitet werden. Infolgedessen können die Mittelstützen schwächer ausgeführt werden und nehmen so möglichst geringen Arbeitsplatz fort. Die statische Berechnung ist doppelt durchgeführt: Einmal ist die Konstruktion des Hauptbaues nur für senkrechte Lasten berechnet, der Winddruck wird auf die Treppenhausanbauten übertragen. Hierbei wirkt das Treppenhaus, Abb. 2, mit seinem gesamten Trägheitsmoment gewissermaßen als Schornstein mit entsprechend starker Gründung. Die Eisenkonstruktion der Treppenhausanbauten ist nur für die senkrechten Lasten berechnet. In einem zweiten Rechnungsgang wurde der Stockwerkrahmen auch auf Winddruck untersucht, weil auf Montagegründen die Treppenhäuser nicht gleichzeitig hochgeführt wurden.

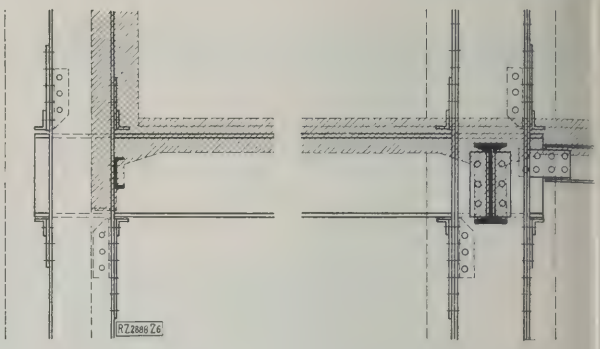



Abb. 6
Schnitt durch die Deckenkonstruktion.

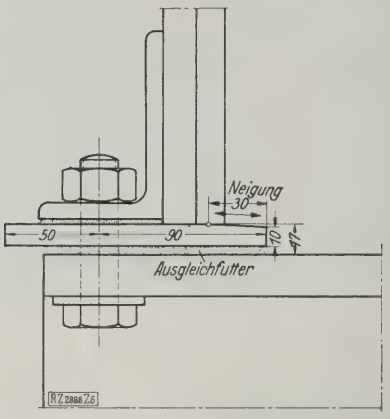



Abb. 5
Einspannung des Deckenträgers, Punkt K in Abb. 3 und 4.

Eigengewicht und Verkehrslast der einzelnen Stockwerke zeigt Zahlentafel 1.

**Zahlentafel 1**
Eigengewicht und Verkehrslast der einzelnen Stockwerke.

| Decke über | Nutzlast kg/m² | Deckengewicht kg/m² | Fußbodengewicht kg/m² | Voute und Träger kg/m² | zusammen kg/m² |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. Flur . . . . . | 1000 | 310 | 50 | 90 | 1450 |
| 2. bis 7. Flur . . . | 750 | 290 | 50 | 90 | 1180 |
| 8. „ 10. „ . . . | 500 | 240 | 50 | 80 | 870 |
| Dachgeschoß . . . | 250 | 150 | 150 | 70 | 620 |

Die Rahmen wurden für senkrechte Lasten nach den von *Loeser*[3]) angegebenen Verfahren auf Winddruck unter Annahme des Momentennullpunktes in Stabmitte berechnet. Beachtenswert ist die Ausbildung der steifen Ecken, Abb. 7 und 8. Die Stützen haben grundsätzlich Doppelprofile, die Unterzüge einfache Profile. Diese sind durch die Säulen hindurchgesteckt und mittels unterer und oberer Querträger eingespannt. Um die Einspannung wirksam zu machen, hat man Keile mit geringem Anzug dazwischengetrieben. Diese Ausbildungsform vermeidet die in den Raum hineinragenden schrägen Eckversteifungen, die den Betrieb stören, weil sie die Durchführung von Leitungen hindern, und den Aufbau erschweren, weil die Ecken genietet werden müssen. Bei den gewählten Eckversteifungen konnte man Schrauben verwenden und damit die Aufbauzeit verkürzen.

Die Decken bestehen aus 10 bis 15,5 cm dicken Eisenbetonplatten, die ununterbrochen über viele Träger fortlaufen. Die größte Beanspruchung des Betons beträgt 36 kg/cm², die des Eisens 1000 kg/cm². Die Gründungen aus Eisenbeton sind unter den Fronten über mehrere Stützen kontinuierlich durchgeführt; von den Mittelstützen haben je zwei ein gemeinsames Fundament.

Zum Schutz der Eisenkonstruktion gegen Feuer dient Ummauerung oder Ummantelung. Dadurch erhält außerdem die Konstruktion mehr Masse, so daß Erschütterungen und Geräusche ver-

[3]) „Bauingenieur" Bd. 6 (1925) S. 217 u. f.

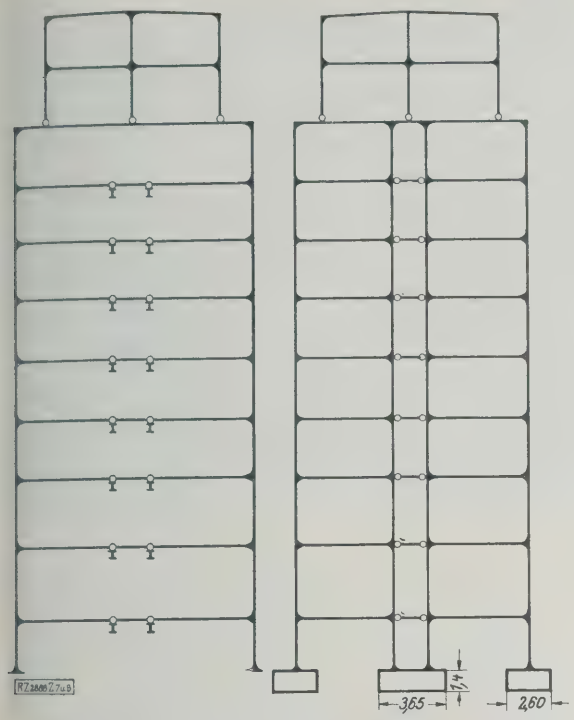



**Abb. 7 und 8**
System des einhüftigen und des zweihüftigen Rahmens.

ndert werden. Die Außenstützen liegen im vollen Iauerwerk. Für die Ummantelung der Innenstützen ist ınächst ein Winkelrahmengestell, das gleichzeitig als Intenschutz dient, aufgestellt. Diese Rahmen sind mit Ichkant gestellten luftdurchlässigen Steinen ausgeıuert. Der Hohlraum zwischen Mauerwerk und Stützen ı mit Beton ausgefüllt. Deckenträger sind durch die ohlungen (Vouten) der Eisenltondecke geschützt. Nur die ntere Fläche des unteren lansches liegt frei, damit Leiıngen und Konstruktionsteile icht befestigt werden können. le Treppen sind massiv und lstehen aus Eisenbeton, ihre liufe sind mit Kunststeinufen versehen. Die Dachhaut besteht aus einer Hohlsteindecke.

Zum

**ufbau der Eisenkonstruktion**

ente ein über das Gebäude ıweg fahrbarer 42 m hoher ırtalkran. Zunächst wurde die lsenkonstruktion auf halbe linge in etwa halber Höhe des uwerkes aufgestellt. Währnd des Aufbaues der zweiten lilfte wurde die oberste Decke ls ersten Teiles eingezogen, ter deren Schutz die übrigen lecken ausgeführt wurden. In nlicher Weise verfuhr man li der Oberhälfte des Baues. ach Vollendung der Decken rde das Pfeiler- und Brüngsmauerwerk ausgeführt. ls Material wurde auf der fertren Decke gelagert, dem Schutz der Arbeiter beim gelegentlichen Heraustreten diente eine leichte Leiterrüstung. Für den Bau wurden insgesamt 4000 t Eisenkonstruktion verwendet und etwa 4½ Mill. Mauersteine. Für die Decken waren 7000 m³ Kies, 250 t Eisen und 30 000 Sack Zement erforderlich.

Die Gesamtnutzfläche beträgt 33 000 m², etwa ebenso viel wie bei dem bereits vorhandenen Schaltwerk-Flachbau, der umbaute Raum 130 000 m³.

### Besondere bauliche Maßnahmen für den Feuerschutz

Damit Löschzüge leicht von allen Seiten herankommen, wurde rings um den Bau eine befestigte Fabrikstraße aufgeführt. Die Verbindungsbauten mit dem alten Flachbau haben große Torwege für glatte Durchfahrt der Feuerwehr. Die Treppenhäuser an der Ostseite sollten auf jeden Fall gegen Verqualmung gesichert werden, deshalb wurden sie durch Loggien von den Saaleingängen getrennt, Abb. 9. Von einem Treppenhaus zum andern kann man sowohl über die Terrasse im neunten Geschoß als auch über das Dach kommen. Besondere Verqualmungsgefahr besteht in den Garderoben, weil hier ein Brandherd außerordentlich schwer aufzufinden wäre; deshalb hat man sie im Kellergeschoß gut lüftbar gemacht und in mehrere Abschnitte geteilt.

### Innerer Ausbau

Trennwände sind als Prüßwände ausgebildet, wo besondere Schallisolierung erforderlich war, wurden doppelte Prüßwände aufgestellt. Zur Abtrennung von Lagern, Meisterbuden usw. dienen Wände aus genormten Teilen: 1 m breite eiserne Rahmen, die in der unteren Hälfte mit Eisenblech oder Rabitzputz, in der oberen mit Drahtglas oder Drahtnetz versehen sind, Abb. 10. In den Geschäftsräumen sind ähnliche Normalkonstruktionen aus Holz verwendet.

Gegenüber eisernen haben die eingebauten Holzfenster den Vorzug billigeren Preises und besseren Schlusses. Dies ist bei der großen Höhe besonders wichtig, da wegen der erforderlichen Querlüftung ver-

**Abb. 9**
Ostansicht mit den Loggien in den Treppenhäusern.

Abb. 10
Trennwände
aus Normalteilen.

hältnismäßig viel Lüftfenster erforderlich sind. Des großen Winddruckes wegen sind die Kämpfer besonders kräftig ausgebildet. In den westlichen Treppenhausbauten sind eiserne Fenster angeordnet, weil diese Teile in die 24 m breite Schutzzone zwischen Hochbau und dem nur mit Holzschalung gedeckten Flachbau hineinragen.

Die feuersicheren T ü r e n sind gepreßte Rahmentüren, die inneren Holztüren aus Sperrholz in eisernen Zargen (Sonderprofile), die in den meist verwendeten Leichtwänden gleich mit eingemauert werden und besser festsitzen als Holzzargen.

Als F u ß b o d e n b e l a g hat man in den Werkstätten für die schwereren Betriebe Holzklotzpflaster, für die leichteren und wo nicht mit Öl gearbeitet wird, gepreßte Asphaltplatten, in den Arbeitergarderoben Zementestrich, in den Geschäftsräumen 7 mm dickes Korklinoleum verwendet.

Zur W ä r m e i s o l i e r u n g sind schwache Füllwände zwischen den Tragpfeilern im 10. und 11. Flur mit Torfoleumplatten benagelt, darüber kommen Putzträger, und auf diese wird der Putz aufgetragen. Die Dachgeschoßdecken sind ebenfalls verhältnismäßig leicht ausgebildet, auf eine Torfoleumplatte kommt eine Ausgleichschicht aus Zementbeton, darüber doppelte Dachpappe, eine geteerte und eine teerfreie. Da diese Decken den Dachgarten tragen, haben sie als besondern Schutz Eisenbetonplatten, deren Rippen in der Richtung des Dachgefälles verlaufen. Unter den Rippen sind Teerstricke zum Schutze der Pappe angeordnet.

Sämtliche L e i t u n g e n sind von Anfang an sorgfältig entworfen und an übersichtlichen und leicht zugänglichen Stellen verlegt. Da grundsätzlich alle Schächte in den Treppenhausanbauten untergebracht sind, liegen auch hier in der Hauptsache alle durch Schlitze geführten senkrechten Leitungen. Die elektrischen Leitungen sind nach dem Treppenhaus zu durch eiserne feuerhemmende Türen abgeschlossen. Die übrigen Leitungen liegen frei, die Bedienungshebel sind gegen unbefugte Zugriffe geschützt. Für die waagerechte Führung der elektrischen Leitungen sind zwei parallel laufende Drahtseile mit Querarmen an der Decke gespannt, auf denen Leitungen nach Bedarf befestigt werden, Klingel- und Telephonleitungen liegen in U-Eisenrinnen längs der Gänge.

Über die vorhandenen Aufzüge ist bereits früher berichtet worden[4]).

Zur H e i z u n g dient in den sieben unteren Werkstattgeschossen Niederdruckdampf, in den vier oberen, die im wesentlichen für Geschäftzwecke verwendet werden, Warmwasser. Die Heizanlage ist den durch Windanfall und Temperaturlage bedingten Schwankungen angepaßt durch Einteilung nach Himmelsrichtungen und Trennung in ein Dauersystem mit einzelnen Ventilen und ein zentral absperrbares Zusatzsystem; dies ist für ein so hohes Gebäude besonders notwendig. In den Geschäftsräumen sind unter den Warmwasserheizkörpern Rohrheizflächen für Niederdruckdampf zum schnellen Anheizen bei plötzlichem Wetterumschlag angebracht. Die Heizanlage im Kellergeschoß enthält Verteiler- und Druckregelstellen für Industrie- und Heizdampf, Gegenstromwärmer für Warmwasserheizung, Warmwasserkessel für den Bedarf der Küche und der Arbeitergarderoben, Kondensatsammler nebst Kondensatpumpen, Kalt- und Warmwasserpumpen für die Versorgung der oberen Stockwerke. Die zugehöri Kalt- und Warmwasserbehälter sind gleichzeitig Schaltbehälter ausgebildet.

Über die L ü f t u n g bestehen bei Hochhausbau noch wenig Erfahrungen, besonders wenn es sich langgestreckte Säle wie hier handelt. Zunäc nahm man an, daß natürliche Querlüftung ausreicht, die Kosten für künstliche Lüftung beträchtlich sind. aber bei späterem Einbau der erforderlichen Kanäle triebstörungen zu vermeiden, hat man wenigstens jenigen Kanäle, deren nachträglicher Einbau besond störend sein würde, und deren Kosten etwa 20 vH Kosten der Lüftanlage betragen, schon jetzt eingeba

Der Normaldruck im vorhandenen W a s s e r v e r s o r g u n g s n e t z reicht für die Versorgung obersten Geschosse nicht aus. Die an das städtische Ro netz angeschlossene Ringleitung reicht bis zum fünf Flur einschließlich. Für die darüberliegenden Sto werke ist eine Hydrophoranlage eingebaut. Zwei Pum von je 30 m³/h Leistung fördern das Wasser zu zw allseitig geschlossenen Behältern von je 6,5 m³ Nu inhalt, die im 12. Flur der beiden westlichen Trepp häuser aufgestellt sind. Durch Kontaktmanometer werd die Pumpen selbsttätig ein- und ausgeschaltet. In jed der vier Treppenhäuser befinden sich zwei Leitung für die Feuerwehr. Ein Strang geht von der Ringleitu bis zum dritten Flur, wo auch bei Drucknachlaß heißen Sommertagen noch genügend Wasser für Lös zwecke zur Verfügung steht. Als Verlängerung die Leitung, aber nicht mit ihr verbunden, führt vom Beh ter bis zum vierten Flur ein gleicher Strang abwär In jedem Treppenhaus liegt noch eine Bereitschaf feuerleitung, die vom 2. bis 11. Flur durchgeht, sie w durch eine kleine Fülleitung stets gefüllt gehalten u hat im 11. Flur eine kleine Wasserentnahmestelle, da das Wasser nicht stillsteht. Im zweiten Flur ist in d Bereitschaftsleitung ein Anschluß für eine Motorpum vorgesehen, damit man diesen Strang mit Wasser speis und unter erhöhten Druck setzen kann.

Die K ü c h e verpflegt 800 Angestellte und 2200 beiter; Herde, Kippkochkessel, Kaffeebereiter und Wär schränke werden elektrisch beheizt, hierzu komm sechs schwenkbare Kochkessel von je 600 l Inhalt. G trennte Räume dienen für Fleischzubereitung und G müseputzerei. In dem Raum für Gemüseputzerei finden sich elektrisch angetriebene Kartoffelwasch- u Schälmaschinen und eine Kohlschneidemaschine. In d gleichfalls abgetrennten Spülküche ist eine elektris angetriebene Geschirrspülmaschine mit Dampfheizu aufgestellt. Ferner ist ein Protosküchenmotor mit a steckbaren Küchenhilfsmaschinen vorhanden. Die Küc und die zugehörigen Nebenräume haben eine Entneb lungsanlage. Vom Speisebetrieb sind noch eine Teekoc anlage sowie eine elektrisch angetriebene bürstenlo Flaschenspülmaschine mit Dampfheizung zu erwähne

[4]) *Beyersdorf*, a. a. O.

Der Speisesaal faßt 200 Plätze und hat Verdunkelungs- und Kinoeinrichtung. Außerdem sind Speisezimmer für Direktion, Oberbeamten und Gäste eingerichtet.

**Die architektonische Erscheinung**

zwanglos und selbstverständlich aus den Anforderungen des Betriebes sowie aus den konstruktiven Bedingungen und der Rücksicht auf Sicherheit herausgewachsen. Die Turmbauten geben nicht nur eine statische Verstrebung gegen den Winddruck, sondern bilden auch ein architektonisch erwünschtes Gegengewicht gegen die weitgedehnte Waagerechte des Gebäudes, vergl. Titelbild. Die turmartig wirkenden Aufzugbauten sind an der Westseite ganz ohne Fenster, sie sind so am zweckmäßigsten gestaltet und bilden wieder ganz von selbst zu der mit Fenstern stark aufgelösten Architektur einen wirkungsvollen Gegensatz. Die durch den Zweck bedingte Zurücksetzung der beiden oberen Geschosse gibt dem schlanken Bau sein individuelles Gepräge und ermöglicht von selbst eine einfache Gliederung des aufstrebenden Gebäudes in waagerechter Richtung. Die Forderung der Feuerpolizei, in den Treppenhäusern Loggien anzuordnen, gab Veranlassung, die schlichten Flächen der beiden Treppentürme architektonisch wirksam zu gliedern [B 2888].

# Verfahren zum Anlassen kleiner Dieselmotoren

*Von Obering. G. JENDRASSIK, Budapest*

***Nach dem neuen, in der Praxis bereits vielfach mit Erfolg erprobten Verfahren wird die kalt angesaugte Luft dadurch erwärmt, daß sich das Einlaßventil erst gegen Ende des Saughubes öffnet. Diese Erwärmung ersetzt die durch die Wände abgeführte Wärme und erleichtert die Zündung.***

Zu den Schwierigkeiten, mit denen man bei Dieselmotoren mit kleinen Zylindern rechnen muß, zählen auch die des Anlassens aus dem kalten Zustand und des einwandfreien Leerlaufes oder des Betriebes mit kleiner Belastung. Diese Schwierigkeiten entstehen dadurch, daß die wärmeabführende Oberfläche des Brennraumes, bezogen auf 1 l Hubraum, und somit die Abkühlung der Ladung mit abnehmender Zylindergröße zunimmt. Die vermehrte Wärmeabfuhr während des Verdichtungshubes bewirkt dazu, daß von einer bestimmten Zylindergröße ab die Temperatur am Ende der Verdichtung besonders beim Anfahren nicht mehr genügt, um den Brennstoff mit Sicherheit zu zünden.

Die Größe dieser Wärmeverluste hängt auch von der Gestalt des Brennraumes ab. So ist die Kühlwirkung der Wände bei Vorkammermaschinen erheblich stärker als bei Maschinen mit Druckeinspritzung und einheitlich geformtem Brennraum. Dies erklärt, abgesehen von andern Ursachen, daß man Vorkammermaschinen nur bei größeren Zylindern aus dem kalten Zustand ohne Heizmittel anlassen kann, als z. B. Strahlzerstäubungsmaschinen.

Der Verfasser hat vor einigen Jahren ein neues Verfahren vorgeschlagen, um die Anfahrschwierigkeiten bei einen Viertakt-Dieselmaschinen zu beheben und die ersten Zündungen ohne Heizmittel zu sichern[1]). Das Verfahren benutzt die Erscheinung, daß sich Gase, die unter Drucksteigerung in ein Gefäß einströmen, hierbei erwärmen. Strömt ein Gas von der absoluten Temperatur $T_0$ in ein leergepumptes Gefäß, so erhöht sich seine Temperatur nach erfolgter Einströmung auf $T_1 = \frac{c_p}{c_v} T_0$, worin $c_p$ und $c_v$ die spezifische Wärme bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen bedeuten. Für Luft ist $\frac{c_p}{c_v} = \varkappa = 1{,}4$; für $T_0 = 10\,°C = 283\,°$ abs, wird $T_1 = 395\,°$ abs $= 122\,°C$, was eine sehr erhebliche Temperaturzunahme darstellt.

Die Theorie dieses Vorganges hat zuerst *Bauschinger*[2]) behandelt. Sie findet sich auch bei *Zeuner*[3]) und in einem Aufsatz von *Zerkowitz*[4]). Im Nachfolgenden wird eine sehr einfache Ableitung für den allgemeinen Fall gegeben, daß das Gefäß, in das das Gas einströmt, nicht vollständig luftleer ist und sein Volumen während des Einströmvorganges sich ändert. Das Gas ströme durch die Verbindungsleitung der beiden mit Kolben versehenen Zylinder $a$ und $b$, Abb. 1, in der die Drosselvorrichtung $c$ angebracht ist, von $a$ nach $b$. Während des Überströmens können sich die beiden Kolben sehr verschiedenartig bewegen, ebenso kann die Drosselung bei $c$ veränderlich sein.

Angenommen, der Kolben des Zylinders $a$ bewege sich so, daß sich der Druck $p_a$ im Zylinder $a$ während der ganzen Überströmung nicht ändert. Dann bleibt hier auch die Temperatur $T_a$ konstant. Wird im Ganzen das Gasgewicht $G$ hinübergeschoben und bezeichnet man Anfangs- und Endwerte von Volumen, Druck, Temperatur und Gewicht des Gases in den Zylindern mit den Zeigern 0 und 1, dann ist

$$G_{b_1} = G_{b_0} + G \text{ und } G_{b_1} R T_{b_1} = p_{b_1} V_{b_1} . \quad . \quad . \quad (1).$$

Vom Zylinder $a$ zum Zylinder $b$ ist die Energie

$$A\, p_a\, V_a + G\, c_v\, T_a = G\, c_p\, T_a$$

hinübergeschoben worden, wenn $V_a = V_{a_0} - V_{a_1}$ bedeutet. Nach dem Satz von der Erhaltung der Energie muß am Ende des Vorganges

$$(G_{b_0} + G)\, c_v\, T_{b_1} = G_{b_0}\, c_v\, T_{b_0} + G\, c_p\, T_a - A\, L_b \quad . \quad (2)$$

sein. Hierbei bedeutet $L_b$ die im Zylinder $b$ verrichtete, in Abb. 2 schraffierte Arbeit. Aus Gl. (1) und (2) kann man Temperatur $T_{b_1}$ und Gewicht $G_{b_1}$ berechnen.

Für Dieselmaschinen kann man diese Erwärmung ausnutzen, indem man während des Anfahrens das Saugventil mittels eines besonderen Nockens so steuert, daß es sich nicht am Anfang, sondern erst gegen Ende des Saughubes öffnet. Dann erzeugt der Kolben im Zylinder einen hohen Unterdruck, und am Ende der Einströmung befindet sich im Zylinder erwärmte Luft. Beim darauffolgenden Hub verdichtet der Kolben diese Ladung, wodurch die Temperatur der Luft noch weiter gesteigert wird.

In diesem Falle stellt der Inhalt des Zylinders $a$ die Außenluft dar, Abb. 3, die Kolben der Zylinder $a$ und $b$ hat man sich vereinigt zu denken. Für den ersten Hub beim Anlassen kann man in Gl. (1) und (2) $T_{b_0} = T_a$ und $p_{b_0} = p_{b_1} = p_a$ setzen. Dann geht Gl. (2) über in

$$(G_{b_0} + G)\, c_v\, T_{b_1} = (G_{b_0} + G)\, c_v\, T_a + A\, p_a\, V_a - A\, L_b,$$

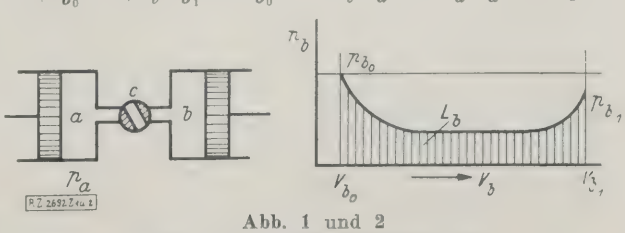



**Abb. 1 und 2**
Theorie des Überströmvorganges

$a$, $b$ Zylinder mit Kolben
$c$ Drosselstelle
$p$ Druck in $b$
$V_b$ Gasvolumen in $b$
$p_a$ Druck in $a$
$L_b$ im Zylinder $b$ verrichtete Arbeit

[1]) DRP Anm. J. 26562 I/46a 7.
[2]) Z. f. Math. u. Phys. Bd. 8 (1863) S. 81, 153, 429.
[3]) „Technische Thermodynamik", 3. Aufl., S. 172.
[4]) Z. Bd. 71 (1927) S. 879.

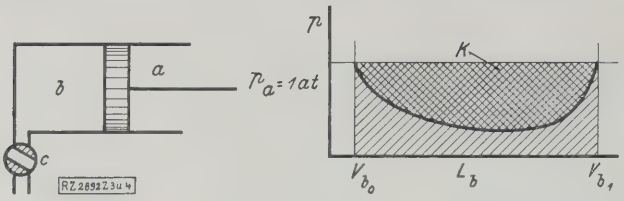



Abb. 3 und 4
Überströmvorgang beim Dieselmotor

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a$ | Außenluft | $V_b$ | Gasvolumen |
| $b$ | Zylinder mit Kolben | $p$ | Druck im Zylinder |
| $c$ | Drosselstelle | $L_b$ | im Zylinder $b$ verrichtete Arbeit |
| $K$ | Energie, verbraucht zur Erhöhung der Temperatur | | |

wenn man für $G\,c_p\,T_a$ wieder den zweigliedrigen Ausdruck einsetzt. Mit $G_{b_0} + G = G_{b_1}$ erhält man einfacher

$$G_{b_1}\,c_v\,T_{b_1} = G_{b_1}\,c_v\,T_a + A\,p_a\,V_a - A\,L_b \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

Da

$$A\,p_a\,V_a = A\,L_a$$

die im Zylinder $a$ geleistete, in Abb. 4 durch das Rechteck dargestellte, Arbeit ist, so ist die doppelt schraffierte Fläche $K = A\,(L_a - L_b)$ in Gl (3) die Energie, die zur Erhöhung der Temperatur der Ladung $G_{b_1}$ von $T_a = T_{b_0}$ auf $T_{b_1}$ verbraucht wurde. Diese Energie ist anderseits nach dem Diagramm gleich der Arbeit, die zur Erzeugung der Luftleere notwendig war. In Abb. 4 sind die Arbeitsdiagramme der Zylinder $a$ und $b$ übereinandergezeichnet, da der Kolbenhub nach Abb. 3 identisch ist.

Mit Benutzung von Gl. (1) und

$$G_{b_1} - G_{b_0} = G = \frac{p_a\,V_a}{R\,T_a}; \quad G_{b_0} = \frac{p_a\,V_{b_0}}{R\,T_a}$$

ergibt sich aus Gl. (3)

$$T_{b_1} = \varkappa\,T_a\,\frac{p_a\,V_{b_1}}{p_a\,V_{b_1} + (\varkappa - 1)\,p_a\,V_{b_0} + (\varkappa - 1)\,L_b} \qquad (4)$$

Diese Gleichung liefert für $V_{b_0} = 0$ und $L_b = 0$ $T_{b_1} = \varkappa\,T_a = \frac{c_p}{c_v}\,T_a$ wie oben bereits angegeben, und für einen praktischen Fall $T_{b_1} = 1{,}3\,T_a$.

Rechnen wir wegen weiterer Verluste nur mit $T_{b_1} = 1{,}25\,T_a$, dann wird für $T_a = 283\,°$ abs $= 10\,°$C, $T_b = 354\,°$ abs, und bei einem Verdichtungsgrad $\varepsilon = 12{,}4$ und bei $\varkappa = 1{,}3$ die Endtemperatur der Verdichtung $T_c = 12{,}4^{0{,}3} \cdot 354 = 753\,°$ abs $= 480\,°$C, während man sonst $T_c' = 283 \cdot 12{,}4^{0{,}3} = 603\,°$ abs $= 320\,°$C erhalten würde. Wollte man ohne verspätetes Öffnen des Einlaßventils die gleiche Endtemperatur von 753 ° abs erreichen, so müßte man den Verdichtungsgrad auf

$$\varepsilon = \left(\frac{753}{283}\right)^{\frac{1}{0{,}3}} = 26{,}1$$

oder mit Exponenten 1,3 den Enddruck auf 69 at erhöhen.

Diese kurze Berechnung wird den wirklichen Verhältnissen nur angenähert gerecht; man kann danach die Vorteile des neuen Verfahrens nicht vollständig beurteilen, da die Selbstzündung des Brennstoffs nicht nur von der Temperatur der Luft, sondern noch von vielen anderen Umständen, z. B. auch vom Druck abhängt. Jedenfalls bietet eben das Verfahren ein wirksames Mittel, um die Wärmeverluste des Brennraumes beim Anfahren zu ersetzen. Große Bedeutung kommt ihm bei Vorkammermotoren zu; hier ermöglicht das Verfahren, die Vorteile der Vorkammer für kleine Dieselmotoren mit denen der Strahlzerstäubung in bezug auf das leichtere Anfahren zu verbinden.

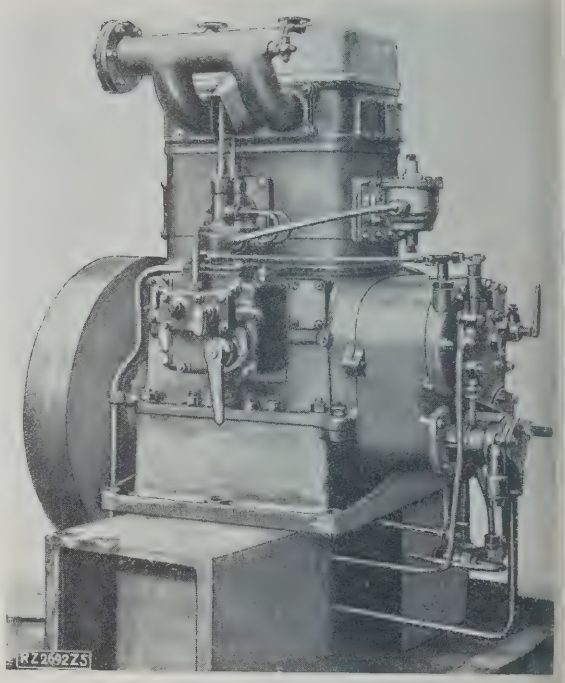



Abb. 5
Zweizylinder-Viertakt-Vorkammermaschine, System Jendrassik-Ganz für 24 PS bei 1000 U/min, erbaut von der Firma Ganz & Comp. - Danubius, A.-G., Budapest.

Das Verfahren wird bereits bei kleinen Dieselmotor der Firma Ganz & Comp.-Danubius, A.-G., Budapest, a gewendet. Diese Motoren, Abb. 5, sind besonders durc gebildete Viertakt-Vorkammermaschinen für Leistung von 7 PS bei 600 U/min bis zu 110 PS bei 1000 U/min 1 bis 6 Zylinder für ortfeste und Fahrzeugantriebe. S laufen ohne Hilfszündung sogar bei kaltem Wetter sich und kräftig an.

Der Motor hat zwei Steuerwellen, eine für die Au puffventile, die Brennstoffpumpe und den Regler; d zweite Steuerwelle, die die Einlaßventile antreibt, ist der Längsrichtung verschiebbar und trägt dreifache Nock für jedes Saugventil, einen für den Regelbetrieb, ein Anlaßnocken, der das Ventil nach dem beschrieben Verfahren steuert, und einen dritten Nocken zum Au schalten der Verdichtung. Beim Anwerfen verschie man diese Welle so, daß die Nocken zum Verminde der Verdichtung wirksam werden. Nachdem man d Kurbel einigemale gedreht hat, verschiebt sich d Steuerwelle selbsttätig in die Anfahrstellung, in der d Einlaßventile verspätet geöffnet werden. Die Maschir läuft in dieser Weise eine kurze Zeit lang, die von de Temperaturverhältnissen abhängt, z. B. ½ bis 1½ mi worauf man den Regelnocken einschalten und belaste kann.

Das neue Verfahren hat sich auch unter schwierige Verhältnissen als zuverlässig erwiesen, z. B. beim Betrie von Eisenbahnfahrzeugen. Die Donau – Save – Adria-Bahr gesellschaft hat drei Triebwagen mit solchen Dieselmotore von 72 PS bei 1000 U/min im Dienst. Diese Motoren sin ganz unter dem Fußboden des Wagenkastens eingebau und werden mittels *Bosch*-Anlaßmotoren angeworfen. Be der überaus strengen Kälte des vergangenen Winters ware die Motoren des Morgens oft stark unter 0 ° abgekühlt trotzdem ging das Anwerfen ohne Schwierigkeiten von statten. [B 2692]

# Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder kegeligen Rädern

*Von Privatdozent Dr.-Ing. HANS FROMM, Berlin*

(Schluß von S. 962)

### Umfangskraft und Schlupf bei schwach kegeligen Rollkörpern (Rad und Schiene)

Der Anwendung der für zylindrische Walzen gewonnenen Ergebnisse auf Rad und Schiene der Eisenbahn steht das Bedenken entgegen, daß die Bedingung der ebenen Verzerrung nicht hinreichend erfüllt ist, da die Lauffläche des Rades ein Stück eines Kegelmantels ist. Man wird hier wenigstens zu einer Abschätzung der auftretenden Höchstspannung auf folgende Weise kommen:

#### Vorgänge in der Berührungsfläche

Bei Schienen mit ebener Lauffläche, Abb. 13 und 14, kann man die Breite $l$ dieser Lauffläche mit hinreichender Genauigkeit als die „Länge der Berührungsfläche" annehmen. Für Schienen mit gewölbter Lauffläche werden die folgenden Betrachtungen in dem Maße anwendbar, wie die Lauffläche durch Abnutzung eben wird.

Der Halbmesser $R$ des Rades, Abb. 13, weicht in der Berührungsfläche höchstens um einige Tausendstel vom Mittelwert $R_m$ ab. Man kann daher annehmen, daß sich die Druckkraft $P$ über die Länge $l$ der Berührungsfläche gleichmäßig verteilt, so daß die Kraft, bezogen auf die Längeneinheit $N = \frac{P}{l}$, wie beim ebenen Problem von $z$ unabhängig ist ($z$ = Koordinatenachse parallel zur Radachse, s. Abb. 13). Diese Annahme erscheint dadurch gerechtfertigt, daß dann auch die Breite (2 b) der Berührungsfläche und die nach den Gleichungen (2) und (3) zu berechnende Verteilung und Größe der Druckspannungen in ihr von $z$ praktisch unabhängig ist.

Für die Verteilung der Schubspannungen darf eine solche Annahme nicht gemacht werden, vielmehr ist für den auf die Längeneinheit bezogenen Anteil $T$ der Umfangskraft $U$ eine Abhängigkeit von $z$ anzunehmen, und man weiß nur, daß

$$U = \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} T \, \mathrm{d}z \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18)$$

Inwiefern und in welcher Weise $T$ mit $z$ veränderlich ist, lehrt die folgende Überlegung:

Beim ebenen Problem ergibt sich der Nutzungswert $\nu = \frac{U}{\mu P}$ als abhängig vom Schlupf. Der Schlupf sei definiert durch

$$s = \frac{R\omega - v}{R\omega} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (19),$$

worin $v$ die Fahrgeschwindigkeit und $\omega$ die Winkelgeschwindigkeit des Rades ist. Es gilt nun[12])

$$\left.\begin{aligned} s &= k\,(1 - \sqrt{1-\nu}) && \text{für } 0 \leq \nu < 1 \\ s &\geq k && \text{für } \nu = 1 \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad (20).$$

darin ist

$$k = 2\,\frac{m-1}{m}\,\frac{\mu p_0}{G} = 2\,\mu \sqrt{\frac{m-1}{m\pi G}\,\frac{P}{l R_m}} \quad . \quad (20a)$$

der Schlupf, der gerade erreicht wird, wenn $\nu$ den Wert 1 erreicht. Solange also $s < k$ ist, ist $\nu$ von $s$ abhängig.

Dieses Ergebnis betrachten wir als in einem sehr schmalen Stück $\mathrm{d}z$ für das kegelige Rad gültig. Wir haben jetzt $\nu = \frac{T}{\mu N} = \nu(z)$ in der Weise abhängig von $z$ anzunehmen, wie es durch den Schlupf bedingt ist. Nach Abb. 13 ist $R = R_m + \operatorname{tg}\alpha\, z$, also nach Gl. (19), da im Nenner $R = R_m$ gesetzt werden darf,

$$s = s_m + \frac{\operatorname{tg}\alpha}{R_m} z \, .$$

Darin ist $s_m$ der Schlupf in der Mittelebene. Für die Stelle $z_0$, an der der Schlupf verschwindet, gilt

$$s_m = -\frac{\operatorname{tg}\alpha}{R_m} z_0 \quad . \quad . \quad (21),$$

So wird

$$s = \frac{\operatorname{tg}\alpha}{R_m}(z - z_0) \quad . \quad (22).$$

Zur Abkürzung sei noch $e = z_k - z_0 = \frac{k R_m}{\operatorname{tg}\alpha}$ eingeführt, d. h. an der Stelle $z_k = z_0 + e$ wird gerade der Wert $\nu = 1$ erreicht. Die Länge $e$ ist durch Abmessungen, Reibungszahl und Druckkraft bestimmt. Aus Gl. (20) ergibt sich nun $\nu$ als Funktion von $z - z_0$:

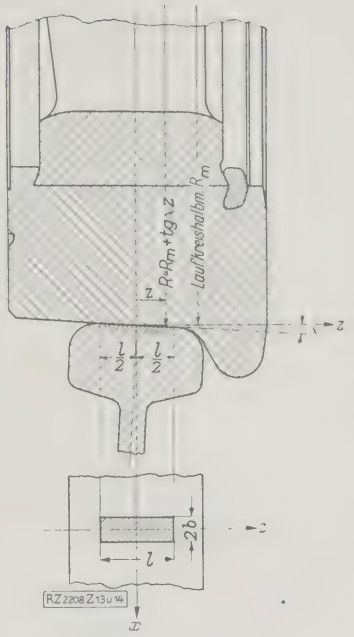



**Abb. 13 und 14**
Ebene Berührungsfläche zwischen Rad und Schiene.

$$\left.\begin{aligned} \nu(z - z_0) &= 2\,\frac{z - z_0}{e} - \left(\frac{z - z_0}{e}\right)^2 && \text{für } 0 \geq z - z_0 \leq e \\ \nu(z - z_0) &= 1 && \text{für } z - z_0 \geq e \end{aligned}\right\} \quad (23).$$

Für $z < z_0$ gilt diese Gleichung nicht mehr, vielmehr setzt sich die Kurve spiegelbildlich zu $z_0$ fort, wie Abb. 15 zeigt. Man kann also $\nu(-[z - z_0]) = -\nu(z - z_0)$ schreiben. Darin kommt zum Ausdruck, daß für $z > z_0$ auch $s > 0$ und $T > 0$ ist, das Rad arbeitet also in diesen Teilen der Berührungsfläche als Triebrad; für $z < z_0$ ist aber $s < 0$, also $T < 0$, d. h. das Rad arbeitet hier als Bremsrad.

Die Verteilung von Haft- und Gleitgebiet in der Berührungsfläche wird durch Abb. 16 veranschaulicht. Für die Grenzlinie $\varphi = \gamma$, die beim zylindrischen Rad der $z$-Achse parallel lief, folgt hier aus den Gleichungen (4), (20), (22) die Gleichung einer geknickten Geraden:

$$1 + \gamma \quad 2\,\frac{s}{k} \quad \frac{2\operatorname{tg}\alpha}{k R_m}\, z - z_0 \, ,$$

wobei die „Absolut"-Striche dem Vorzeichenwechsel von $s$ bei $z = z_0$ Rechnung tragen. Bei kleinen Werten $|z_0|$ ist die Grenzlinie geknickt und es bestehen zwei Gleitgebiete, in denen das Rad entsprechend $s \gtrless 0$ auf der Schiene rückwärts oder vorwärts gleitet. Bei wachsendem $|z_0|$ verschwindet zunächst $\left(\text{bei } |z_0| = \frac{l}{2}\right)$ das eine der Gleitgebiete, sodann $\left(\text{bei } |z_0| = \frac{l}{2} + e\right)$ auch das Haftgebiet aus der Berührungsfläche.

#### Schlupf in der Mittelebene und Umfangskraft

Die resultierende Umfangskraft läßt sich nun nach Gl. (18) berechnen. Man erhält

$$U = \mu N \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \nu(z - z_0)\, \mathrm{d}z \, . \quad . \quad . \quad (24).$$

[12]) Vergl. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 56, Gl. (36).

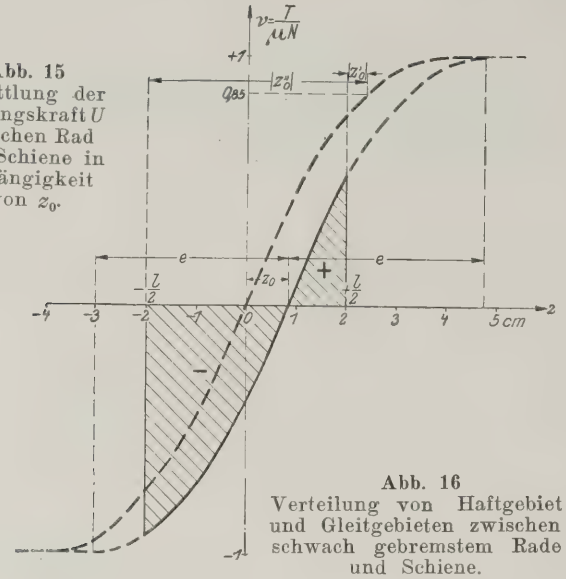



Abb. 15
Ermittlung der Umfangskraft $U$ zwischen Rad und Schiene in Abhängigkeit von $z_0$.

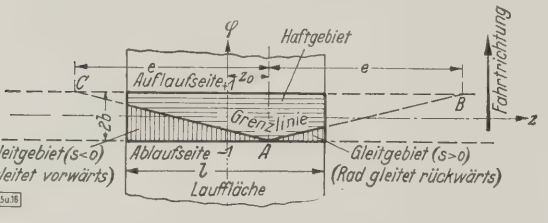



Abb. 16
Verteilung von Haftgebiet und Gleitgebieten zwischen schwach gebremstem Rade und Schiene.

Das Integral ist durch die schraffierte Fläche in Abb. 15 gegeben. Die Rechnung nach Gl. (23) wird etwas unbequem; setzt man $z - z_0 = \zeta$, so kann man schreiben

$$U = \mu N \left[ \int_0^{\left|\frac{l}{2} - z_0\right|} \nu(\zeta)\, \mathrm{d}\,\zeta - \int_0^{\left|\frac{l}{2} + z_0\right|} \nu(\zeta)\, \mathrm{d}\,\zeta \right].$$

Darin ist, wenn man kurz die oberen Grenzen mit $\zeta_g$ bezeichnet,

$$J = \int_0^{\zeta_g} \nu(\zeta)\, \mathrm{d}\,\zeta = \frac{\zeta_g^2}{e}\left(1 - \frac{\zeta_g}{3e}\right)$$

für $\zeta_g \leqq e$ und

$$J = \int_0^{\zeta_g} \nu(\zeta)\, \mathrm{d}\,\zeta = \zeta_g - \frac{e}{3}$$

für $\zeta_g \geqq e$.

So hat man $U$ in Abhängigkeit von der noch willkürlich wählbaren Größe $z_0$. Bei Änderung von $z_0$ verschiebt sich die Kurve $\nu\,(z - z_0)$ wie ein starrer Draht parallel zur $z$-Achse und ändert dabei den positiven und negativen Anteil der Fläche. Um den gleichen Betrag verschiebt sich in Abb. 16 das „Haftdreieck" $ABC$. Man sieht sofort: Für $z_0 > 0$ (wie in Abb. 15 und 16) wird $U < 0$, das Rad als Ganzes ist also Bremsrad. Für $z_0 < 0$ wird $U > 0$, das Rad als Ganzes ist Triebrad.

Nun ist mit $z_0$ nach Gl. (21) auch der Schlupf in der Mittelebene bestimmt. Man kann also $U$ als Funktion von $s_m$ bestimmen und ebenso den Gesamtnutzungswert $\nu_{ges}$, der sich nach Gl. (24) als Mittelwert der Teilnutzungswerte $\nu\,(z - z_0)$ ergibt, nämlich

$$\nu_{ges} = \frac{U}{\mu P} = \frac{1}{l}\int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \nu\,(z - z_0)\, \mathrm{d}\,z = \nu_{ges}\,(z_0) = \bar{\nu}_{ges}\,(s_m) \quad (25).$$

Abb. 17 stellt die Schlupfkurve, d. h. $\nu_{ges}$ in Abhängigkeit von $s_m$ für ein Lokomotivtriebrad dar, wobei $R_m = 99$ cm, $\mathrm{tg}\,\alpha = 1/20$; $l = 4$ cm; $\mu = 0{,}4$; $P = 8500$ kg angenommen wurde. Daraus folgt $p_0 = 2800$ kg/cm², $k = 0{,}001\,96$, $e = 3{,}88$ cm. (Dieses Beispiel liegt auch den Abb. 15 und 16

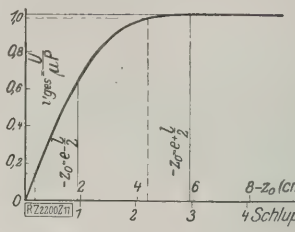



Abb. 17
Abhängigkeit des gesa ten Nutzungswertes $\nu_g$ vom Schlupf in der La kreisebene $s_m$ bzw. v der Abszisse $z_0$ der schlupffreien Stelle bei Reibungsbahnen.

zu Grunde.) Für das oben behandelte Beispiel $l = 4{,}4$ cm, $\mu = 0{,}25$, $p_0 = 2700$ kg/cm² wird $k = 0{,}001$ und $e = 2{,}25$ cm.

**Beanspruchung, Abnutzung und Arbeitsverlust (Ro reibung) zwischen kegeligen Rollkörpern (Rad u Schiene)**

Größtwerte der reduzierten Spannun und der Zugspannung

Mit dem Ergebnis des vorigen Abschnitts ist m nun in der Lage, auch für kegelige Rollkörper die grö Materialbeanspruchung für jeden Belastungsfall zu ern teln. Wir hatten in einem sehr schmalen Stück $dz$ Ergebnisse des ebenen Problems als gültig betrachtet u können daher auf dieses die Überlegungen des 2. A schnittes und insbesondre die Gl. (7), (8) und (10) wenden; der Wert $\nu$ ist dabei nach Gl. (23) (vergl. z. Abb. 15) als Funktion von $z - z_0$ einzusetzen. Man kön daher bei gegebener Umfangskraft $U$, also bei gegeben $z_0$ für jedes $z$ den jeweiligen Höchstwert der reduziert Spannung ermitteln, wie dies für ein Beispiel mit $\nu =$ aus Abb. 10 und 11 zu ersehen ist. Für die Beurteilu der Anstrengung des Stoffes kommt aber nur der jeweil größte dieser Höchstwerte in Frage.

Bei der Ermittlung dieses Größtwertes kommt m nun zu einem die praktische Rechnung sehr vereinfache den Ergebnis, das an dem Beispiel der Abb. 15, 16 und erörtert werden soll. Bei Leerlauf, also $z_0 = 0$ ist na Abb. 15 der größte in der Berührungsfläche auftreten Teilnutzungswert $\nu = 0{,}76$. Die größte Anstrengung aber, wenigstens für die durch zusätzliche Ringspannu gen nicht beanspruchten Stellen der Schiene, nach Abb. bei etwa $\nu_u = 0{,}85$ zu erwarten. Dieser Wert gelangt n nach Abb. 15 bei wachsenden $|z_0|$ in die Berührung fläche, wenn $|z_0'| = 0.38$ cm erreicht ist, und bleibt dari bis $|z_0''| = |z_0'| + l = 4.38$ cm überschritten wird. diesen Werten gehören nach Abb. 17, in der sie gem Gl. (21) auch als Abszissen eingetragen werden könne die Gesamtnutzungswerte $\nu'_{ges} = 0{,}145$ und $\nu''_{ges} = 0{,}98$.

Es ist praktisch ohne Belang, daß für $\nu_{ges}$ zwische 0,98 und 1 wieder ein Abfall der höchsten reduzierte Spannung eintritt. Wichtig aber ist das Ergebnis, daß d höchste Stoffbeanspruchung, die bei der gewählten Druc kraft $P$ überhaupt auftreten kann, bereits erreicht wir bevor das Rad nur zu 15 vH des Betrages ausgenutzt wir den die Reibung überhaupt zuläßt. Dieser Grenzwert $\nu'_g$ sinkt sogar auf Null, wenn $e \leqq \frac{l}{2}$ wird, also für klein Reibungszahlen, da $e$ proportional $\mu$ ist. Dieser Fall i schon in obigem Beispiel für $\mu = 0{,}25$ praktisch erreich

Die Berücksichtigung der zusätzlichen Ringspannu gen ändert an diesem allgemeinen Ergebnis nichts. Zu Berechnung der größten reduzierten Spannung $\sigma_0$ kan man also ohne weitere Rücksicht auf die Kegelform di Gleichungen (7), (9) und (10) verwenden, muß aber be Benutzung der Kurven, s. Abb. 2 bis 6, denjenigen („ungün stigsten") Nutzungswert ($\nu = \nu$ ) wählen, der die höchst Anstrengung liefert, gleichgültig, wie groß $\nu_{ges}$ ausfällt.

Die oben als Beispiele für zylindrisch Reibungsgetriebe angegebenen Größtwerte höchster redu zierter Spannungen (Zahlentafel 1 ohne Zusatzspannun gen; Zahlentafel 2 mit Zusatzspannungen für $\mu = 0{,}25$ geben also gleichzeitig die Größtwerte der redu zierten Spannungen an, mit denen man in schwach kegeligen Rollkörpern (Rad und Schiene) be beliebigen möglichen Umfangskräften unte sonst gleichen Bedingungen und Abmessungen zu rech nen hat.

Für die Gefahr des spröden Bruches führen selben Überlegungen zu dem entsprechenden Ergebnis: schwach kegeligen Rollkörpern sind bei jeder mög- hen Umfangskraft Zugspannungen von derselben Größe erwarten, wie sie unter sonst gleichen Bedingungen in indrischen Rollkörpern bei der für den spröden Bruch fährlichen Umfangskraft auftreten.

### Abnutzung und Arbeitsverlust

Es wäre unrichtig, aus dem Auftreten der größten strengung schon bei geringen Umfangskräften zu fol- rn, daß die Abnutzung bei Vergrößerung der Umfangs- äfte sich nicht mehr ändert. Vielmehr nimmt das Ge- t, in dem die reduzierten Spannungen der größten unter nen nahekommen, mit wachsender Ausnutzung immer hr zu, bis $\nu_{ges} = 1$ geworden, also das Haftgebiet auf nen Punkt zusammengeschrumpft ist. Für die Abnutzung ferner die Gleitgeschwindigkeit von Bedeutung und ese kann noch weit über den Betrag gesteigert werden, li dem entsprechend unserer Voraussetzung des *Cou- mbschen* Reibungsgesetzes die größte Umfangskraft, also $\nu_{ges} = 1$ gerade erreicht wird.

Als ein geeigneter Maßstab für die Abnutzung dürfte r durch das Gleiten entstehende Arbeitsverlust anzu- hen sein. Für diesen, sowie für den Hebelarm der Roll- ibung lassen sich jetzt ohne Schwierigkeit Formeln an- ben, die man als gültig ansehen darf, solange die größte duzierte Spannung unterhalb der Fließgrenze bleibt.

Die in der Berührungsfläche übertragene Leistung ßt sich näherungsweise durch

$$L = \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} T \,\mathrm{d}z \, R\omega = R_m \omega \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} T \,\mathrm{d}z = R_m \omega \, U$$

geben. Die durch Gleitreibung entstandene Verlust- istung ist dabei[13])

$$\left.\begin{aligned} v &= \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} T\, s \,\mathrm{d}z \, R\omega = R_m \omega \, \mu N \int_{-\frac{l}{2}}^{+\frac{l}{2}} \nu(z - z_0)\, s\,(z - z_0)\,\mathrm{d}z \\ &= R_m \omega \mu \frac{P}{l} \left[ \int_0^{\frac{l}{2} + z_0} \nu(\zeta)\, s\,(\zeta)\,\mathrm{d}\zeta \pm \int_0^{\frac{l}{2} - z_0} \nu(\zeta)\, s\,(\zeta)\,\mathrm{d}\zeta \right] \end{aligned}\right\} \quad (26),$$

lso der relative Arbeitsverlust

$$V = \frac{L_v}{L} = \frac{1}{l} \frac{\left[ \int_0^{\frac{l}{2} + z_0} \nu(\zeta)\, s(\zeta)\,\mathrm{d}\zeta \pm \int_0^{\frac{l}{2} - z_0} \nu(\zeta)\, s(\zeta)\,\mathrm{d}\zeta \right]}{\nu_{ges}}.$$

Darin gilt vor dem zweiten Integral das ±-Zeichen, je nachdem $\frac{l}{2} - |z_0| \gtrless 0$ ist. Außerdem gestaltet sich die echnerische Integration wieder wie bei Gl. (24) verschie- len, je nachdem die obere Grenze des Integrals $\gtrless e$ ist.

Im Gegensatz zum Ergebnis für zylindrische Walzen findet man hier, daß der durch Gleitreibung entstehende Arbeitsverlust für $U = 0$, also für ungebremste Lauf- räder, nicht verschwindet. Für diesen Fall, also für $z_0 = 0$, sei die Rechnung durchgeführt:

Für $e \geqq \frac{l}{2}$ erhält man mit Gl. (22) und (23) aus Gl. (26):

$$L_{v_0} = R_m \omega \mu N k\, 2 \int_0^{+\frac{l}{2}} \left[ 2\left(\frac{z}{e}\right) - \left(\frac{z}{e}\right)^2 \right] \left(\frac{z}{e}\right) \mathrm{d}z$$

$$= R_m \omega \mu N \frac{k\, l^3}{6\, e^2} \left(1 - \frac{3}{16}\frac{l}{e}\right)$$

$$= \frac{\mu}{6} k \left(\frac{l}{e}\right)^2 \left(1 - \frac{3}{8}\frac{l}{2e}\right) R_m P \omega .$$

[13]) Vergl. Zeitschr. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 7 (1927) S. 52 und 54.

Führt man nun als Hilfsgröße den Hebelarm der Rollreibung $f$ ein, so läßt sich die Verlustleistung auch durch

$$L_v = V\, U\, R\, \omega = \frac{f}{\nu\, \mu_0}\, U\, \omega = P f \omega$$

ausdrücken[14]). So findet man

$$f_0 = \frac{L_{v_0}}{P\omega} = \frac{\mu}{6} k \left(\frac{l}{e}\right)^2 \left(1 - \frac{3}{8}\frac{l}{2e}\right) R_m ,$$

und schließlich, wenn man $e = \frac{k R_m}{\mathrm{tg}\,\alpha}$ und $k$ nach Gl. (20a) einsetzt und zur Abkürzung

$$H = \frac{l}{2e} = \frac{l \,\mathrm{tg}\,\alpha}{4\mu} \sqrt{\frac{\pi m G}{m-1} \frac{l}{R_m P}}$$

schreibt,

$$f_0 = \frac{\mu}{3} l \,\mathrm{tg}\,\alpha\, H \left(1 - \frac{3}{8} H\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27a).$$

Diese Form gilt, solange $e \geqq \frac{l}{2}$, d. h. solange sich $H < 1$ ergibt.

Bei $e \leqq \frac{l}{2}$, also $H \geqq 1$ folgt dagegen aus (26):

$$L_{v_0} = R_m \omega \mu N\, 2k \left\{ \int_0^{e} \left[ 2\left(\frac{z}{e}\right) - \left(\frac{z}{e}\right)^2 \right] \left(\frac{z}{e}\right) \mathrm{d}z + \int_e^{\frac{l}{2}} \left(\frac{z}{e}\right) \mathrm{d}z \right\}$$

$$= R_m \omega \mu N k e \left[ \left(\frac{l}{2e}\right)^2 - \frac{1}{6} \right],$$

und schließlich für den Hebelarm der Rollreibung:

$$f_0 = \frac{\mu}{4} l \,\mathrm{tg}\,\alpha \left(1 - \frac{1}{6H^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (27b).$$

Die beiden Formeln (27) lassen erkennen, daß $f_0$ wächst, wenn $H$ bei festem $\mu$ vergrößert wird, $f_0$ kann niemals einen größeren Wert als $f_{0\max} = \frac{\mu}{4} l \,\mathrm{tg}\,\alpha$ annehmen, der bei $P \to 0$ erreicht wird. Bei $l = 4$ cm und $\mathrm{tg}\,\alpha = 1/20$ ist also $f_0 \leq \frac{\mu}{20}$ cm. Zum Beispiel:

| | Laufrad | | Triebrad | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $R_m =$ | 50 | | 99 | | cm |
| $P =$ | 5 000 | | 8 500 | | kg |
| $G =$ | 800 000 | | 800 000 | | kg/cm² |
| $\mu =$ | 0,2 | 0,4 | 0,2 | 0,4 | |
| $H =$ | 1,9 | 0,95 | 1,03 | 0,52 | |
| zu benutzende Gleichung . . | 27 b | 27 a | 27 b | 27 a | |
| $f_0$ | 0,0095 | 0,016 | 0,0084 | 0,011 | cm |

Mit Auftreten einer Umfangskraft $U$ wächst der Arbeitsverlust durch Gleitreibung $L_v$ und mit ihm der Hebelarm der Rollreibung $f = \frac{L_v}{P\omega}$. Für das schon mehrfach behandelte Beispiel eines Triebrades mit $\mu = 0{,}25$; $l = 4.4$ cm wird unter Übertragung einer Leistung von $L = 300$ PS je Rad bei einer Fahrgeschwindigkeit von 80 km/h im Mittel

$U = 1010$ kg; $\quad U_{\max} = \mu P = 2125$ kg; $\quad \nu_{ges} = \frac{U}{U_{\max}} = 0{,}476$

Aus Gl. (23) und (25) findet man $z_0 = -1{,}10$ cm und mit Benutzung von Gl. (26)

$L_v = 0{,}38$ PS; $\quad 100\, V = 0{,}13$ vH; $\quad f = 0{,}015$ cm.

Bei $U = 0$ wird $L_v = 0{,}28$ PS; $\quad f_0 = 0{,}011$ cm.

Die Werte $f_0$ für Leerlauf wachsen mit $l$, wie die Gleichungen (27) zeigen. Wenn also mit Rücksicht auf die zulässige Spannung eine breite ebene Lauffläche (d. h. lange Berührungsfläche) anzustreben ist, so geschieht dies auf Kosten des Wirkungsgrades und damit unter Erhöhung der Abnutzung. Es scheint demnach das Vorteilhafteste zu sein, die Abmessungen bei möglichst kleinem $l \,\mathrm{tg}\,\alpha$ so zu wählen, daß die Elastizitätsgrenze gerade nicht erreicht wird. Wie weit man sich diesem Fall bei Verwendung von Schienen mit gewölbter Lauffläche nähert, läßt sich auf Grund der hier gegebenen

[14]) Vergl. Zeitschr. f. techn. Phys. Bd. 9 (1928) S. 300, Gleichung 5 und 6.

Rechnungsweise nicht entscheiden, die nur für die Vorgänge bei ebenen Laufflächen eine Abschätzung liefern soll. Jedenfalls ist anzunehmen, daß die Anstrengung des Stoffes erheblich größer ist, als bei guter Auflage des Rades auf der ebenen Lauffläche, besonders wenn diese eingelaufen ist. Damit werden auch die in der Rechnung nicht berücksichtigten Unvollkommenheiten der Elastizität, also auch der Hebelarm $f$, größer. Man darf also auch aus diesem Grunde die Lauffläche nicht zu schmal machen bzw. die Schienenoberfläche nicht zu stark wölben.

Diese Überlegungen lassen erkennen, daß ein Zahlenwert für den Hebelarm der Rollreibung, wie er etwa in der „Hütte“[15]) mit 0,005 cm verzeichnet ist, ohne genaue Angaben der Versuchsbedingungen wertlos ist. Ich habe vergeblich versucht, den Ursprung dieser Zahl zu ermitteln, so daß eine Prüfung meiner Rechnungsergebnisse an ihr leider nicht möglich ist.

**Zusammenfassung**

Die Oberflächen von Rollkörpern eines Reibungsgetriebes erfahren eine Belastung als Folge der Andruckkraft, mit der die Rollkörper gegeneinander gedrückt werden, der Umfangskraft, die der Leistungsübertragung dient, und zusätzlicher Einflüsse, wie Schrumpf- und Fliehkraftwirkung in Radreifen oder Biegung in Schienen. Als Kenngrößen der Beanspruchung der Oberflächen unter gleichzeitiger Wirkung dieser drei Belastungsarten werden eine größte reduzierte Spannung zur Prüfung der Gefahr des Fließens und die größte Zugspannung zur Prüfung der Gefahr des spröden Bruches berechnet.

Die Rechnung wird zunächst für zylindrische Rollkörper durchgeführt. Dann wird gezeigt, daß die so berechneten Größtwerte der Spannungen auch für Rollkörper mit schwach kegeligen Laufflächen (Rad und Schiene) als Maß der Anstrengung zu betrachten sind und zwar ist bei kegeligen Rollkörpern für jede mögliche Umfangskraft eine Anstrengung in derselben Höhe zu erwarten, wie sie bei zylindrischen Rollkörpern nur für bestimmte („ungünstigste“) Umfangskräfte auftritt.

Gegenüber der größten reduzierten Spannung, die nach der *Hertzschen* Theorie der Berührung elastischer Körper zu erwarten wäre (bei ebener Verzerrung 0 der größten Flächenpressung), kann die Umfangskraft bei Reibungszahlen von $\mu = 0{,}25$ und 0,4 eine Erhöhung um 70 bzw. 120 vH bewirken. Kommt noch Schrumpfung oder Biegung hinzu, so kann die Erhöhung 170 bzw. 230 vH und mehr betragen.

Für die größte Zugspannung, die nach *Hertz* Null ist, wurden für ein Triebradbeispiel Werte von 1350 bzw. 3200 kg/cm² berechnet.

Als Maß für die Abnutzung wird der durch Gleitreibung entstehende Arbeitsverlust angesehen. Der Hebelarm der Rollreibung, der aus diesem Arbeitsverlust berechnet wird, erweist sich als stark abhängig von Abmessungen und Betriebsbedingungen. [B 2208]

[15]) Vergl. „Hütte“. 25 Aufl. Bd. 1 S. 283.

## Streckgrenze von Stahl bei höheren Temperaturen

Bei der schnellen Entwicklung des Maschinenbaues treten dauernd höhere Beanspruchungen der Werkstoffe, auch bei höheren Temperaturen, auf. *Körber*[1]) weist aus diesem Grunde auf die Notwendigkeit der Erforschung der Werkstoffeigenschaften bei höheren Temperaturen hin. Für den Dampfkesselbau wird heute fast ausschließlich der weiche Flußstahl (Blechsorte I mit einer Zugfestigkeit von 34 bis 41 kg/mm²) verwendet. Seine Abnahmeprüfung besteht in einer Bestimmung der Festigkeit und Bruchdehnung bei Raumtemperatur. Die im Kesselbau zulässige Beanspruchung ist so zu bemessen, daß gegenüber der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur die vierfache Sicherheit gegeben ist, was unter Berücksichtigung des natürlichen Streckgrenzenverhältnisses dieses Werkstoffes einer mehr als zweifachen Sicherheit gegen die Streckgrenze bei Raumtemperatur entspricht. Solange die von den Kesselwandungen im Betriebe erreichte Temperatur 300 ° nicht überschreitet, bestehen keine Bedenken, der Berechnung des Kessels die bei Raumtemperatur bestimmten Werkstoffeigenschaften in der bisher üblichen Weise zugrunde zu legen. Oberhalb 300 ° sieht das Bild jedoch ganz anders aus, da dann ein starkes Absinken der Streckgrenze oberhalb 300 ° eintritt. Es fragt sich nun, ob die in der Wärme festgestellte Warm-Streckgrenze eine zuverlässige Beanspruchung des Werkstoffs bei höherer Temperatur darstellt.

Nun sinkt mit steigender Temperatur nicht nur die Streckgrenze, sondern der Fließbereich im Zugdiagramm wird immer weniger ausgeprägt und verschwindet wenig oberhalb 300 ° sogar völlig. Alsdann tritt an die Stelle der Bestimmung der natürlichen Fließgrenze des Stahles die Ermittlung der Dehngrenze, bei der die nach der Entlastung des Probestabes festzustellende bleibende Dehnung einen durch Übereinkunft festgelegten Teil der Meßlänge (bis 2 vH der Meßlänge) erreicht hat.

Während für die Bestimmung der Fließ- oder 0,2-Grenze bei Raumtemperatur und bis zur Temperatur von 300 ° die Versuchsgeschwindigkeit oder die Belastungsdauer des Probestabes von untergeordneter Bedeutung ist, gewinnt bei höheren Temperaturen der Zeitfaktor an Wichtigkeit, so daß durch ihn eine weitere Unsicherheit in die Streckgrenzenbestimmung hineingetragen wird.

Aus langen Versuchsreihen hat sich nun ergeben, daß die auf die Zugfestigkeit bei Raumtemperatur bezogene Verhältniszahl der Streckgrenzenwerte bis zu 500 ° für die einzelnen Blechsorten keine größeren Schwankungen zeigt, als das Streckgrenzenverhältnis bei Raumtemperatur. Man kann also folgern, daß bei stets gleicher Art der Bestimmung der Streckgrenze deren Lage zur Zugfestigkeit bei Raumtemperatur auch für die höheren Wärmegrade für bestimmte Werkstoffklassen nahezu die gleiche ist. Das bedeutet, daß der höheren Festigkeit der härteren Blechsorten bei Raumtemperatur eine im gleichen Verhältnis höhere Warmstreckgrenze entspricht. Diese aus den bisher vorliegenden Versuchsergebnissen gezogene Folgerung bedarf natürlich noch einer sorgfältigen Nachprüfung an weit ausgedehnteren Versuchen.

Wenn auch für die bisher vorliegenden Untersuchungsergebnisse über die Warmstreckgrenze von Stahlguß in noch stärkerem Maße als bei den Kesselblechen gilt, daß sie noch keineswegs ausreichen, um das Gesetz der Proportionalität der Warmstreckgrenze und der Zugfestigkeit bei Raumtemperatur als sicher belegt gelten zu lassen, so ist besonders bei den höheren Wärmegraden die sehr gute Übereinstimmung der Verhältnisse der beiden Eigenschaften in höchstem Maße beachtlich.

Es fragt sich nun — worauf bereits oben hingewiesen ist, ob die nach dem bisher üblichen Verfahren bestimmte Warmstreckgrenze ein zuverlässiges Maß für die zulässige Beanspruchung des Werkstoffes darzustellen vermag. Da es sich im Dampfkesselbetrieb um eine Dauerbeanspruchung handelt, so ist für die Kennzeichnung des Verhaltens des Werkstoffes im Betriebe maßgebend die Dauerstandfestigkeit. Diese ist als die Grenzbelastung definiert, die dem Werkstoff zugemutet werden darf, ohne daß ein ständiges Dehnen und schließlich Bruch eintritt. Sie ist zu bestimmen in wochen- und monatelangen Dauerversuchen oder einem geeigneten abgekürzten Verfahren. Bis zu Temperaturen, bei denen die Dauerstandfestigkeit etwa in der Größenordnung der Streckgrenze liegt, darf diese wohl als geeignete Grundlage für die Beurteilung der zulässigen Spannungen angesehen werden. Bei höheren Temperaturen, d. h. oberhalb 300 °, tritt aber mit dem immer stärkeren Hervortreten der Zeitabhängigkeit der Streckgrenze ein starkes Sinken der Dauerstandfestigkeit gegen diese ein, so daß hier bei der Beurteilung des Verhaltens des Werkstoffes auf der Grundlage der Streckgrenzenbestimmung große Vorsicht geboten ist. [N 2824]

Berlin *A. Schulze*

[1]) Vergl. „Stahl und Eisen“ Bd. 49 (1929) Nr. 9 S. 273.

# R U N D S C H A U

## Schiffbau

### Der Schnelldampfer „Bremen"

Die erste Reise des Lloyddampfers „Bremen", dessen Bau die Deschimag, Werk A.-G. „Weser", Bremen, vor kurzem vollendet hat, wird von der ganzen Welt mit großer Spannung erwartet. In erster Linie begründet durch die hohe Geschwindigkeit des Schiffes, die es ermöglicht, die Nordatlantikreise Bremen – New York in sechs Tagen zurückzulegen, richtet sich das allgemeine Interesse auch auf die gewaltigen Ausmaße des Schiffes, das mit 49 864 B.-R.-T. bei 286 m Länge, 31 m Breite und 16,4 m Seitenhöhe das größte Schiff der deutschen Handelsflotte darstellt.

Die Überführung vom Werfthafen weserabwärts nach Bremerhaven, die sich unter den schwierigsten Verhältnissen vollzog, und die ersten Probefahrten auf See sind zur Zufriedenheit von Bauwerft und Reederei glücklich verlaufen. Die Schiffseigenschaften erwiesen sich hierbei als vorzüglich, die Bewegungen auf See waren durchaus ruhig und die mitunter voll beanspruchten Maschinen arbeiteten zur vollkommenen Zufriedenheit. Die bei der Weserfahrt unter dem Einfluß eines starken Sturmes aufgetretene Schlagseite gibt zu keinen Bedenken Anlaß, da das wenig belastete Schiff mit sehr niedrigem Tiefgang fuhr und daher dem Wind eine unverhältnismäßig große Angriffsfläche bot. Nachdem das Schiff die volle Ölladung zum Feuern der Wasserrohrkessel an Bord genommen hat, sind die Verhältnisse bedeutend günstiger geworden, zumal das Schiff infolge seiner großen Stabilität jeder seitlich angreifenden Kraft einen großen Widerstand entgegensetzt. Kurz vor der Überführung nach Southampton, wo das Schiff einen neuen Bodenanstrich erhalten hat, fand ein Abflug des Heinkel-Flugzeuges D 1717 statt, das die „Bremen" hauptsächlich zur schnelleren Beförderung der Post mitführt. Das mittels eines Druckluftkatapults abgeschossene Flugzeug verließ mit einer Geschwindigkeit von 90 km/h die 23 m lange Anlaufbrücke ohne Störung. Nachdem man auch die Ankerwinden und andere Hilfsmaschinen erprobt hatte, war das Schiff nunmehr für die erste Reise in technischer Hinsicht genügend gerüstet.

Die VDI-Zeitschrift wird über diese Spitzenleistung der deutschen Schiffbaukunst Anfang Oktober d. J. die erste große zusammenfassende Veröffentlichung mit vielen Abbildungen und Tafeln in einem Fachheft herausgeben.

[N 3303] *Bl.*

## Verarbeitende Industrien

### Ununterbrochen arbeitende Filter und Walzentrockner

Die in Z. Bd. 69 (1925) S. 1437 ff. und Bd. 72 (1928) S. 1089 ff. beschriebenen Filter haben Schaber-, Kratzer- oder Abnahmewalzen. Jedoch ergeben sich Schwierigkeiten bei der Abnahme von öliger Braunkohle, von Farben, Kaolin usw., also bei den Stoffen, die sich nur in dünner Schicht filtern lassen. Die bisher benutzten Abnahmevorrichtungen schmieren bei diesen Stoffen die Poren des Filtertuches zu, und weder Druckauflockerung von innen noch Spülung können diesen Mißstand vollständig beheben. Eine Leistungsverminderung, wenn nicht gar Unmöglichkeit der Filterung, ist die Folge.

Nach einem Verfahren der Firma Filtration Engineers, Newark (U. S. A.), baut die Firma „Imperial", Meißen, ihre Filter, Abb. 1, mit einem um die Trommeln laufenden endlosen Band, das als Träger des zu filternden Stoffes dient. Das Band wird meist von mehreren einander gleich laufenden Schnüren gebildet und gestattet, Filterkuchen bis herab zu 0,5 mm Dicke abzunehmen. Mit dem trockenen Filterkuchen läuft das Band über eine Umkehrwalze, wo die Masse herausbricht. Diese Arbeitsweise hat gleichzeitig den Vorteil, daß man nach dem Filtern das von der Masse benetzte Band über eine Trockentrommel führen kann, Abb. 2, wo der letzte Rest von Feuchtigkeit ausgetrieben wird. Besondere Trockner mit eigenen Fördermitteln, Trockenkanälen usw. sind überflüssig. Das Trocknen hält mit dem Filtern Schritt und das Erzeugnis ist von höchster Gleichmäßigkeit. Statt des fortlaufenden Bandes aus Schnüren führt man auch Drahtsiebe von etwa quadratischer Form, eins hinter dem andern, über die Trommeln. Nach dem Absaugen der Flüssigkeit wird dann dieses Band selbsttätig in die einzelnen Siebe aufgelöst, die hängend in besonderen Kammern getrocknet werden können. Dieses Verfahren eignet sich besonders für jene Fälle, wo ein wenig kräftiges, dafür aber umso längeres Trocknen unter Staubabschluß erforderlich ist.

Einen andern Vorteil dieser neuen Filter kann man darin sehen, daß die Saugkammern, die sich bei den früher beschriebenen Ausführungen durch die ganze drehende Trommel erstreckten, hier außerordentlich klein sind und nur flach an der Oberfläche der Trommeln liegen, Abb. 3 und 4.

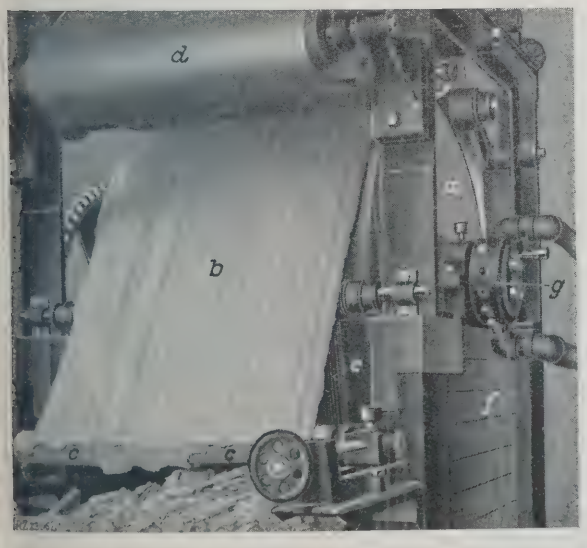



**Abb. 1**
Filter mit endlosem Band als Stoffträger.
*a* Filtertrommel *b* Band, mit Masse belegt *c* Umkehrwalze
*d* Druckriemen *e* zurücklaufendes Band *f* Trog *g* Steuerkopf

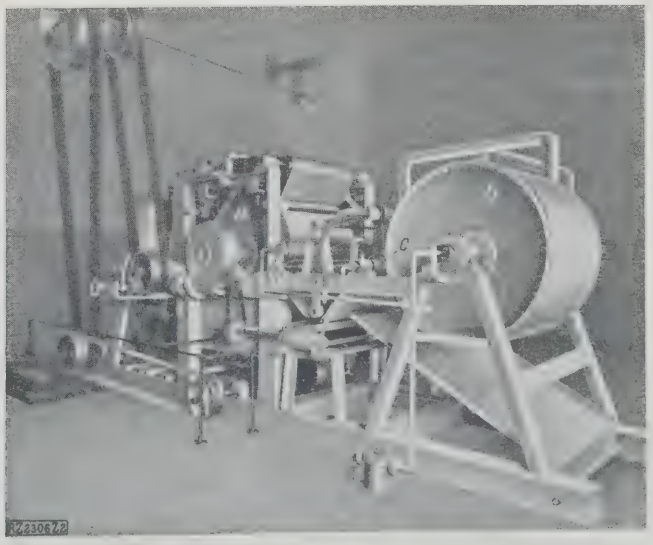



**Abb. 2**
Filter mit angeschlossener Trockentrommel (Versuchsanlage).
*a* Filter *b* Trockentrommel *c* Umkehrwalze, wo das Gut aus den Schnüren herausbricht

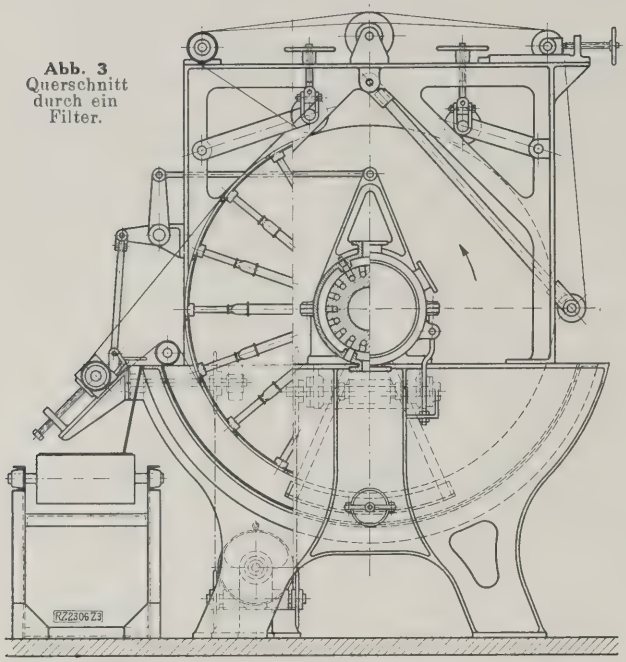


**Abb. 3**
Querschnitt durch ein Filter.

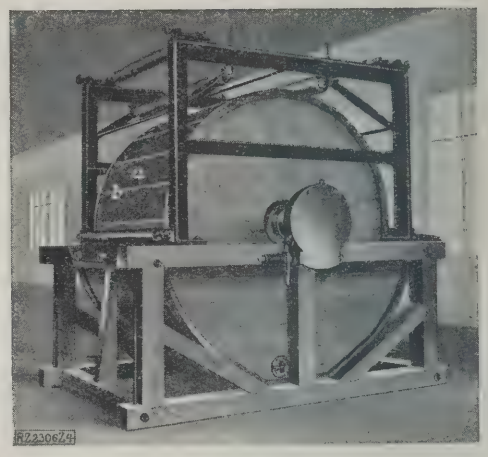


**Abb. 4**
Filter mit Holztrommel.

*a* Zellen. Sie haben nur etwa 10 mm Tiefe. Damit sich das darüber gespannte Filtertuch nicht durchwölbt, sind die Zellen während des Betriebes mit etwa 10 mm dicken Drahtfedern ausgefüllt.

*b* Trennwände der Zellen aus aufgeschraubten Leisten.

Auf diese Weise vermeidet man fast völlig den Totraum, dessen Leersaugen und Wiederauffüllen während jeder Umdrehung einen erheblichen Aufwand an Pumpleistung darstellte. Die Filterkammern sind bei der neuen Ausführung etwa 6 bis 10 mm hoch, und man braucht nur 0,2 bis 0,3 m³ Luft für 1 m² Filterfläche in 1 min. So werden für den Betrieb von Luftpumpe und Filter nur 4 PS bei 5 m² Filterfläche, 12 PS bei 20 m² Filterfläche gebraucht.

Auch die Verwendung eines oder mehrerer mitlaufender Druckriemen *d*, Abb. 1, statt der sonst üblichen Druckrollen, hilft mit, daß der Luftverbrauch der Filter äußerst gering ist. Fast der ganze Umfang der Trommel ist gegen das Zudringen von Luft durch den Druckriemen geschützt, der gleichzeitig Flüssigkeit herauspreßt und in der Schicht auftretende Löcher wieder zuschmiert. Auf keinen Fall kann Luft durch eine dünne Stelle der Schicht nachdringen und die Luftleere verschlechtern.

### Betrieb und Anwendung

Das Trocknen unter Luftabschluß zur Vermeidung der Staubgefahr hat für die chemische Industrie besonderen Wert, z. B. für Farbentrocknung. Gegenwärtig sind hierfür Filter im Bau für 300 m² einseitige (600 m² doppelseitige) Trockenfläche. Mit 25 bis 30 vH Feuchtigkeit kommt das Gut vom Filter und durchwandert die Trockenkammern. 40 t Trockengut mit 0,15 vH Wasser können in 24 h geliefert werden.

Bei der Aufbereitung der Braunkohlen und Steinkohlen verwendet man häufig Naßabscheidung. Den Schlamm läßt man in Klärbecken absetzen. Mit Hilfe der hier beschriebenen Saugzellenfilter kann man das Absetzen vermeiden. Eine Anlage dieser Art, die jetzt arbeitet, wird in 1 h rd. 120 m³ Wasser abscheiden, wobei 82 t Braunkohlen wiedergewonnen werden. Das Filtrat hat nur noch 0,01 vH Verunreinigungen. Das Schlämmwasser wird zurückgewonnen.

Eine große Anlage zum Trocknen von Kaolin-Masse konnte ich in Meißen sehen. Früher wurde erst in Filterpressen vorgepreßt. Dann trocknete man in Trockenkammern 24 bis 48 h, zerbrach die Klumpen in Mühlen, setzte wieder etwas Wasser hinzu und kollerte. Jetzt gelangt der Schlamm unmittelbar zu den Filtern, Abb. 5, wird dort möglichst wasserfrei und geht mit 25 vH Feuchtigkeit auf die Trockentrommel, die er mit 8 bis 10 vH Feuchtigkeit, je nach Bedarf einstellbar, verläßt.

In den Vereinigten Staaten von Amerika hat man mit diesen Filtern jetzt erfolgreich Zementschlamm auf 18 bis 20 vH entwässert, gegen früher 40 vH. Dadurch, daß nunmehr weniger Wasser in den Öfen zu verdampfen ist, steigt die Temperatur der Abgase und die Leistung von Abhitzekesseln, die man hinter den Öfen aufgestellt hat. Neuerdings wird die Abwärme (240 bis 270 °) dazu benutzt, den Schlamm von 20 auf 12 vH Wassergehalt zu trocknen, um ihn dann erst den Öfen zuzuführen. Eine weitere Kohlenersparnis ist die Folge.

### Sonderausführungen und Größe

Es macht keine Schwierigkeiten, diese Filter vollständig aus Holz herzustellen und sie mit Aluminium oder Bronze auszurüsten. Auch aus andern säure- oder laugebeständigen Stoffen können die Filter gebaut werden, was billiger ist, als wenn man sie verbleit oder gummiert. Auch die endlosen Fäden kann man ohne weiteres aus widerstandsfähigem Werkstoff herstellen. Man hat bisher vorwiegend Hanffäden, Gummischnüre oder V2A-Draht in Schraubenfederform erprobt. Die Filter werden bis zu 40 m² Filterfläche gebaut. Für die Gewinnung der Papier- und Zellstoffrückstände sind ebenfalls große Filteranlagen geliefert und im Bau. [M 2306]

Aachen Dr. *Geisler*

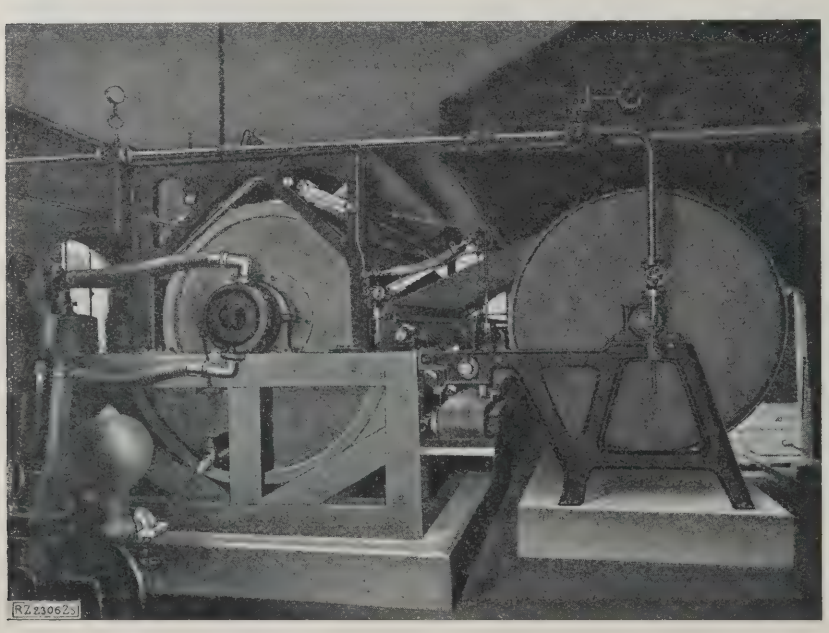


**Abb. 5**
Filter in einer Meißener Porzellanfabrik beim Filtern und nachfolgenden Trocknen von Kaolin-Masse.

## *Ingenieurfortbildung*

### Hochschulkursus Darmstadt, 2. bis 11. April 1929

Die schnelle Entwicklung der Technik im Verein mit der immer weitergehenden Spezialisierung der Industrie wie auch der Tätigkeit des einzelnen Ingenieurs bringen es mit sich, daß es immer schwerer wird, mit den Fortschritten der technischen Wissenschaft Schritt zu halten. Zwar bieten die zahlreichen gedruckten Veröffentlichungen und die Abendvorträge Gelegenheit, sich über den Stand der Wissenschaft zu unterrichten, aber im Getriebe der Berufsarbeit fehlt oft die Zeit und die Aufnahmefähigkeit dazu; außerdem können die meisten Veröffentlichungen und Vorträge, so wertvoll sie an sich sein mögen, meist nur kleinere Ausschnitte aus dem großen Gebiete der Technik geben.

Hier will der Verein deutscher Ingenieure eingreifen, der schon seit seiner Gründung der Ausbildung und Fortbildung der Ingenieure seine größte Aufmerksamkeit widmet. Er sieht es als seine Pflicht an, den Ingenieuren die Möglichkeit zu bieten, sich in kürzeren Zeiträumen über den Stand derjenigen Gebiete eingehend zu unterrichten, die für sie beruflich von Bedeutung sind oder die sie besonders beachten wollen. Zu diesem Zweck sollen als Ergänzung der bereits bestehenden Einrichtungen und in Anlehnung an diese in den wichtigsten Industriestädten Tages- oder Abendkurse stattfinden, in denen ein bestimmtes Gebiet der Technik möglichst eingehend behandelt wird.

Schon im Jahre 1909 hat der Verein deutscher Ingenieure begonnen, in Hochschulkursen Gelegenheit zur Fortbildung zu bieten, nachdem schon 1907 mehrere Bezirksvereine wirtschaftswissenschaftliche Kurse veranstaltet hatten. Bis zum Kriege fanden fünf solcher Tageskurse statt, der sechste in Darmstadt geplante und bereits vollständig vorbereitete Hochschulkursus mußte infolge des Kriegsausbruchs ausfallen. Nunmehr haben diese Tageskurse eine Fortsetzung gefunden in dem Hochschulkursus Darmstadt, der vom 2. bis 11. April 1929 abgehalten wurde. Der Besuch von 153 Teilnehmern zeigte, daß er eine große Anziehungskraft ausgeübt hatte.

Die Vortragenden griffen aus den von ihnen behandelten Gebieten die wichtigsten Fragen heraus, namentlich die, bei denen in der letzten Zeit bemerkenswerte Fortschritte zu verzeichnen waren. So wurden von Prof. *Wälde* z. B. die Dampfturbinen für große Leistungen und für hohe Drücke behandelt, ferner die Ölmaschinen ebenfalls für große Leistungen und für hohe Drehzahlen.

Die chemischen Energieträger, über die Prof. Dr. *Berl* sprach, haben für den Ingenieur doppelte Bedeutung: einmal in der Form von Kraftstoffen, dann aber auch, weil bei ihrer Gewinnung, Herstellung oder Umwandlung immer umfangreiche, manchmal recht schwierige Ingenieuraufgaben vorliegen. Man braucht nur die Trocknung von Torf und Braunkohle, die Verschwelung und Vergasung, die Gewinnung und Verarbeitung des Erdöls, das Berginverfahren und schließlich die Forschungsarbeiten über Ursache und Bekämpfung des Klopfens von Explosionsmotoren herauszugreifen, um die Fülle der Aufgaben zu kennzeichnen und gleichzeitig darzulegen, wie schwierig es wäre, wenn man sich in diese Fragen allein an der Hand des umfangreichen, z. T. sehr verstreuten Schrifttums einarbeiten müßte.

Eine Zusammenstellung über den gegenwärtigen Stand der Dampferzeugung gab Prof. *Eberle*. Er hob die Fortschritte hervor, die u. a. durch die Anwendung hoher Drücke und Temperaturen, die verbesserte Ausnutzung der Brennstoffe und die Entwicklung der Rost- und Staubfeuerungen gekennzeichnet sind. Auch die Frage der Bildung des Kesselsteins und seiner Verhütung wurde behandelt. Den Teilnehmern wurde das Laboratorium für Heizung und Wärmetechnik vorgeführt. Außerdem besichtigte ein großer Teil die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim[1]).

Prof. Dr. *Thum* trug die wichtigsten Fragen der Werkstoffkunde vor. Über die Bedeutung und den Umfang der hier vorliegenden Ergebnisse und Aufgaben ist in den letzten Jahren, meist im Zusammenhang mit der Werkstofftagung Berlin 1927, im Schrifttum vielfach berichtet worden. Nun handelt es sich aber darum, die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung in die Praxis einzuführen und mit ihr zu verknüpfen, und das ist eine der Hauptaufgaben der Fortbildungskurse. Die Teilnehmer dieser Vorlesungsreihe hatten Gelegenheit, in der Materialprüfungsanstalt neuzeitliche Festigkeitsversuche, z. B. über Dauerfestigkeit, Einflüsse von Kerben, zu beobachten.

In der Vorlesung über Technische Mechanik gab Prof. Dr.-Ing. *Blaeß* neue zeichnerische Verfahren zur Lösung schwieriger, z. T. mathematisch unlösbarer Aufgaben und Differentialgleichungen an, wie man sie z. B. in der Strömungs- und Schwingungslehre, bei der Berechnung rasch umlaufender Teile usw. findet.

In der Elektrowirtschaft hat die Kupplung der Netze immer größere Bedeutung gewonnen und große technische und wirtschaftliche Aufgaben gestellt. Prof. *Schneider* erläuterte die Voraussetzungen für die Netzkupplung und die sich dabei ergebenden Aufgaben an einer Reihe von Beispielen.

Prof. Dr.-Ing. *Koehler* las über Förderanlagen, insbesondere über die Förderung von Asche und Schlacke, die bei den ständig wachsenden Kraftwerken immer größere Bedeutung gewinnt. Anschließend behandelte er neuere Maschinenteile für Förderanlagen.

Bei den Maschinenteilen ist man leicht geneigt, einen abgeschlossenen Stand der Entwicklung anzunehmen; das ist aber durchaus nicht der Fall. Die mannigfachen Aufgaben, die sich aus der Schaffung neuer oder der höheren Ausnutzung vorhandener Werkstoffe, der Erhöhung der Drücke, Geschwindigkeiten und Temperaturen usw. ergeben, haben auch auf die Entwicklung der Maschinenteile fördernd gewirkt. An einer Reihe von Beispielen zeigte Prof. Dr.-Ing. *Heidebroek* neue Berechnungen und Untersuchungen von Wellen, Zahnrädern und Riementrieben und führte in seinem Laboratorium u. a. dynamische Schwingungsuntersuchungen von Kurbelwellen vor. Die Schwingungen lassen sich einfach und mit recht guter Genauigkeit auch durch statische Versuche erforschen, indem man die Federkonstante mittels ruhender Lasten feststellt.

Einzelfragen der elektrischen Krafterzeugung und -anwendung trug Prof. Dr.-Ing. *Hueter* vor; er zeigte namentlich viele Versuche über Durchschlagfestigkeit, Stromkräfte, Korona-Erscheinungen u. a. und gab in dem elektrotechnischen Laboratorium Gelegenheit, weitere Versuche durchzuführen.

Neben den planmäßigen Vortragsreihen und den Vorführungen in den Laboratorien konnten die Kursteilnehmer die Wanderschau des Vereines deutscher Ingenieure „Der Vertriebsingenieur" besichtigen. Ferner führte die Akademische Fliegergruppe Darmstadt ihre Werkstätten und ihre berühmten Segelflugzeuge vor. Besprechungsstunden am Schlusse verschiedener Vortragsreihen und Übungen gaben Gelegenheit, Fragen zu stellen und die erworbenen Kenntnisse zu vertiefen.

Das große Interesse, das die Vorlesungen und Besichtigungen bis zum Schluß fanden, läßt darauf schließen, daß der Hochschulkursus den Erwartungen aller Teilnehmer entsprochen hat und daß der Verein deutscher Ingenieure auf dem richtigen Weg ist mit seinen Plänen für die Ingenieurfortbildung. [N 3048] *Parey*

## *Prüftechnik*

### Prüftechnik und Betriebskontrolle in der Zellstofferzeugung

In der Hauptversammlung des Vereins der Zellstoff- und Papier-Chemiker und -Ingenieure am 14. und 15. Dezember 1928 in Berlin standen die Fragen der Betriebsüberwachung und der Kennzeichnung der Fabrikationserzeugnisse in bezug auf ihre physikalischen und chemischen Eigenschaften im Vordergrund. In einem

**Fortschrittsbericht über Faserstoff-Analysen**

beschäftigte sich Prof. Dr. *C. G. Schwalbe*, Eberswalde, eingehend mit den betriebsmäßigen Untersuchungen bei der Zellstoffkochung und Zellstoffbleiche. Hier ist zunächst die Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts der Rohfaserstoffe von Bedeutung. Die Kocherüberwachung erfolgt durch Anfärben der gezogenen Faserprobe, allenfalls wird auch der Aufschlußgrad bestimmt. Aufschlußgrad und Bleichbarkeit des erzeugten Stoffes ermittelt man durch Kaliumpermanganatverfahren oder Chlorverfahren. Gebleichte Stoffe werden durch das Kupferzahlverfahren von *Schwalbe* oder dessen Abänderungen auf Bleichschäden untersucht. Durch optische Prüfung wird der Grad der erzielten Weiße bestimmt. Über die Brauchbarkeit der hierzu verwendeten optischen Geräte besteht, wie die Aussprache ergab, eine gewisse Meinungsverschiedenheit; Einstimmigkeit besteht darüber, daß nur das optisch-elektrische Meßverfahren alle persönlichen Einflüsse sicher ausschaltet und daß es erwünscht wäre, bald ein brauchbares Verfahren dieser Art zu besitzen. Für die Beurteilung der Brauchbarkeit des Stoffes für die Papierfabrik treten die chemischen Prüfverfahren gegenüber den physikalischen und physikalisch-chemischen Verfahren, insbesondere den Festigkeitsprüfungen, an Bedeutung zurück. Es wird eine dringende Aufgabe sein, unter den überaus zahlreichen Untersuchungsverfahren einige wenige herauszuarbeiten, die die Zellstoffe zuverlässig kennzeichnen und bei denen die persönlichen

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 26 S. 913 und Nr. 28 S. 993.

Einflüsse in der Versuchsausführung so weit ausgeschaltet werden können, daß man diese Verfahren zur Normung verwenden kann.

Manche dieser Prüfverfahren stehen allerdings noch ganz in den Anfängen, wie z. B.

**die Bestimmung der Festigkeit des Zellstoffs,**

über die Prof. Dr. *Possanner von Ehrenthal*, Cöthen, in einer gemeinsamen Sitzung des Fachausschusses und der Faserstoff-Analysen-Kommission berichtete. Bei der Bestimmung der Festigkeit an verschiedenen Untersuchungsstätten treten große Abweichungen in den Ergebnissen auf. Der Versuch, ein einheitliches, vergleichbare Werte lieferndes Bestimmungsverfahren festzulegen, stößt bei jedem einzelnen Teilvorgang der gesamten Versuchsausführung auf fast unüberwindliche Schwierigkeiten, die zu der Ansicht berechtigen, daß die bisher von Amerika und Finnland bekanntgewordenen Angaben vorsichtig aufzunehmen sind. Nunmehr soll jede einzelne Stufe der Versuchsausführung auf die Art und Größe der dabei auftretenden Fehler untersucht werden. Den Untersuchungsstellen wird der Stoff in einem bestimmten einheitlichen Zustand geliefert, z. B. in Breiform oder bereits als fertiges Blatt, und die Ergebnisse sollen zeigen, wie sich der Einfluß der Versuchsausführung, z. B. bei der Blattbildung durch Schöpfen oder durch Gießen, durch die Art und Temperatur des Trocknens usw. bemerkbar macht.

Einen wertvollen Beitrag zur Betriebsüberwachung in der Zellstoffabrik gab Prof. Dr. *Rassow*, Leipzig, der über ein neues Verfahren

**zur analytischen Verfolgung des Sulfitkochprozesses**

nach Versuchen von Dr. *H. Kraft* berichtete. Für die analytische Überwachung des Kochvorganges müssen Proben des Kochguts oder der Kochlauge entnommen werden. Für die Untersuchung der Lauge sind schon verschiedene Verfahren vorgeschlagen worden, ohne daß sich bisher eines davon in der Praxis allgemein hätte durchsetzen können. Das neue Verfahren des Vortragenden besteht darin, daß die in der Lauge in Lösung gehende Ligninsulfonsäure auf analytischem Wege bestimmt wird. Man erhält auf diese Weise ein deutliches Bild von dem Fortschreiten der Kochung und kann insbesondere den Zeitpunkt scharf erkennen, zu dem die Qualitätskochung einsetzt. Die Erprobung des Verfahrens in der Praxis bestätigte die bekannten Erscheinungen über den Verlauf der Kochung beim Ankochen, in der Aufschlußzeit und während der Qualitätskochung. Hölzer verschiedener Herkunft zeigten die in der Praxis bekannten Unterschiede.

Eine zusammenfassende Übersicht seiner

**Untersuchungen über die Chemie des Sulfitzellstoff-Kochprozesses**

gab Prof. Dr. *Hägglund*, Åbo. Danach vollzieht sich der Aufschluß der Ligninsubstanz im Holz in zwei Stufen. In der ersten Stufe wirkt die Sulfitlauge auf das Holz unter Bildung einer unlöslichen Ligninsulfonsäure ein, deren Unlöslichkeit auf der Bindung des Ligninmoleküls an andere Ligninmoleküle oder an Hemizellulose bzw. Zellulose zurückzuführen ist. In der zweiten Stufe wirkt die Kochlauge hydrolytisch spaltend, die unlösliche Ligninsulfonsäure wird aus ihrem Verband befreit und geht in Lösung. Dieser Vorgang ist ausschließlich von der Temperatur und dem Säuregrad der Lauge abhängig. Je geringer der Säuregrad der Kochlauge ist, desto größer wird, auf denselben Ligningehalt berechnet, die Zellstoffausbeute. Man hält deshalb zweckmäßig den Sulfitgehalt der Kochlauge möglichst hoch und ihren Säuregrad möglichst niedrig. Mit Kalk als Base der Lauge kann man diese Forderungen nicht erfüllen. Dagegen liefert eine Kochung mit Natriumbisulfitlauge Ausbeuten, die erheblich über den sonst üblichen liegen. Aus wirtschaftlichen Gründen muß man das Salz jedoch nach der Kochung wieder aufarbeiten und es ist dann zweifelhaft, ob der Mehrertrag die Wiedergewinnungskosten aufwiegt. Jedenfalls stellt die Regeneration der Alkalisulfitlauge in mancher Hinsicht gegenwärtig eine recht bemerkenswerte und zweifellos auch lohnende Aufgabe dar, an der man zur Zeit in Amerika lebhaft arbeitet und die, wenn sie in zufriedenstellender Weise gelöst werden könnte, vielleicht eine grundlegende Änderung der heutigen Sulfitzellstofferzeugung herbeiführen würde.

Auch die Frage der Verwertung der Sulfitablauge stand wieder im Vordergrund der Erörterungen. Prof. Dr. *C. G. Schwalbe*, Eberswalde, gab in einem Vortrag,

**Sulfitlauge und Naßverkohlung,**

einen Überblick über seine sich hiermit beschäftigenden Arbeiten. Im Jahre 1924 entwickelte er ein Verfahren zur Verkohlung von Ablauge mit Hilfe einer aus den Schälspänen erzeugten Adsorptionskohle. Eine Versuchsanlage kam 1926 in Betrieb. Infolge der verbesserten Schälverfahren, die neuerdings in der Zellstoffabrikation Anwendung finden, stehen aber die zur Herstellung der Adsorptionskohle erforderlichen Holzmengen nicht mehr zur Verfügung. Das Verfahren ließ sich ferner nur mit frischer und nicht mit entzuckerter Lauge ausführen. Es wurde daher nach einem neuen Verkohlungsverfahren gesucht, das gestattet, jede Ablauge, sowohl frische wie entzuckerte, ohne vorherige Eindickung zu verkohlen.

Es stellte sich heraus, daß die Sulfitablauge durch Druckerhitzung mit Säuren leicht verkohlt werden kann, wenn man an Stelle der in den Laugen vorhandenen Kalksalze die freien Lignosulfonsäuren der Druckerhitzung unterwirft. Zur Wegnahme des Kalks ist die Schwefelsäure sehr geeignet, da sie den Kalk als Gips vor der Verkohlung zu entfernen gestattet. Bei Frischlaugen genügt es, die Hälfte der theoretisch erforderlichen Schwefelsäuremenge anzuwenden. Bei entzuckerten Laugen müssen drei Viertel der theoretischen Menge angewandt werden. Als verwertbares Nebenerzeugnis entsteht Holzgeist in einer Ausbeute von 0,7 kg auf 1 m³ Lauge. Von der gut filterbaren körnigen Kohle werden 70 kg/m³ mit einem Heizwert von 4800 kcal/kg gewonnen. Die Kohle kann wie Rohbraunkohle auf Sonderrosten oder in der Form von Preßkohle auf beliebigen Rosten verbrannt werden. Würde die gegenwärtig in Deutschland verfügbare Ablauge völlig auf Sulfitkohle verarbeitet, so ergäbe sich eine Ersparnis von 400 000 bis 500 000 t Kohle.

In der Aussprache wurde darauf hingewiesen, daß die großen Mengen der anfallenden Ablauge, wenn man tatsächlich wertvolle Stoffe aus ihnen erhalten könnte, außerordentlich umfangreiche Einrichtungen verlangen. Es ist zu berücksichtigen, daß in den meisten Fällen die Lauge irgendwie aufbereitet, d. h. gereinigt, von gewissen Bestandteilen befreit oder eingedickt werden muß. Sobald man die chemisch-apparative Seite berücksichtigt, beginnt die Frage der Ablaugenverwertung überaus schwierig zu werden. Die aufbereitete Ablauge stellt dann bereits vor dem eigentlichen Verwertungsverfahren ein hoch bezahltes Erzeugnis dar, und nur selten kann das Enderzeugnis den hohen Verarbeitungspreis ertragen. Wo dies der Fall ist, wie z. B. bei der Herstellung von carbo medicinalis, da handelt es sich um einen so geringen Absatz, daß man nur einen ganz verschwindenden Teil des täglichen Ablaugeanfalls einer Zellstoffabrik hierzu verwerten kann. In der Aussprache wurde ferner die Ansicht geäußert, daß die beim geschilderten neuen Naßverkohlungsverfahren gewonnene Kohle nichts anderes als Lignin sei, das durch die besonderen Bedingungen des Verkohlungsverfahrens aus der Lösung ausgefällt werde. Die notwendige Entfernung des Kalks durch Schwefelsäure verteuere das Verfahren außerordentlich und es sei fraglich, ob die erhaltene Kohle im Heizwert mit der bergmännisch gewonnenen Kohle wirtschaftlich wettbewerbsfähig sei. Demgegenüber wies Prof. *Schwalbe* darauf hin, daß die Anlagekosten wesentlich von der Verkohlungszeit abhängig seien. Es erscheine möglich, das Verfahren, dessen Geschwindigkeit bereits nahezu verdoppelt werden konnte, noch weiter zu beschleunigen, um die Ablauge mit großer Geschwindigkeit durch eine verhältnismäßig klein gehaltene Apparatur jagen zu können.

Direktor Ing. *Wallenberger*, Gmeingrube (Steiermark), sprach über

**ein neues Regenerationsverfahren der bei der Sulfatzellstoff-Fabrikation anfallenden Braunlaugen**

und machte den Vorschlag, die Geruchsbelästigung durch ein grundsätzlich neues Verfahren zur Aufarbeitung der Laugen zu entfernen. Da der Träger dieser Belästigung der in der Lauge als Sulfid gebundene Schwefel ist, geht sein Vorschlag darauf hinaus, diesen Schwefel durch Ansäuern der Lauge mit einer Mineralsäure oder einem sauren Salz in Schwefelwasserstoff überzuführen, der abzuleiten und in Behältern aufzubewahren wäre, um, in Natronlauge eingeleitet, diese wiederum in Schwefelnatrium überzuführen. Das Verfahren ist also ausschließlich für sulfatfreie Schwefelnatriumlaugen gedacht. Die beim Ansäuern mit Salzsäure entstehende Chlornatriumlauge soll durch Elektrolyse in Natronlauge, Chlor und Wasserstoff zerlegt werden. Die Verbrennung der beiden letzteren Bestandteile soll den größten Teil der aufgewandten Salzsäure zurückliefern. Die Natronlauge wird durch Einleiten des Schwefelwasserstoffs in Sulfid zurückverwandelt. Gegen die praktische Anwendbarkeit des Verfahrens werden im wesentlichen zwei Bedenken geltend gemacht: die angesäuerten Laugen dürften kaum die zur Elektrolyse erforderliche Reinheit besitzen und die Abtrennung des beim Ansäuern ausfallenden Lignins dürfte an der schlechten Filterbarkeit

dieses Niederschlages scheitern, der, selbst wenn er bei höherer Temperatur entsteht, im Verlauf einiger Stunden in einen schmierigen, unfilterbaren Zustand übergeht.

Weitere Vorträge beschäftigen sich mit Quellvorgängen bei der Zellulose (Prof. Dr. *Katz*, Amsterdam), der Sulfitlaugen-Bereitung (Dir. Dr.-Ing. *H. Lauber*, Königsberg), mit der Verflüssigung von Stärke durch Biolase (Dr. *H. Wrede*, Berlin-Dahlem), der Verwendung von Gummiwalzen in der Papierindustrie (Dir. *Becker*, Heidenheim) und mit der Kraft- und Wärmewirtschaft (Dr.-Ing. *v. Laßberg*, München). [N 2379]

Berlin Dr. *J. Hausen*

## Eisenbahnwesen

### Die Hochdrucklokomotive für 60 at „Bauart Winterthur"

Zuschrift

Dr.-Ig. *Brown* bemerkt in seinem obigen Aufsatz in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 5 S. 156, daß die bei dieser Lokomotive gemessenen Verbrauchszahlen die niedrigsten darstellen, die je an einer Dampflokomotive gemessen worden seien. Diese Feststellung ist jedoch nicht zutreffend, wie ein Vergleich mit den von Prof. *Nordmann*, Berlin, in Z. Bd. 72 (1928) S. 1915 veröffentlichten Versuchsergebnissen der Schmidt-Hochdrucklokomotive ergibt. Den von *Brown* angegebenen Zahlen habe ich nachstehend die vom Lokomotivversuchsamt Grunewald der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft festgestellten günstigsten Verbrauchszahlen der Schmidt-Hochdrucklokomotive nach dem Umbau der Feuerbüchse im Jahre 1928 gegenübergestellt.

*Nordmann* hat nach Zahlentafel 2 S. 1920 im März 1928 einen günstigsten Kohlenverbrauch von 0,91 kg/$PS_e$h und einen niedrigsten Speisewasserverbrauch von 6,7 kg/$PS_e$h festgestellt, während *Brown* den geringsten gemessenen Verbrauch der Winterthurer Lokomotive an Kohle zu 1,14 kg und an Wasser zu 7,8 kg/$PS_e$h angibt. Diese Zahlen beziehen sich bei der Winterthurer Hochdrucklokomotive auf die Leistung am Zughaken der Lokomotive und bei der Schmidt-Hochdrucklokomotive auf die am Zughaken der Lokomotive hinter dem Tender. Die gemessenen Verbrauchszahlen hat *Brown* in einer nicht nachprüfbaren Weise auf die Ebene umgerechnet. Obwohl nun durch diese Umrechnung der Kohlenverbrauch nach den von *Brown* ermittelten Kurven im Bestfalle auf 1 kg/$PS_e$h und der Wasserverbrauch auf etwa 7,7 kg/$PS_e$h vermindert wurde, reichen die auf diese Weise ermittelten Mindestverbrauchszahlen trotzdem noch nicht an die vorher angeführten Mindestverbrauchszahlen der Schmidt-Hochdrucklokomotive heran.

Weiter bleibt noch zu beachten, daß folgende Umstände die Verbrauchszahlen der Winterthurer Hochdrucklokomotive im Verhältnis zur Schmidt-Hochdrucklokomotive noch zu günstig erscheinen lassen:

1. Die veröffentlichten Verbrauchszahlen der Hochdrucklokomotive, Bauart Winterthur, beziehen sich nur auf Geschwindigkeiten zwischen 40,5 und 58,5 km/h, die der Schmidt-Hochdrucklokomotive dagegen auf etwa 80 km/h. Nun dürfen bekanntlich die bei verschiedenen Geschwindigkeiten festgestellten Werte nicht ohne weiteres verglichen werden, da sich der Eigenleistungsverbrauch mit zunehmender Geschwindigkeit stark vergrößert und z. B. bei einer Lokomotive bei 80 km/h Geschwindigkeit etwa doppelt so hoch ist wie bei 50 km/h.

2. Die Winterthurer Hochdrucklokomotive ist eine Tendermaschine, die Schmidt-Hochdrucklokomotive dagegen eine Maschine mit Schlepptender. Bei dieser wird zwar ein größerer Fahrbereich erzielt, aber der Eigenwiderstand der Lokomotive ist auch verhältnismäßig größer als bei der Tendermaschine.

3. Der Heizwert der in der Winterthurer Hochdrucklokomotive verfeuerten Kohle betrug 7350 kcal/kg, während die Kohlenverbrauchszahl bei der Schmidt-Hochdrucklokomotive auf einen Wärmeinhalt von 7000 kcal/kg umgerechnet worden ist. Hierin allein liegt schon ein Unterschied im Wärmeverbrauch von 4¾ vH zuungunsten der Schmidt-Hochdrucklokomotive, so daß für diese bei entsprechender Umrechnung ein günstigster Kohlenverbrauch von 0,86 kg/$PS_e$h angegeben werden darf.

Zugunsten der Winterthurer Hochdrucklokomotive spricht nur der Umstand, daß sie für kleinere Leistungen gebaut ist und daher auch bei kleinen Zughakenbelastungen von 300 bis 600 $PS_e$ etwas wirtschaftlicher arbeitet als die erheblich stärkere Schmidt-Hochdrucklokomotive.

Kassel-Wilhelmshöhe [D 2836] *O. H. Hartmann*

## Lager- und Ladevorrichtungen

### Verladen und Lagern umladeempfindlicher Schüttgüter

Zuschrift

In dem Aufsatz Z. Bd. 72 (1928) S. 1221 errechnet bei Besprechung der Verladeeinrichtungen des für die Gräfin-Johanna-Schachtanlage ausgeführten Ausgleichlagers Prof. *Aumund* laut Zahlentafel 6, S. 1223, eine Grusbildung der Kohlen von nicht weniger als 30,7 vH. Als Grundlage für seine Berechnungen dienen die von *Schilling* im Jahre 1907 veröffentlichten Versuchsergebnisse über die Grusbildung der Kohlen beim Verladen, die in Abb. 1, S. 1221, zusammenfassend dargestellt sind. Um die Gesamtgrusbildung zu ermitteln, unterteilt er die ganze Verladung nach ihren einzelnen Abschnitten, bestimmt hierfür nach *Schilling* die anteilige Grusbildung und erhält durch Addition den gesuchten Gesamtwert.

Für die Beschickung der Bunker setzt *Aumund* eine Grusbildung der Kohlen von 13 vH an, entsprechend einer freien Fallhöhe von 4 m, die jedoch nicht als normal anzusehen ist; denn es liegt in der Hand der Betriebleitung, die Fallhöhe der Kohlen stets so niedrig wie möglich zu halten, indem sie durch gleichmäßige Beschickung und Entleerung die Höhe des Kohlenlagers in dem der Überladung dienenden Bunker genügend hoch und annähernd gleich hält. In diesem Fall kann man mit einer durchschnittlichen Fallhöhe von 2 m rechnen, was nach *Schilling* einer Grusbildung von 5 vH entspricht, also 8 vH weniger als von *Aumund* eingesetzt.

Als vierten Abschnitt der Verladung untersucht *Aumund* das Entladen der Kübel des Kabelkrans bei der Beschickung des Ausgleichlagers. Hierfür nimmt er eine Fallhöhe der Kohlen von 2 m an, während er für den gleichen Arbeitsgang in Zahlentafel 7, Fall *a*, nur 1 m ansetzt. Man kann auch beim Kabelkran mit dem geringeren Wert rechnen, weil ein geschickter Kranführer die angenommene Fallhöhe von 1 m meist noch unterbieten wird. Infolgedessen entsteht ein zweiter Unterschied von 3 vH, und insgesamt vermindert sich die von *Aumund* errechnete Grusbildung um 11 vH auf 19,7 vH gegenüber 30,7 vH. Aber auch diese Zahl entspricht nicht den tatsächlichen Verhältnissen.

Auf der Anlage „Gräfin-Johanna-Schacht" sind Versuche über die Verluste durch die Verladung mit dem Kabelkran noch nicht gemacht worden. Auf andern Stapelplätzen und mit andern Verladeeinrichtungen desselben Unternehmens, bei denen die Fallhöhe größer ist als auf dem Kabelkranplatz, beträgt die Grusbildung nach Mitteilungen der Grubenverwaltung bei der sehr harten Grobkohle — hierzu zählen Stückkohlen, Würfel I, Würfel II, Nuß I (45 mm) — im allgemeinen weniger als 5 vH. Die Zerkleinerung der Grobkohle in Sorten bis einschließlich Nuß I bleibt hierbei unberücksichtigt, da der Preis der Nußkohle höher ist als der der Stückkohle. Größer als der wertmindernde Einfluß der Verladung ist der Abrieb, der durch die lange, oft ein Jahr und länger dauernde Lagerung selbst entsteht und den *Aumund* überhaupt nicht erwähnt; er ist um so größer, je länger die Kohle lagert. Ähnliches gilt für die Mittelsorten (Nuß II und Erbs). Die durch das Verladen entstehenden Verluste bleiben also selbst unter ungünstigeren Verhältnissen unter 5 vH, ein Wert, der auch unter Berücksichtigung der Richtigstellungen in schroffem Gegensatz zu dem von *Aumund* errechneten steht. Ob der Fehler in den *Schillingschen* Zahlen oder in ihrer irrigen Anwendung liegt, kann hier nicht entschieden werden. Vor allem muß berücksichtigt werden, daß auf der Anlage „Gräfin-Johanna-Schacht" nur Feinkohlen — Staub und Grieß — auf dem vom Kabelkran beschickten Platz auf Lager genommen werden, so daß der vorliegende Fall für die Betrachtung der Wertminderung durch das Verladen überhaupt jede Bedeutung verliert.

Die Kohlen können der Selbstentzündung wegen erst nach vorgenommener Aufbereitung gelagert werden. Die Sorten mit Korngröße über 10 mm müssen wegen der Grusbildung die Aufbereitung nach der Lagerung nochmals durchlaufen. *Aumund* schlägt vor, diese zweite Aufbereitung durch Kübellagerung an Stelle von Freilagerung überflüssig zu machen. Auf „Gräfin-Johanna-Schacht" müssen bei einer Tagesförderung von 8500 t bis zu 3000 t täglich auf Lager genommen werden und Haldenbestände von 100 bis 200 000 t Monate, ja Jahre liegen bleiben. Unter solchen Verhältnissen erscheint der *Aumundsche* Vorschlag undurchführbar, weil die geforderte Stundenleistung kaum erreicht werden kann; außerdem wird es nur in Ausnahmefällen möglich sein, genügend große Lagerplätze zu schaffen, und schließlich findet auch in den Kübeln im Laufe der Zeit eine Ablagerung oder Staubbildung statt, die eine nochmalige Aufbereitung erfordern wird.

Auf „Gräfin Johanna-Schacht“ sind die örtlichen Verhältnisse vor allem für die Wahl der Verladeanlage ausschlaggebend gewesen. Bei der eigenartigen Form des zwischen Staatsbahngleisen eingekeilten Freilagers kam von vornherein als wirtschaftlichstes Fördermittel nur der Kabelkran in Verbindung mit stetigen Förderern in Frage. Betrachtungen über Wertverluste durch Umlagern brauchten dabei aus den oben erwähnten Gründen nicht angestellt zu werden.

Leipzig Dipl.-Ing. *F. Holz*

**Entgegnung**

Auf die vorstehende Zuschrift habe ich zu bemerken, daß ich die *Schillingschen* Kurven meinen Untersuchungen zugrunde gelegt habe, weil z. Zt. noch keine andern Versuchsergebnisse zur Bestimmung der Grusbildung beim Fallen und Gleiten der Kohle vorhanden sind. Es ist wohl möglich und sogar wahrscheinlich, daß die durch diese Versuche ermittelten Werte für manche Kohlensorten zu hoch sind. Ich habe daher selbst schon vor längerer Zeit neue Versuche veranlaßt, die zu gegebener Zeit veröffentlicht werden. Die in der Zuschrift gemachte Annahme einer Grusbildung von 5 vH ist aber so vollständig unbewiesen, daß damit nichts anzufangen ist.

Da die Kurven nur benutzt werden, um Vergleichwerte zu erlangen, also nur die Unterschiede bei Beurteilung der verschiedenen Verladearten in Erscheinung treten, so werden etwaige Unterschiede der Versuchsergebnisse für verschiedene Kohlenarten in ihrer Wirkung auf das Untersuchungsergebnis verhältnismäßig gering. Ich glaube, in meinem Vortrag genügend deutlich zum Ausdruck gebracht zu haben, daß nicht die absoluten Werte der *Schillingschen* Kurven, sondern die relativen verwendet sind.

Die Fallhöhe im Füllrumpf habe ich mit einem Mittelwert angenommen, da der Füllrumpf als Ausgleichbehälter seinen Zweck verliert, wenn er dauernd gefüllt angenommen wird. Beim Kabelkran mußten die Schwingungen im Seil gegenüber den festen Fahrschienen bei Verladebrücken berücksichtigt werden. Durch kleine Unterschiede der angenommenen Fallhöhen kann das Gesamtbild des Vergleiches kaum nennenswert beeinflußt werden.

Wenn auf der Anlage „Gräfin-Johanna-Schacht“ nur Feinkohle verladen wird, so ist natürlich gegen die Anordnung der Lageranlage nichts einzuwenden. Die Untersuchungen bezogen sich nur auf umladeempfindliches Schüttgut, wozu Feinkohle nicht gehört. Aus der Veröffentlichung über diese Anlage, Z. Bd. 72 (1928) S. 581, mußte man entnehmen, daß es sich um die Lagerung verschiedener Sorten von Kohle handelt. Die vorgesehene Leistung kann mit andern Fördermitteln ebensogut erreicht werden.

Die in der Zuschrift weiter zur Sprache gebrachte Wertverminderung durch langes Lagern hat mit dem Thema des Vortrages nichts zu tun, da er sich — wie schon erwähnt — nur mit „umladeempfindlichen Schüttgütern“ befaßt, also mit der durch das Umladen verbundenen Wertverminderung. Die während des ruhigen Lagerns entstehende Wertverminderung ist in zahlreichen Aufsätzen des In- und Auslandes derart ausführlich behandelt worden, daß ich es nicht für angezeigt hielt, den Vortrag durch diese bekannten Ausführungen auszudehnen.

[D 2647] *Aumund*

# Kleine Mitteilungen

### Elektrizität im Theater

Das neue Mastbaum-Lichtspieltheater in Philadelphia ist nach ganz neuen Gesichtspunkten elektrisch ausgerüstet. Es enthält ein Umspann- und Schaltwerk für 2400 kVA, das aus zwei voneinander unabhängigen Leitungen von zwei verschiedenen Kraftwerken mit Drehstrom von 13 200 V beliefert wird. An jeder der beiden Leitungen liegt ein zweiphasiger Umspanner von 600 kVA für Lichtstrom von 220 V; fünf Anzapfungen auf der Primärseite dienen zur Spannungsreglung um je 5 vH. Ferner liegt an jeder der beiden Speiseleitungen ein Umspanner von 600 kVA für Kraftstrom von 440 V. Die Scheinwerfer werden von Zweimaschinenumformern gespeist. Die Leuchtbuchstaben auf dem Dach brauchen 50 kW, die Beleuchtung an den Rändern der Sonnendächer an den beiden Straßenseiten zusammen 105 kW. Zum Anleuchten der beiden Gebäude-Außenseiten werden 44 kW gebraucht, für den Zuschauerraum ohne Bühne und Wandelgänge 203 kW.

Zur Erzielung gleichmäßiger Dämmerung bei allen Geschwindigkeiten des Überganges zwischen hell und dunkel werden 282 Dämmerungsplatten mittels Druckluft und Öldrucks betätigt. Drei Lautsprechhörner im Zuschauerraum dienen zur Klangübertragung. Der Aufnahmeraum zur Rundfunk-Übertragung vom Theater aus ist mit Wandbelag, schalldämpfenden Vorhängen usw. so ausgerüstet, daß die Akustik des Raumes dem zu übertragenden Spiel schnell angepaßt werden kann. Die Bildwerfer werden von zwei Zweimaschinen-Umformern für je 300 A gespeist und haben Gebläse zum Kühlen der Filme. Die Kühlanlage für das ganze Theater für 225 000 m³/h Luft braucht 700 PS. („Electrical World“ 22. Juni 1929 S. 1282*) [N 3310 a] *Pa.*

### Fernheizung mit Kühlwasser von Dieselmotoren

Um das Kühlwasser von Dieselmotoren auf 80 bis 90 ° zu erwärmen, muß man es mit 50 bis 60 ° in den Kühlmantel einführen und nach dem Austritt mittels der Auspuffgase weiter erhitzen. Versuche im Städtischen Elektrizitätswerk Schwerin ergaben, daß die hohe Kühlwassertemperatur die Arbeitsweise des Motors nicht beeinträchtigt, vorausgesetzt, daß er Druckschmierung hat. Man entschloß sich daher, das Kühlwasser der vier Dieselmotoren der Anlage für insgesamt 2180 kW Leistung zum Beheizen von städtischen Gebäuden auszunutzen. Der Wärmebedarf betrug bei — 20 ° Außentemperatur 1 400 000 kcal/h, die Motoren konnten 1 170 000 kcal/h liefern.

Zum Ausgleich der Spitzen wurden zwei Warmwasserspeicher mit insgesamt 100 m³ Inhalt aufgestellt, ferner zwei Aushilfskessel mit je 40 m² Heizfläche. Die Auspuffgase werden in Wärmeaustauscher geleitet und erwärmen hier das Kühlwasser, das mit 70 bis 80 ° aus den Zylindermänteln tritt, um weitere 10 °. Braucht man für Heizzwecke kein Warmwasser, z. B. im Sommer, so kann man in den Wärmeaustauschern Dampf zum Antrieb einer Niederdruckturbine erzeugen. Zwei Elektromotoren von 7,5 und 12 kW treiben je zwei Pumpen, die das Warmwasser in die Fernleitungen drücken. Der Druck beim Verbraucher beträgt im Vorlauf 2,9 at, im Rücklauf 1,3 at. Übersteigt die Eintrittstemperatur des Kühlwassers 60 °, so kann man die Auspuffgase unmittelbar ins Freie entweichen lassen, damit das Wasser nicht zu heiß wird. Die Anlage ist seit vier Jahren im Betrieb und hat sich gut bewährt. Das Warmwasser wird zu einem Preis abgegeben, der 13 bis 15,5 Pf. für je 1 000 000 kcal entsprechen soll. („La Revue des Combustibles liquides“ Mai 1929, S. 143*) [N 3310 b] *Le.*

### Maschinenarbeit im englischen Bergbau

Nach einem Bericht über Verladen und Befördern von Kohle mittels mechanischer Einrichtungen unter Tage wurden im englischen Bergbau 1921 801 und 1928 2100 Kratz- und Förderbänder verwendet. Diese Steigerung ermöglichte zusammen mit der Verwendung von Abbaumaschinen, die Leistung eines Arbeiters in einer Schicht von 1,9 auf 4 t zu erhöhen. 100 t Kohle wurden bei Handarbeit in 82 Arbeitsschichten gewonnen; mittels der maschinellen Einrichtungen erreicht man die gleiche Leistung in 39 Arbeitsschichten. Infolge der Mechanisierung konnte die Belegschaft von 2400 auf 1390 vermindert werden. („The Engineer“ 5. Juli 1929 S. 1) [N 3310 c] *Gw.*

### Hängebrücke über den Ohio

Die neue rd. 680 m lange Straßenbrücke zwischen Point Pleasant und Gallipolis, deren Hauptöffnung mit 213 m l. W. den Ohio überspannt, ist die erste in den Vereinigten Staaten von Amerika erbaute Kettenhängebrücke, bei der die Kette mit ihren Augenstäben teilweise den Obergurt des Fachwerks der Hauptöffnung und der beiden Seitenöffnungen von je 116 m l. W. bildet. Die Augenstäbe sind aus vergütetem Stahl von 7400 kg/cm² Zerreißfestigkeit entsprechend 3500 kg/cm² größter Beanspruchung hergestellt.

Um die Kosten gegenüber einer Kragträgerbrücke, die ebenfalls in Betracht gekommen wäre, möglichst zu vermindern, hat man für die Ketten eine neuartige Verankerung gewählt. Ein Betontrog von rd. 61 m Länge und i. M. 10,3 m Breite, der landeinwärts in Höhe und Breite abnimmt, ruht in einer flachen Ausschachtung auf 405 rechteckigen Betonsenkpfählen von rd. 40 cm Dicke und 4,5 m Länge, die etwa 1 m in den Trog hineinragen. Die beiden Ketten wurden nun unten im Trog nahe an der dem Fluß zugewendeten Wand verankert und sodann der Trog bis zu einer bestimmten Höhe mit Beton ausgegossen. Der übrige Teil des Troges wurde mit Erde ausgefüllt. Das Gewicht der Verankerung, vermehrt um den Scherwiderstand der Betonpfähle, hält dem waagerechten Zug von

rd. 2000 t mit 2½facher Sicherheit stand. Die dem Fluß zugewandten Stirnwände des Troges auf jedem Ufer dienen als Lager für eine Blechträgeröffnung. Je zwei solcher Öffnungen von je 23 m Spannweite verbinden die Seitenöffnungen der Hängebrücke mit den Ufern. („Engineering News-Record" 20. Juni 1929 S. 997*) [N 3310 d] *Sd.*

### Das Unterseeboot-Mutterschiff „Medway"

Die englische Kriegsflotte hat eine wichtige Ergänzung durch den Bau eines Schiffes erfahren, das dazu bestimmt ist, beschädigte oder nicht mehr betriebsfähige Unterseeboote wiederherzustellen und flott zu machen. Die Unterseeboote werden zu diesem Zweck längsseit des Mutterschiffes vertäut und die schadhaften Teile an Bord gehißt. Hier befinden sich zahlreiche Werkstätten wie Kupferschmiede, Gießerei, Schmiede, Tischlerei, Löt- und Schweißwerkstatt und zwei Sonderräume, in denen Sehrohre und Akkumulatoren geprüft und wiederhergestellt werden. „Medway" führt außerdem einen genügenden Vorrat an Brennstoff, Schmieröl, Frischwasser, Munition und Lebensmitteln mit sich, womit die Unterseeboote für neue Reisen ausgerüstet werden.

Das Schiff hat bei 166 m Länge, 25,9 m Breite und 13 m Seitenhöhe eine Verdrängung von 15 000 t. Zwei doppeltwirkende Vickers-MAN-Zweitaktmotoren von je 4000 PS, die je eine Welle treiben, verleihen dem Schiff eine Geschwindigkeit von 16 Kn. Fünf Dieseldynamos mit insgesamt 2800 kW liefern den elektrischen Strom für den Betrieb der Werkstätten, für die Hilfsmaschinen, zum Laden der Akkumulatoren und für Lichtbedarf. Das Schiff ist für 135 Offiziere und 1600 Mann einschließlich der Besatzung der U-Boote eingerichtet und hat dementsprechend Motorrettungsboote und Kutter an Bord. Als Bewaffnung dienen vier leichte Abwehrgeschütze. („Engineering" 5. Juli 1929 S. 11*) [N 3310 e] *Bl.*

### Dampfüberhitzer im Schiffsbetrieb

Auf dem kürzlich in Dienst gestellten Turbinendampfer „Président dal Piaz" der Compagnie Générale Transatlantique hat man zum erstenmal einen Dampfüberhitzer mit selbständiger Ölfeuerung eingebaut. Der in vier Prudhon-Capus-Kesseln erzeugte Dampf von 18 at gelangt unmittelbar zu dem Überhitzer, der ungefähr die gleichen Abmessungen hat wie ein Kessel. Die Kessel stellen eine Vereinigung der Flammrohr- und Wasserrohrbauart dar und erhalten ebenfalls Ölfeuerung. Das Besondere der Anordnung liegt darin, daß Kessel und Überhitzer getrennte und voneinander unabhängige Ölfeuerungen haben. Die Temperaturen des Dampfes und der Überhitzer-Rauchgase werden geregelt. („Shipbuilding and Shipping Record" 27. Juni 1929 S. 792*) [N 3310 f] *Bl.*

### Amerikanisches Ganzmetall-Luftschiff

Die Slate Aircraft Corp., Kalifornien, hat ein Luftschiff (rd. 65 m Länge, 17,8 m größter Dmr. bei rd. 9350 m³ Inhalt) fertiggestellt, dessen Haut aus gewellten, auf Duraluminblechringen befestigten Duraluminblechstreifen (60,96 m lang und 0,38 m breit) zusammengesetzt ist. Das Gewicht dieser Hülle beträgt 3175 kg. Als Füllung wird Wasserstoffgas verwendet. In der Gondel, die ebenfalls aus Duralumin hergestellt ist, können die Besatzung und 40 Fluggäste untergebracht werden. Als Antriebmaschine ist in die Nase des Luftschiffes ein durch eine rd. 500 PS leistende Dampfturbine angetriebenes Kreiselgebläse eingebaut, das die Luft ansaugt und radial nach außen drückt. Der Dampf wird in einem Schnellverdampfer erzeugt, der mit einem Gemisch aus Öl und Wasserstoffgas beheizt wird. Bei 4000 U/min des Kreiselgebläses soll das Luftschiff 160 km/h Geschwindigkeit erreichen. („American Machinist" 6. Juli 1929 S. 852*) [N 3310 g] *Gw.*

### Die künstlich bewässerte Fläche der Erde

beträgt nach einer Statistik des amerikanischen Bureau of Foreign and Domestic Commerce gegenwärtig rd. 800 000 km². Wie Zahlentafel 1 zeigt, entfallen davon rd. 560 000 km² auf Asien. An zweiter Stelle steht Nordamerika mit rd. 110 000 km², wovon sich allein 80 000 km² in den Vereinigten Staaten von Amerika befinden. Es folgen Europa mit rd. 60 000 km² und die übrigen Erdteile. („Engineering News-Record" 20. Juni 1929 S. 995)

**Zahlentafel 1**
**Die künstlich bewässerte Fläche der Erde**

| Erdteil | Gesamtfläche Mill. km² | Bevölkerung Mill. | Bewässerte Fläche Mill. km² |
|---|---|---|---|
| Asien | rd. 41,5 | 1037,85 | rd. 0,562 |
| Nordamerika | 22,1 | 157,45 | 0,107 |
| Südamerika | 18,3 | 69,75 | 0,027 |
| Afrika | 29,4 | 143,34 | 0,041 |
| Europa | 9,5 | 477,56 | 0,059 |
| Australien u. Polynesien | 8,4 | 9,03 | 0,005 |
| insgesamt | rd. 129,2 | 1894,98 | rd. 0,801 |

[N 3310 h] *Sd.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Diesellokomotiven.** Von *G. Lomonossoff.* Übersetzt von *E. Mongrovius,* durchgesehen von *F. Meineke.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 304 S. m. 401 Abb. und 3 Taf. Preis 32 *RM,* für Mitglieder des V. d. I. 28,80 *RM.*

Professor *Lomonossoff,* der Verfasser des vorliegenden Buches, war einer der ersten, der sich mit dem Problem der Diesellokomotive eingehend befaßt hat und dessen Arbeiten der Bau und die Erprobung der ersten großen Diesellokomotiven zu verdanken ist. Er hat seine Erfahrungen und die darauf beruhenden Ansichten über die Art der Kraftübertragung und den Betrieb der Diesellokomotive in seinem Buche niedergelegt und man kann ohne zu übertreiben und unbeschadet der Kritik im einzelnen sagen, daß sein Werk vorläufig das Buch der Diesellokomotive ist.

In acht Abschnitten behandelt *Lomonossoff* die Geschichte und Theorie der Lokomotive, die Dieselmotoren, die Kühler, die elektrische Übertragung, die Flüssigkeitsgetriebe, die mechanische Übertragung, die Gasübertragung und die wirtschaftliche Überlegenheit der Diesellokomotiven. Aus dieser Aufzählung erkennt man bereits die überragende Bedeutung der Kraftübertragung, deren Besprechung denn auch der größte und wertvollste Teil des Buches gewidmet ist.

Im ersten Teil wird nach einem kurzen geschichtlichen Überblick die allgemeine Theorie der Lokomotive und daran anschließend die Theorie der Diesellokomotive, d. h. der Einfluß der Art der Kraftübertragung auf die Berechnung der Diesellokomotive entwickelt. Am Schluß des Abschnittes wird ein Maß für die Vollkommenheit einer Lokomotive unter gegebener Betriebsbedingung vorgeschlagen, welches der Verfasser im letzten Abschnitt benutzt, um einen Vergleich der Wirtschaftlichkeit verschiedener Lokomotivarten vorzunehmen. Der zweite Abschnitt bringt eine Beschreibung der für Lokomotivbetrieb geeigneten Dieselmotoren, ihrer Arbeitsweise und Wirkungsgrade. Dieser Abschnitt wäre wohl am besten weggeblieben, ohne daß dies dem Buche geschadet hätte. Wer sich mit dem Bau oder Erwerb von Diesellokomotiven befaßt, wird doch zu seiner Orientierung ein Spezialwerk zu Hilfe nehmen müssen.

Wichtig und interessant ist dagegen der dritte Teil, in dem die Kühler und Ventilatoren behandelt werden. Auch dieser Abschnitt würde gewonnen haben, wenn manches ausgelassen wäre. Wichtig ist der Hinweis auf die Beschränkung der Lokomotivleistung durch die Leistung des Kühlers; das sollte jeden Konstrukteur solcher Lokomotiven zur Vorsicht mahnen.

Der vierte Teil bringt die elektrische Übertragung, und zwar sehr ausführlich. Sie ist die Übertragung, welche die Anpassung der Diesellokomotive an die Erfordernisse des Verkehrs am vollkommensten löst. Trotzdem hätte in diesem Abschnitt manches kürzer gefaßt werden können, wodurch mehr Raum für die Erörterung der schwierigen Frage der Unterbringung der Antriebmotoren und ihres Antriebes geschaffen wäre.

Richtig beschrieben sind im fünften Teil die Flüssigkeitsgetriebe, deren Verwendung auf Diesellokomotiven wohl bald der Geschichte angehören dürfte. Im sechsten Teile wird die mechanische Übertragung ausführlich behandelt und mit all ihren Vor- und Nachteilen zutreffend wiedergegeben. Wichtig sind die Bemerkungen über Schaltdauer, interessant der Vergleich der beiden russischen Diesellokomotiven mit mechanischer und elektrischer Übertragung.

Über die Gasübertragung, die im siebenten Teil behandelt wird, äußert sich der Verfasser sehr vorsichtig, doch kann man deutlich erkennen, daß er dieser Art der Übertragung sehr skeptisch gegenübersteht. Seine Bedenken sind sicher berechtigt, und die Gasübertragung würde wohl kaum so ernstlich verfolgt werden, wenn sie nicht die Möglichkeit in Aussicht stellte, bei einem Wirkungsgrad der Übertragung von eins und darüber eine ausgezeichnete Anpaßfähigkeit der Lokomotive zu gewährleisten.

Im letzten Teile seines Werkes versucht der Verfasser die wirtschaftliche Überlegenheit des Diesellokomotivbetriebes zu beweisen, und zwar für russische Bahnen. Mit der Art, man möchte sagen dem Schema, des Vergleiches kann man sich einverstanden erklären, während die Zahlenwerte in den einzelnen Ländern natürlich gänzlich verschieden liegen. Dieser Abschnitt hat daher nur insofern Wert, als er es ermöglicht, für andre Verhältnisse Betriebsgebiete aufzusuchen, bei denen Diesellokomotiven wirtschaftlich verwendet werden können. Hierbei ist allerdings zu beachten, daß Gleichung (152) falsch ist.

Im einzelnen sei noch bemerkt, daß die Lektüre des Buches sehr erleichtert würde, wenn in allen Schaubildern die Dimensionen der dargestellten Größen angegeben wären. Meist fehlen sie vollständig und müssen erst aus dem Text oft viele Seiten vorher zusammengesucht werden.

Im ganzen gehört aber das Buch zu den erfreulichen Erscheinungen der Fachliteratur und wird sicher vielen Fachgenossen von großem Nutzen sein. Der Verfasser hat überall seine Erfahrungen angegeben, gleichgültig ob sie gut oder schlecht waren, und das ist außerordentlich wertvoll. [E 3086] *R. Lorenz*

**Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgeg. von *F. Auerbach* und *W. Hort*. Leipzig 1929, Johann Ambrosius Barth. 7. Bd., 2. Lfg. 252 S. m. 68 Abb. Preis 24 *RM*. 4. Bd., 1. Lfg. 198 S. m. 186 Abb. Preis 20 *RM*.

Dieses Handbuch, von dem bereits eine stattliche Anzahl von Bänden erschienen ist[1]), behandelt eine ganze Reihe technisch wichtiger Gebiete in kurz gefaßten Abschnitten.

Die vorliegenden beiden Lieferungen enthalten die folgenden Beiträge: Bd. 4, Lieferung 1: Statik der Baukonstruktionen von *A. Hertwig*, Stabilitätsprobleme der Elastizität und Festigkeitsprobleme im Maschinenbau von *S. Timoshenko;* Bd. 7, Lieferung 2: Thermodynamik und Kinetische Gastheorie von *F. Auerbach;* Statistische Mechanik und Schwankungserscheinungen von *R. Fürth*, Zustand des festen Körpers von *W. Braubek* und Atommechanik von *G. Joos*.

In dem Abschnitt über die Statik der Baukonstruktionen wird eine große Anzahl von Fachwerken und Rahmentragwerken besprochen und ihre Berechnung gekennzeichnet. Der folgende Abschnitt über Stabilitätsprobleme der Elastizität enthält die Knicksicherheit, Kipperscheinungen und die Stabilität von Platten und Schalen, der über Festigkeitserscheinungen im Maschinenbau gibt einen vorzüglichen Einblick in die verwickelten Spannungen, die beim Betrieb in Maschinenteilen auftreten, dabei wird auf die Näherungsverfahren zu ihrer Berechnung eingegangen. Diese Lieferung dürfte den Ingenieuren besonders willkommen sein. Die zweite Lieferung gibt einen Überblick über die Gebiete, die gerade heute die Physiker besonders beschäftigen und mit der Frage nach dem Wesen und den Eigenschaften der Atome und Moleküle im Zusammenhang stehen. Da bei diesen Untersuchungen die statistische Betrachtungsweise eine hervorragende Rolle spielt, wird sie in einem besondern Abschnitt behandelt. Wichtig für den Ingenieur sind vorwiegend die Abschnitte über Thermodynamik und über den Zustand des festen Körpers, dessen Kennzeichnung dem Physiker nicht geringe Schwierigkeiten verursacht. [E 2774] *W. S.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1391 u. 1938, Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 383.

**Handbuch für den Außenhandel.** Herausgeg. von *Wilhelm Müller, Walther Becker, Max Findeklee*. 2. Aufl. Leipzig 1928, J. J. Arnd. 1491 S. Preis 20 *RM*.

Die vorliegende Auflage ist wesentlich erweitert worden. Neu aufgenommen sind eine große Anzahl von Ausfuhrländern, des weiteren ein allgemeiner Teil, der Wirtschaftszahlen (über Gebietsgrößen, Bevölkerung usw.) enthält. Planmäßig geordnet sind im allgemeinen Teile Wirtschaftszahlen, Geld, Maße, Gewichte und Behörden-Vertretungen. Über Anknüpfung und Durchführung von Geschäftsbeziehungen, Handelsgebräuche, rechtliche Grundlagen, Handelsverträge usw. ist in den drei folgenden Abschnitten berichtet.

Die Herausgeber betonen in ihrem Vorwort, daß die Aufnahme von Wirtschaftszahlen auf eine Anregung des deutschen Reichs-Außenministers zurückzuführen ist. Das Nachschlagewerk hat dadurch an Gebrauchswert gewonnen. Einen sehr breiten Raum nimmt der Abschnitt über Handelsverträge, Zölle, Tarife, Ein- und Ausfuhrbestimmungen ein. In der vorliegenden Fassung unterrichtet das Werk über die Technik der Durchführung von Überseegeschäften. Enthielte der wirtschaftliche Teil neben der Behandlung von Gebietsgrößen und Bevölkerung, Ein- und Ausfuhr noch über die wichtigsten Erzeugungsgebiete und die Arten der Erzeugnisse Zahlenunterlagen, die über die Möglichkeiten der Ausfuhr bestimmter Erzeugnisse (Herstellungs- und Verbrauchsgüter) — also über gewisse Bedarfsunterlagen — Aufschluß gäben, so würde damit Ausfuhrinteressen im weitesten Sinne gedient sein. [E 2822] *Bader*

## *Berichtigungen*

### Fortschritte im Bau elektrischer Lokomotiven

Im Aufsatz von Dr.-Ing. *K. Sachs* in Nr. 26 dieser Zeitschrift ist auf Seite 929 in den Fußnoten 53 und 54 infolge einer bedauerlichen Verwechslung anstatt „Prantl“ „Prandtl“ gedruckt worden. [N 3302]

### Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit

In dem Bericht in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 27 auf S. 972/73 sind versehentlich die Druckstöcke zu Abb. 10 und Abb. 11 vertauscht worden. Zu dem auf S. 973 in der linken Spalte stehenden Druckstock gehört die Unterschrift Abb. 11 und zu dem in der rechten Spalte stehenden Druckstock gehört die Unterschrift Abb. 10. [N 3304]

### Bergbau und Brennstoffe

In dem Beitrag der Jahresschau der Technik 1928/29 in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 25 auf S. 861 muß der erste Satz in dem Abschnitt „Versatz“ folgendermaßen lauten: „Eine starke Steigerung der Abbaugeschwindigkeit und damit volle Ausnutzung der Kohlengewinnungsmaschinen wird durch die Schwierigkeiten beim Einbringen des Versatzes unmöglich gemacht, die sich sowohl bei der Heranförderung des Versatzes bis zum Abbau wie auch beim Versetzen selbst ergeben.“ [N 3305]

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Das *ix*-Diagramm für Dampfluftgemische. Von *R. Mollier* | 1009 |
| Das Röhren-Elektrometer „Mecapion“ | 1014 |
| „St. Louis“ und „Milwaukee“, die beiden neuen Zweischrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie. Von *E. Gödecken* und *B. Bleicken* | 1015 |
| Verbrennungsmotoren und ihre Brennstoffe. Von *L. Richter* | 1021 |
| Doppelquellen in der ebenen Strömung | 1022 |
| Das Schaltwerk-Hochhaus Siemensstadt. Von *H. Hertlein* | 1023 |
| Verfahren zum Anlassen kleiner Dieselmotoren. Von *G. Jendrassik* | 1027 |
| Zulässige Belastung von Reibungsgetrieben mit zylindrischen oder kegeligen Rädern. Von *H. Fromm* | 1029 |
| Streckgrenze von Stahl bei höheren Temperaturen | 1032 |
| Rundschau: Der Schnelldampfer „Bremen“ — Ununterbrochen arbeitende Filter und Walzentrockner — Hochschulkursus Darmstadt, 2. bis 11. April 1929 — Prüftechnik und Betriebskontrolle in der Zellstofferzeugung — Die Hochdrucklokomotive für 60 at „Bauart Winterthur“ — Verladen und Lagern umladeempfindlicher Schüttgüter — Kleine Mitteilungen | 1033 |
| Bücherschau: Diesellokomotiven. Von *G. Lomonossoff* — Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik. Von *F. Auerbach* und *W. Hort* — Handbuch für den Außenhandel. Von *W. Müller, W. Becker, M. Findeklee* | 1039 |
| Berichtigungen: Fortschritte im Bau elektrischer Lokomotiven — Luftwiderstand bei Überschallgeschwindigkeit — Bergbau und Brennstoffe | 1040 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
d. 73 SONNABEND, 27. JULI 1929 Nr. 30

# Der Abschlußdamm der Zuidersee

*Von V. J. P. de BLOCQ van KUFFELER, Generaldirektor der Zuiderseewerke, Scheveningen*

Der Abschlußdeich Nordholland-Wieringen

*Geschichtliches und wirtschaftliche Bedeutung des Abschlusses und der Trockenlegung der Zuidersee für die Niederlande. Allgemeine Beschreibung der Pläne für den Abschluß und die Trockenlegung der Zuidersee unter Beibehaltung der Ysselsee. Die Arbeitsausführung bis 1929. Konstruktion des Abschlußdeiches, Berechnungen und Versuche über die Änderungen der Wasserbewegung. Wassergeschwindigkeiten der Verschlußöffnungen, Arbeitsplan für den Deichbau. Die Ausführung der fertiggestellten Strecken und die dabei gesammelten Erfahrungen.*

## Einleitung

n Holland sind im Augenblick umfangreiche Arbeiten im Gange, die Zuidersee, einen Meerbusen, der von r Nordsee aus tief ins Land eindringt, Abb. 1, abzuhließen und teilweise trocken zu legen. Dadurch vergrößert Holland sein Kulturland um 10 vH. Ferner wird ırch Verbesserung der Zustände in den anliegenden Geeten deren Ertrag bedeutend erhöht. Die Kosten dieser rbeiten sind 1924 insgesamt auf mehr als 450 Mill. Gulden ·schätzt. Obschon der Abschlußdamm selber in techscher Hinsicht das wichtigste Bauwerk darstellt, sind ch auch die Gesamtarbeiten so bemerkenswert, daß sie ınächst kurz beschrieben werden sollen.

Rund ein Fünftel des niederländischen Bodens liegt ıd der mittleren Meeresoberfläche und ist teils durch indeichen von Land, das bei Niederwasser trocken lief, teils durch Trockenlegen von Binnenseen, gewonnen worden. Dabei ist nicht nur die Landgewinnung maßgebend gewesen, sondern im allgemeinen hat man gleichzeitig die Sicherheit der angrenzenden Gebiete gegen Überschwemmung vergrößert und ihre Abwässerung verbessert. Diese beiden Gesichtspunkte sind auch bei den Zuiderseeplänen maßgebend gewesen, deren Ausführung die Fortsetzung der allmählichen Bildung Hollands im Laufe der Jahrhunderte darstellt. Schon im 17. Jahrhundert entstand ein Plan zur Trockenlegung der Zuidersee. Die Ausführung konnte jedoch damals noch nicht stattfinden, da in jenen Zeiten die Technik noch nicht so vorgeschritten war, daß die Ausführung eines Werkes von diesem Umfange möglich gewesen wäre.

Als nun in der Mitte des vorigen Jahrhunderts die trockengelegten Binnenseen bedeutenden Landzuwachs ergaben, tauchte auch der Gedanke der Landgewinnung aus der Zuidersee erneut auf und nunmehr zu einer Zeit, in der die Entwicklung der Technik eine Ausführung in Frage kommen ließ. Zahlreiche mehr oder weniger ernsthaft vorbereitete Vorschläge wurden über diese Frage veröffentlicht, so daß bei den vielen Plänen die richtige Wahl ohne gründliche Untersuchung nicht mehr möglich war. Im Auftrag des inzwischen gegründeten Zuiderseevereins führte der Ingenieur *C. Leley* diese Untersuchung in den Jahren 1887 bis 1891 aus. Er hat in acht Abhandlungen die technische Lösung des

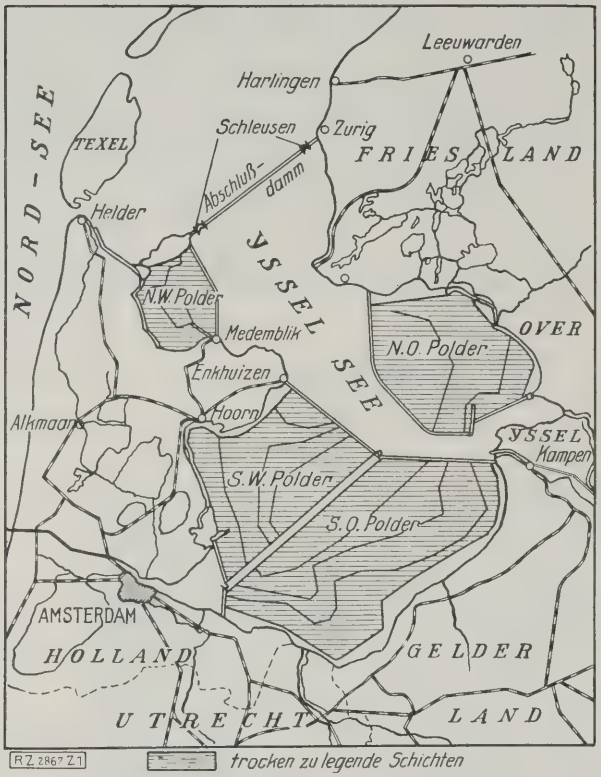



**Abb. 1.**
Plan der Trockenlegung der Zuidersee.

**Abb. 2**
Tiefenkarte der Zuidersee mit Wattengebiet.

Zuiderseeproblems dargestellt. Seitdem bildete diese Lösung die Grundlage aller Ausführungspläne, und zwar auch für das Ausführungsgesetz vom 14. Juni 1918, das der Ingenieur *Lely* damals als amtierender Minister einbrachte.

Erst ein Vierteljahrhundert, nachdem die allgemeine technische Lösung des Problems bekannt war, hat man sich zur Ausführung entschlossen. Wenn auch die Entwicklungsstufe der Technik die Möglichkeit, ein Werk auszuführen, bestimmt, so ist die Wirtschaftlichkeit hingegen für die Ausführung entscheidend. Für die Lösung des Zuiderseeproblems sind in erster Linie landwirtschaftliche Belange maßgebend gewesen. Bei der landwirtschaftlichen Konjunktur Hollands in den 90er Jahren war nämlich im Zusammenhang mit der gerade begonnenen besseren Bodenausnutzung kein Bedarf an neuem Land vorhanden gewesen. Der fühlbare Landmangel aber, der nunmehr nach völliger Durchführung der verbesserten Bodenbebauung aufgetreten ist, hat die Ausführung der Arbeiten zuwege gebracht.

Obwohl ein Eingehen auf die wirtschaftliche Bedeutung der Werke außerhalb des Rahmens dieses Artikels fällt, war es doch angebracht, einleitend hierüber etwas zu bemerken. Befriedigt doch den Ingenieur neben der Ausführung wichtiger Arbeiten in erster Linie der Gedanke an ihren allgemeinen Nutzen, den sie herbeiführen. Eine eingehende Untersuchung der Verhältnisse hat gezeigt, daß bei der heutigen Lage die Ausführung dieser umfangreichen Arbeiten wirtschaftlich gerechtfertigt ist.

### Der Abschluß

Die Zuidersee wird mittels eines Dammes eingeschlossen, der sich von der nordholländischen Küste bis zur Westseite der Insel Wieringen und von der Ostseite dieser Insel nach der friesischen Küste in der Nähe des Dorfes Zürig erstreckt. Diese zwei Teile sind etwa 2,5 km und 30 km lang. Bei der Betrachtung der Karte, Abb. 2, könnte die Frage auftauchen, weshalb nicht die Inselkette zwischen Nord- und Zuidersee geschlossen wird. In Anbetracht der großen Wassertiefen südlich der Insel Texel (50 m) und zwischen den Inseln Vlieland und Terschelling (24 m) ist dies insbesondere wegen der ungeschützten Lage und der kräftigen Strömung an diesen Stellen nicht möglich. Der Abschluß muß also unbedingt hinter die tiefen Rinnen, die unmittelbar von den beiden großen Seegaten ausgehen, verlegt werden, so daß es zweckmäßig ist, die 11 km lange Insel Wieringen einzubeziehen.

Die äußerste Grenze zum Abschluß würde daher vom Ostpunkt von Wieringen unter Umgehung der tiefen Rinnen nach der Westküste von Terschelling und ferner über die weiter östlich gelegenen Inseln nach irgendeinem Punkt der Küste verlaufen. Dadurch entstände ein schmaler Streifen der friesischen Küste entlang und ein südlich gelegenes Becken.

Wenn jemals diese Abschlußgrenze mit dem größten Landzuwachs in Frage käme, wäre es wirtschaftlicher, zunächst den Abschluß und die Trockenlegung des südlichen Teiles auszuführen. Aus diesem Grunde hat man mit dem Abschluß von Wieringen zur friesischen Küste hin angefangen. Der abzuschließende Teil der Zuidersee muß das Ysselwasser, ein Neuntel des gesamten Rheinwassers, die Entwässerung des angrenzenden Landes und den Niederschlag aufnehmen. Zum Abfluß dieser Wassermengen sind im Abschlußdamm 25 Entwässerungsschleusen je 12 m breit und mit einer Drempeltiefe von 4 m bei Hochwasser vorgesehen. Je fünf Schleusen bilden eine Gruppe auf einer gemeinsamen Fundamentplatte aus Eisenbeton. Drei Gruppen befinden sich auf der Ostseite von Wieringen, Abb. 3, und zwei Gruppen auf den Middelgronden, bei einer tiefen Rinne etwa 4 km von der friesischen Küste entfernt, Abb. 4. An beiden Orten ist neben den Entwässerungsschleusen eine Schleuse für Schiffe von 2000 t Ladefähigkeit, und bei der östlichen Gruppe außerdem eine kleine Schleuse für Schiffe von 600 t vorgesehen.

Infolge des Abschlusses werden die Außenwasserstände bei Sturm steigen, so daß die anschließenden Deiche erhöht werden müssen. Die Wasserbewegung nach dem südlichen Teil der Zuidersee wird in Wegfall kommen, so daß das bestehende Rinnensystem im Wattenmeer sich ändern wird. Bis jetzt können die Schiffe bei Hoch

wasser in die Häfen einfahren, aber nach dem Abschluß wird die Flut auf. Damit nun trotzdem im Wattenmeer und im abgeschlossenen Teil Schiffahrt möglich bleibt, muß man einige Häfen und ihre Zufahrten ausbaggern, um sie in einem gebrauchsfähigen Zustand zu erhalten.

Der abzuschließende Teil der Zuidersee, der bis jetzt Salzwasser enthält, wird mit Süßwasser aus der Yssel und den angrenzenden Gebieten gespeist und durch die Schleusen in der Abschließung salzhaltiges Wasser abgeben, so daß bald ein Süßwassersee entstehen wird. Damit ist die jetzige Salzwasserfischerei zu Ende, und das Gesetz sieht für die betroffenen Fischer Hilfe vor. Zum Schluß sei noch darauf hingewiesen, daß der Abschluß der Zuidersee den Vorkehrungen für die Landesverteidigung angepaßt werden muß.

Schon der Abschluß an sich bringt wesentliche Vorteile. So wird z. B. ein Süßwassersee geschaffen, woraus in trockenen Zeiten den angrenzenden Provinzen Wasser zugeführt werden kann. Die Verschmutzung und Versalzung des Trinkwassers für das Vieh, wie sie jetzt bei Trockenheit vorkommen, werden also künftig aufhören, woraus sich eine wesentliche Erhöhung der Milchproduktion ergeben wird. Außerdem hat man die Regelung des Wasserstandes in der abgeschlossenen Zuidersee ziemlich in der Hand, so daß die Entwässerung der angrenzenden Gebiete verbessert wird und Hochwasser in den Poldern nicht mehr vorkommen kann. Auch können Sturmfluten nicht mehr bis tief ins Land eindringen; infolgedessen sind die zeitweiligen Überschwemmungen der Gebiete in der Nähe der Zuidersee, die nicht hochwasserfrei eingedeicht sind, nicht mehr möglich. und die Unterhaltkosten der Deiche werden sich verringern. Schließlich gestattet der Abschlußdamm einen Verkehr zu Land zwischen Nordholland und Friesland und trägt zur größeren Sicherheit der Schiffahrt bei, während sich außerdem eine bedeutende Süßwasserfischerei auf dem Ysselsee entwickeln kann.

Die Kosten für den Abschluß der Zuidersee zwischen Wieringen und Friesland sind nach den Preisen von 1924 auf 90 Mill. Gulden geschätzt worden. Der Wert der verschiedenen Vorteile infolge des Abschlusses ist nicht leicht in Zahlen auszudrücken. Sofern dies möglich war, hat man ihn auf 117 Mill. Gulden geschätzt. Der Abschluß der Zuidersee wird daher auch jetzt noch als ein Werk angesehen, das sich selbst trägt und dessen Kosten die Trockenlegung nicht belasten.

### Die Trockenlegung

Innerhalb des Abschlusses kann nicht die gesamte Oberfläche des Sees von 360 000 ha trockengelegt werden. Ein Sammelbecken mit einer Fläche von rd. 100 000 ha, der Ysselsee, muß übrig bleiben, damit ohne störende Erhöhung des Wasserstandes das Wasser der Yssel und der angrenzenden Gebiete in den Zeiten aufgenommen werden kann, wenn infolge der hohen Außenwasserstände das Öffnen der Entwässerungsschleusen im Abschlußdeich nicht möglich ist. Zum Trockenlegen kommen hauptsächlich diejenigen Gebiete der Zuidersee in Frage, deren Wassertiefe beschränkt ist und deren Meeresboden den besten Kulturboden liefern wird. Dies ist in erster Linie in dem Gebiet zwischen Wieringen und Medemblik der Fall, wo der nordwestliche Polder geplant ist, Abb. 1. Vom südlichen Teil muß zunächst wegen der Ysselmündung der nordöstliche Polder für sich eingedeckt werden, während südlich der Ysselmündung für die Schiffahrt von Amsterdam zum Ysselsee und für die Entwässerung ein Kanal nötig ist. Aus diesem Grunde sind vier Polder geplant, die insgesamt 224 000 ha umfassen.

Für die Trockenlegung müssen zunächst die Ringdeiche erstellt werden, die gegen den Ysselsee so hoch sind, daß sie allenfalls bei einem Dammbruch im Abschlußdeich die Polder noch schützen können. Sie bestehen aus einem äußeren Geschiebelehmdamm bis zum höchsten zu erwartenden Wasserstande mit einem anschließenden Sandkörper, der mittels einer Lehmschicht abgedeckt ist. An der Außenseite werden die Dämme unter Wasser mittels Senkstücken mit Steinschüttung und über Wasser mittels einer Steinbekleidung und einer Rasenschicht geschützt.

Da an die Dämme längs der Ysselsee wegen der Sicherheit der Polder hohe Anforderungen gestellt werden, ist der Kanal zwischen den beiden südlichen Poldern an der Nordseite mit Kehrschleusen versehen, die man jedoch nur dann schließen würde, wenn auf dem Ysselsee infolge einer Katastrophe ungewöhnlich hohe Wasserstände auftreten würden. Infolgedessen brauchen die Dämme längs dieses Kanals nur so hoch zu sein, daß sie den normalen Hochwasserständen auf dem Ysselsee entsprechen, so daß gleichzeitig ein Lehmkern überflüssig ist. Für die Gebiete, die jetzt noch an der Zuidersee, später aber hinter den neuen Poldern liegen, muß man Vorkehrungen für die Entwässerung und für die Schiffahrt treffen. Hierfür sind längs der Poldergrenzen, soweit erforderlich, Ringkanäle geplant, die sich an verschiedenen Stellen zu kleinen Seen verbreitern, damit genügend Wasserfläche für das hierein übergepumpte Wasser der benachbarten Gebiete vorhanden ist.

Vor der Trockenlegung müssen die Ringkanäle wie auch die Pumpwerke fertiggestellt sein. Diese müssen künftighin das Niederschlag- und Quellwasser, soweit dieses nicht selbst verdampft, aus den Poldern herauspumpen, und ihre erste Aufgabe besteht in der Trockenlegung der Polder. Damit dabei das Gefälle zu den Pumpwerken nicht zu groß wird, wird man vorher außerdem die Hauptentwässerungskanäle ausbaggern müssen. Das Wasser ist bis zu einer beträchtlichen Tiefe aus den Poldern zu entfernen, weil die moderne Landwirtschaft eine tiefgehende Entwässerung des Landes erfordert. Der Normalwasserstand in den Poldern liegt daher 1,4 m unter der Oberfläche des tiefstgelegenen Landes nach der Absenkung, die nach der Trockenlegung auftreten wird. Wegen der jetzigen Gestaltung des Meeresbodens ergeben sich in den einzudeichenden Gebieten Höhenunterschiede von mehreren Metern. Würde daher in jedem Polder nur ein

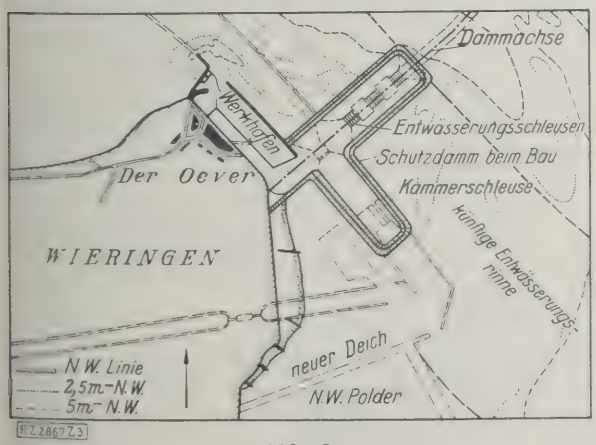



**Abb. 3**
Plan der Werke an der Ostseite von Wieringen.

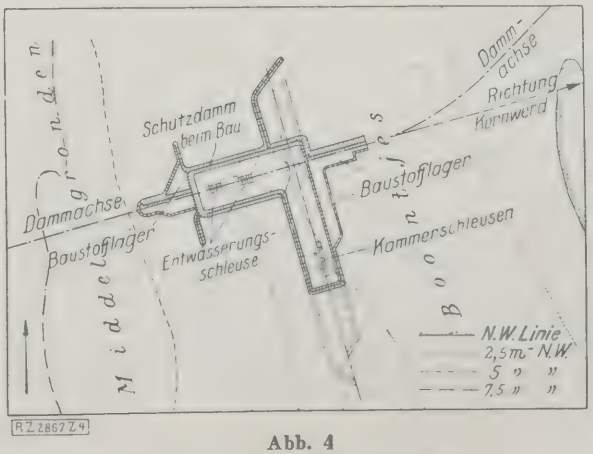



**Abb. 4**
Werke auf dem Kornwerdersand.

einziger Wasserstand eingehalten werden, dann müßten in den hochgelegenen Teilen jedes Polders alle Gräben sehr tief sein, was eine viel zu kostspielige Bodenarbeit ergäbe. Daher werden die Polder in einzelne Abschnitte mit je einem besonderen Wasserstand eingeteilt.

Außer den Hauptentwässerungskanälen sind zur Entwässerung des trockengelegten Landes noch zahlreiche Gräben notwendig. Diese Kanäle und Gräben haben schon wegen der Entwässerung so große Abmessungen, daß sie auch der Schiffahrt dienen können. Infolgedessen sind Zugangsschleusen zu den Poldern und Verbindungsschleusen für die einzelnen Poldergebiete erforderlich. Ferner muß neben dem Verkehr zu Wasser auch dem Verkehr zu Lande durch den Bau von Straßen und Brücken entsprochen werden. Die Aufteilung ist in rechteckigen Stücken je 250 m breit und 800 m tief vorgesehen. Die langen Seiten jedes Teils werden von Entwässerungsgräben, die eine kurze Seite von einer Straße und die andere von einem schiffbaren Graben, begrenzt.

Im Jahre 1924 hat man die Kosten der Trockenlegung auf 365 Mill. Gulden geschätzt. Hierin sind alle Auslagen bis zu der Zeit, in der der Boden seinen normalen Kulturwert erlangt hat, einbegriffen. Unter Berücksichtigung der Verzinsung und des vorläufigen Bodenertrages wären dann bis zu diesem Zeitpunkt 454 Mill. Gulden ausgegeben, während der Verkaufswert des Bodens auf 510 Mill. Gulden geschätzt worden ist. Es hat sich inzwischen schon herausgestellt, daß die Baukosten die Schätzung vom Jahre 1924 übertreffen werden. Wie schon anfangs betont, sind aber für die wirtschaftliche Bedeutung der Trockenlegung noch ganz andere Faktoren als der finanzielle Ertrag maßgebend.

### Arbeitsausführung

Im Jahre 1920 begann man mit dem Bau eines Unterwasser-Kehrdammes im Amsteldiep, Abb. 5, zwischen Wieringen und der nordholländischen Küste als Unterbau des Abschlußdammes, 1921 folgte der Bau eines Arbeitshafens an der Ostseite von Wieringen. Infolge der inzwischen eingetretenen Krise konnte die Regierung in den nächsten vier Jahren die Arbeiten nicht in vollem Umfange weiterführen, so daß für diese Zeit ein beschränkter Arbeitsplan vorgesehen wurde. Dieser umfaßte die Herstellung eines Abschlußdammes zwischen der nordholländischen Küste und Wieringen und die damit zusammenhängenden notwendigen Arbeiten:

1. Ein Schutzdamm für den Baugrund der Schleusen östlich Wieringen, damit sich dort infolge des Wegfalles des Wasserdurchflusses längs der Westküste dieser Ins keine Rinnen bilden konnten.

2. Die Erhöhung der Deiche längs der Nordküste vo Wieringen wegen der Erhöhung der Außenwasserstände

3. Der Bau eines Kanals längs der nordholländische Küste vom Abschlußdamm bis nach den Helder mit einer neuen Seedeich an der Außenseite, wodurch sowohl ein höhere Abdeichung entstand als auch für die Schiffahr und die Entwässerung gesorgt war, die durch den Ab schluß des Amsteldiep behindert wurden, Abb. 10.

1925 war der finanzielle Zustand des Landes so wei verbessert, daß die Regierung nunmehr die Arbeiten in weitesten Umfange fortführen konnte. Die hierzu notwen digen Vorbereitungen sind 1926 getroffen worden, un 1927 konnte der Werkplan der Regierung vollständig ein gehalten werden. Man hatte sich entschlossen, in siebe bis acht Jahren den Abschluß der Zuidersee und die Ar beiten am nordwestlichen Polder zu beenden.

Da der Abschluß der Zuidersee nicht durchgeführ werden kann, bevor die Entwässerungs- und Schiffahrt schleusen fertiggestellt sind, ist zunächst deren Bau in Aussicht genommen. Infolgedessen ist im Jahre 1927 be reits innerhalb des nach dem eingeschränkten Arbeitsplan fertiggestellten Schutzdammes das Fundament der west lichen Schleusen gebaut worden, außerdem gelangten der Schutzdamm und einige Nebenarbeiten für die östliche Schleusengrube auf dem Kornwerdersand zur Ausführung. 1928 hat man mit dem Bau der westlichen Schleusen und mit dem Fundament der östlichen Schleusen angefangen. Wenn diese Arbeiten 1929 abgeschlossen sind, nimmt man die Eisenarbeiten für die westlichen Schleusen und den Bau der östlichen Schleusen in Angriff.

Im Jahre 1928 wurde der erste Teil des Hauptabschlußdammes erstellt, und zwar der rd. 3,5 km lange Abschnitt zwischen der Baugrube auf dem Kornwerdersand und der friesischen Küste. 1929 wird ein Deichabschnitt mit Arbeitshäfen an der Innen- und Außenseite ungefähr in der Mitte zwischen den beiden Schleusenbaugruben auf dem Breesand errichtet, damit man von dort aus den Bau des Dammes nach zwei Richtungen hin fortsetzen kann. Weiter wird in diesem Jahre der Unterwasserkehrdamm in der tiefen Rinne, den Middelgronden, westlich der Schleusengrube auf dem Kornwerdersand hergestellt.

Bei der Trockenlegung des nordwestlichen Polders sind drei Zeitabschnitte zu unterscheiden. In erster Linie wird man die Eindeichung, den Bau der Pumpwerke und ihrer Zuflußkanäle und die Maßnahmen für die Entwässerung und für die Schiffahrt der angrenzenden Gebiete durchführen. Im zweiten Abschnitt wird der Polder trockengelegt, während im dritten Abschnitt die Arbeiten im trockengelegten Polder ausgeführt werden. Der erste Abschnitt muß 1929 beendet werden, und man plant, am Ende des Jahres mit dem Auspumpen anzufangen.

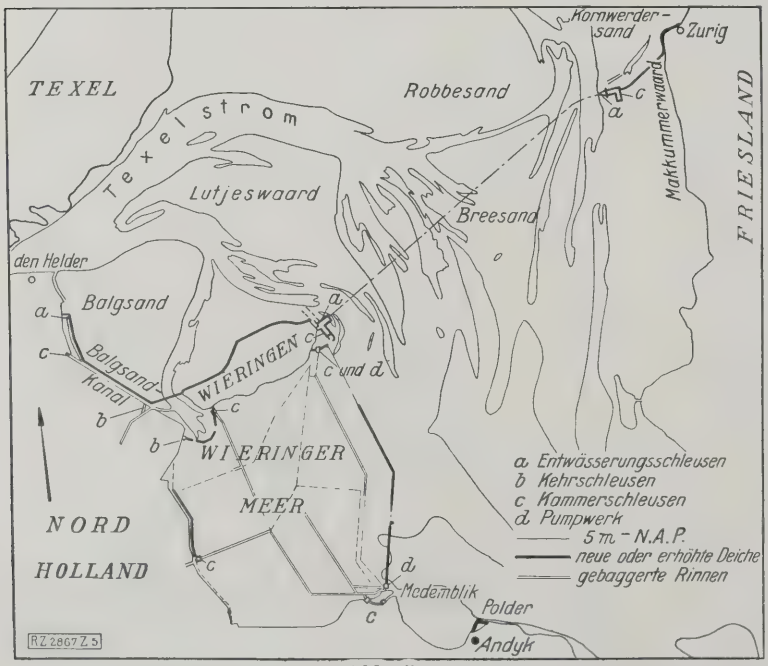



**Abb. 5**
Übersicht der ausgeführten Bauarbeiten an der Zuidersee.

### Konstruktion und Ausführungsplan des Abschlußdammes

Die interessanteste Arbeit des Abschlusses und der Trockenlegung der Zuidersee ist ohne Zweifel die Herstellung des Abschlußdammes. Der Damm, Abb. 6, besteht aus einem äußeren Geschiebelehmdamm mit einem anschließenden Sandkörper, der mit einer Schicht aus Lehm oder Geschiebelehm bedeckt wird. Zu beiden Seiten wird der Damm unter Wasser mit durch Steine beschwerten Senkstücken und über Wasser, soweit erforderlich, mit einer Steinböschung und im übrigen mit einer Grasnarbe geschützt. Das Material für den Kerndamm wird in der Nähe aus dem Meeresboden gewonnen, Geschiebelehm ist die Grundmoräne der Eiszeit, die man mit Ausnahme von einigen in dieser Ablagerung gebildeten Rinnen in nicht allzu großer Tiefe unter dem Meeresboden von der Westküste Wieringens bis zur friesischen Küste vorfindet und daher dort, wo sie am besten geeignet ist, baggern kann. Der

Geschiebelehm ist fest und zähe, Abb. 7, und bildet bei Stürzen eine kompakte Masse. Während er dem Einfluß strömenden Wassers großen Widerstand entgegengesetzt, hält er den Wellenschlag weniger gut aus.

Infolge dieser Eigenschaften ist der Geschiebelehm ein wichtiger Baustoff für den Dammbau. Ein Kern aus diesem Stoff verhindert jede Wasserbewegung durch den Deich, während durch einfaches Stürzen dieses Baustoffes der Dammbau auch dann gefördert werden kann, wenn während der Ausführung große Wassergeschwindigkeiten auftreten. Schon beim Bau des Abschlußdammes westlich Wieringen hat man diesbezügliche Erfahrungen gesammelt. Wo jedoch der Deich aus Geschiebelehm dem Wellenschlag ausgesetzt ist, muß er ebenso wie der Sandkörper geschützt werden. Sobald die Gefahr eines Bruches droht, wird der Geschiebelehmdamm großen Widerstand leisten. Da Sand viel billiger als Geschiebelehm ist, wird der Kerndeich nicht größer bemessen, als für den Widerstand des Deiches notwendig ist. Auch zum Schutz des Sandkörpers eignet sich der Geschiebelehm. Wo jedoch auf dem Dammkörper eine Grasnarbe vorgesehen ist, muß man den Geschiebelehm, der sehr unfruchtbar ist, mit einer Lehmschicht abdecken.

Die Deichkrone des Abschlußdammes ist so hoch gelegen, daß sie auch bei der nach dem Abschluß zu erwartenden höchsten Sturmflut nicht von dem außen entströmenden Wasser überspült wird. Die Böschungen unter Wasser entsprechen den freien Böschungen der verwendeten Baustoffe, während der äußere Verlauf über Wasser eine mittlere Neigung von 1 : 4 hat. Die äußere Steinbekleidung erstreckt sich bis zur Mitte zwischen der Krone und dem höchsten zu erwartenden Sturmflutwasserstand. Unter der Steindecke ist der Boden mittels Strohmatten abgedeckt, Abb. 8; darauf ruht eine Schicht Abbruchsteine, die die Steindecke in ihrer Wirkung unterstützt, Abb. 9. Die Dicke der Decksteine beträgt 0,25 bis 0,45 m. Teils wird hierfür Basalt vom Rhein oder aus dem Westerwald, teils werden Blöcke aus belgischem Kalkstein verwendet.

Die Krone ist 2 m breit, und der anschließende Teil der Innenböschung hat eine Neigung von 1 : 2,5. Die gegen Hochwasser geschützte Binnenkrone, worüber eine doppelgleisige Eisenbahnlinie und eine Landstraße führen werden, ist 34 m breit. Unterhalb der Binnenkrone beträgt die Neigung der Böschung wenigstens 1 : 3. Dabei ist der Deich gegen den Wellenschlag des Ysselsees durch eine Steindecke mit einer mittleren Dicke von 0,25 m geschützt.

Für den Entwurf des Profils für den Abschlußdamm war die genaue Kenntnis der höchsten Sturmflutwasserstände, die nach dem Abschluß zu erwarten sind, unbedingt erforderlich. Daß hierfür die Kenntnis der jetzt vorkommenden Hochwasserstände nicht genügt, ist leicht einzusehen. Eine Sturmflut dauert ja nie so lange, daß die ganze gegenwärtige Zuidersee vollständig aufgefüllt werden könnte. In dem Augenblick also, wo der Wasserstand an der Stelle des vorgesehenen Abschlusses am höchsten ist, findet immerhin noch ein beträchtlicher Abstrom zur Zuidersee hin statt, so daß der Wasserstand an der betrachteten Stelle künstlich erniedrigt wird. Wenn nun nach dem Abschluß diese Abströmung zur Zuidersee hin ausfällt, hört gleichzeitig diese künstliche Wasserstandserniedrigung auf. Deshalb waren für den Entwurf des Abschlußdammprofils höhere Sturmflutwasserstände als die gegenwärtig vorkommenden maßgebend.

Eine staatliche Kommission unter Leitung von Prof. Dr. *H. A. Lorenz* wurde mit der Untersuchung der Änderungen in den Sturmflutwasserständen betraut. Die Kommission sah ein, daß die verfügbaren Daten zur Lösung der Frage nicht genügten. Daher hat sie namentlich in bezug auf die Tidenbewegungen hauptsächlich in der Nordsee das Beobachtungsmaterial über Strömungen und Aufwehungen stark ausgedehnt.

Der bestehende Zustand geht aus Abb. 2 hervor. Von den Seegaten aus erstrecken sich zwei Rinnennetze zur Zuidersee hin, eines westlich in Verbindung mit dem

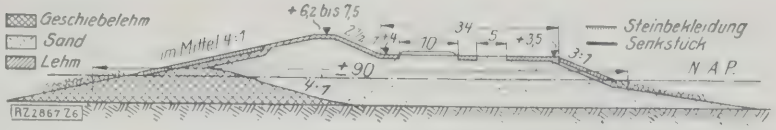



**Abb. 6**
Querschnitt des Abschlußdammes.

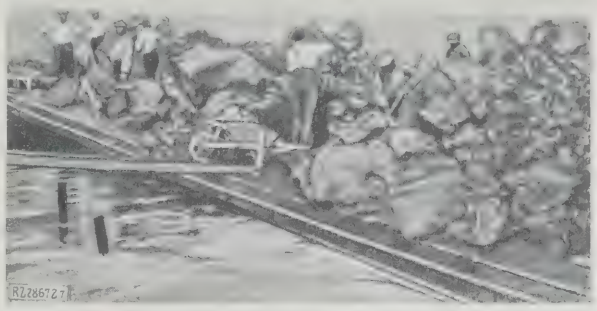


**Abb. 7**
Geschiebelehmpackung.

**Abb. 8**
Zur Abdeckung des Bodens unter der Steindecke dienen Strohmatten.

**Abb. 9**
Zwischen Steindecke und Strohmatten kommt eine Schicht Abbruchsteine.

Marsdiep nördlich Den Helder und ein östliches in Verbindung mit Het Vlie zwischen den Inseln Vlieland und Terschelling. Die größte Tiefe, die in der Abschlußlinie vorkommt, beträgt etwa 13 m, und zwar im Amsteldiep und in der Hauptrinne des östlichen Netzes, den Middelgronden. Ferner gibt es verschiedene Rinnen mit einer Wassertiefe von 7 bis 8 m. Auf dem Breesand zwischen den beiden Rinnennetzen beträgt die Tiefe 3 bis 4 m, während vor der friesischen Küste die Sandbank Makkumerwaard bei Niedrigwasser trocken läuft.

Die Tide der Nordsee gelangt durch die Seegaten in die Zuidersee, so daß auch dort Tide und Strömungen auftreten. Normalhoch- und -niederwasser an der Ostseite von Wieringen betragen 0,32 m + N. A. P.[1]) und 0,58 m — N. A. P. Nun verlaufen die Tideströme in der Hauptsache in den tiefen Rinnen; auf den Sandbänken ist die Wasserbewegung nur gering. Auch in dem Gebiet zwischen dem östlichen und westlichen Rinnennetz an der Stelle des geplanten Abschlußdammes strömt wenig Wasser nach dem südlichen Teil der Zuidersee.

Ferner besteht ein Zeitunterschied von drei Stunden zwischen den Tiden in den beiden Rinnennetzen, so daß die Strömungsrichtung in beiden Netzen sehr oft entgegengesetzt ist. Aus diesem Grunde strömt durch das Profil des Abschlusses mehr Wasser, als ausschließlich zum Auffüllen und Entleeren des südlichen Teiles nötig wäre, wobei die Querströmungen zwischen den beiden Rinnennetzen von besonderer Bedeutung sind.

Die Staatskommission hat nun in erster Linie die Tide in der heutigen Zuidersee berechnet, indem sie die Tide in den Seegaten zugrunde legte. Die Berechnung dieser sehr verwickelten Tideströmungen stimmte gut überein mit den Beobachtungen, die an zahlreichen Stellen längs der Küste gemacht worden sind. Für die Berechnungen hat die Kommission, da die Wasserströmungen in der Hauptsache in den tiefen Rillen verlaufen, an Stelle der Zuidersee ein Kanalsystem angenommen. Für jeden Kanal sind die Formeln für mit der Zeit veränderliche Flüssigkeitsbewegung angewendet worden, nämlich die Bewegungsgleichung, die den Zusammenhang zwischen dem Gefälle einerseits und dem Reibungswiderstand und der Beschleunigung anderseits enthält, und die Kontinuitätsgleichung, die die Erhöhung des Wasserstandes bestimmt, wenn es gelingt, sie zu integrieren.

Zu diesem Zweck hat Prof. *Lorenz* verschiedene Annäherungen eingeführt. Da die Rechnungsergebnisse gut mit den Beobachtungsergebnissen übereinstimmen, kann man annehmen, daß die Ergebnisse ähnlicher Berechnungen, die für die Zustände nach dem Abschluß der Zuidersee durchgeführt wurden, ebenfalls richtig sind. Diese weisen auf drei wesentliche Punkte hin: erstens, die Tideströmung im Wattenmeer außerhalb des Abschlusses wird sich bedeutend verstärken, zweitens, wird sich in dem Wattenmeer eine Wanty[2]) bilden, drittens, wird sich die Strömung durch die Seegaten vergrößern.

Diese Erscheinungen lassen sich auch noch anders erklären. Der Abstand von den Seegaten bis zum hinteren Ende der Zuidersee ist nur etwas größer als die halbe Länge einer Tidewelle, so daß jede einströmende Tidewelle im Wattenmeer von der vorhergehenden, die am Ende der Zuidersee zurückgeworfen wurde, gedämpft wird. Da nach dem Abschluß der Abstand des Abschlußdammes bis zu den Seegaten stark verkleinert wird, fällt diese Dämpfung fort, und die Tide wird sich dementsprechend, z. B. an der Stelle des Abschlußdammes, etwa um 80 vH vergrößern. Demzufolge wird auch die Wasserbewegung in den Seegaten zunehmen.

Auch an den jetzt auftretenden Tideströmungen läßt sich diese Änderung deutlich machen. Wenn bei dem heutigen Zustand an der Stelle des geplanten Abschlußdammes Hochwasser auftritt, herrscht dort noch eine starke Wasserabströmung nach Süden, so daß das Hochwasser künstlich erniedrigt wird. Wo nun nach dem Abschluß diese Strömung wegfällt, muß sich wohl der Hochwasserstand beim Damm erhöhen. Ebenso kann man zeigen, daß der Niederwasserstand niedriger wird, so daß der Unterschied der Tiden außerhalb des Abschlußdammes zunehmen wird.

In dem Maße, wie der Abschluß vorschreitet, erhöht sich der Tidenunterschied außerhalb, aber die Wassermenge, die durch die verkleinerten Durchflußöffnungen strömt, verkleinert sich ebenfalls, so daß die Tideunterschiede hinter dem Abschlußdamm kleiner werden und somit das Gefälle in den noch übrigbleibenden Durchflußöffnungen größer wird. Gleichzeitig wird dann auch die mittlere Höchstgeschwindigkeit der Strömung in den übrig gebliebenen Öffnungen zunehmen. Man hat daher auch die mittlere Höchstgeschwindigkeit berechnet, die bei normaler Tide ohne Berücksichtigung des Windeinflusses in den jeweils enger werdenden Durchflußöffnungen auftritt. Diese beträgt im Augenblick des Abschlusses etwa 3,9 m/s.

Zur Bestimmung der Sturmfluterhöhung hat die Kommission drei Methoden angewandt. Bei der ersten Methode wird für einen Punkt A der Sturmflutwasserstand ermittelt, der sich als Vergrößerung des normalen Tidewasserstandes unter Einfluß des Windes ergibt. Man kennt zwar für den bestehenden Zustand den Unterschied im Windeinfluß zwischen einem Punkt B, an dem der Einfluß des Abschlusses sich nicht mehr bemerkbar machen wird, und dem Punkt A, jedoch hängt dieser Unterschied im Windeinfluß von den Wassertiefen zwischen A und B ab. Deshalb ist die Bestimmung dieser Abhängigkeit sehr schwierig.

Bei der zweiten Methode ermittelt man, wie groß der in verschiedenen Fällen ziemlich stark abweichende erniedrigende Einfluß der Zuidersee auf die Wasserstände außerhalb des Abschlusses ist, so daß man durch Extrapolieren die Größe dieses Einflusses bestimmen kann, wenn der Einfluß nach dem Abschluß ganz wegfällt. Bei dieser Methode zeigt sich als erschwerend, daß auch außerhalb des Beobachtungsgebietes extrapoliert werden muß, während wegen der besonderen Form des Seegebietes verschiedene Wirkungen nicht berücksichtigt werden können, obwohl sie einen bedeutenden Einfluß auf den Rechnungsgang haben.

Die dritte Methode bestimmt, wie ein Wasserstrom S, der vor dem Abschluß während der höchsten Wasserstände nach der Zuidersee abfließt, auf die Wasserstände in dem Wattenmeer einwirkt. Hierfür müssen also zwei Zustände mit den gleichen Wasserständen in der Nordsee und demselben Wind ermittelt werden, die sich darin unterscheiden, daß der Wasserstrom S nach der Zuidersee wohl beim einen, aber nicht beim andern auftritt.

Beim Durchrechnen dieser Fälle mußte man wieder verschiedene Annahmen machen. Trotzdem war die Berechnung sehr schwierig, so daß sie nur für ein stark vereinfachtes Rinnensystem durchgeführt werden konnte. Immerhin ergaben die auf diese Weise ermittelten Kurven der Wasserstände in der offenen Zuidersee eine befriedigende Übereinstimmung mit den wirklichen Beobachtungen. Die Berechnungen wurden für den Sturm vom 22. zum 23. Dezember 1894 durchgeführt. Es hat sich ergeben, daß Stürme, die bei offener Zuidersee eine geringere Höhe als bei diesem Sturm erreichen würden, auch nach dem Abschluß keine höheren Wasserstände ergeben werden. Sogar ein Sturm, wie der vom Februar 1825, wird nach Abschluß niedrigere Wasserstände als beim Sturm von 1894 aufweisen, obwohl 1825 bei der offenen Zuidersee höhere Wasserstände vorkamen als 1894.

Schließlich versuchte die Kommission die Genauigkeit der Ergebnisse infolge der in die Rechnung eingeführten Annäherungen zu bestimmen. Sie gelangte zu dem Ergebnis, daß die Erhöhungen durch Sturmfluten um höchstens 20 vH von den Werten abweichen, die sie auf Grund ihrer Berechnungen als die wahrscheinlichsten betrachtet. Daher erhöhte sie ihre Ergebnisse um 20 vH, so daß höchstwahrscheinlich die Sturmflutwasserstände kleiner sein werden, als sie die Staatskommission sicherheitshalber annimmt.

Die Kommission berechnet die Erhöhung der Sturmflutwasserstände in der Nähe des Abschlußdammes auf mehr

[1]) N. A. P. = Normaler Amsterdamer Pegel.
[2]) „Wanty" ist die Stelle, an der von zwei Seiten kommende Getidewellen gegeneinanderstoßen, also fast keine Strömung herrscht und sich eine Bank bildet.

s 1 m, wobei diese nach Norden zu abnimmt und am ılichen Ende von Terschelling sowie an der gegenüber- genden Küste Frieslands nur noch 10 cm beträgt. Auch vor das Amsteldiep abgeschlossen wurde, hat man die asserstanderhöhungen durch Sturmflut berechnet. Bei n Stürmen nach dem Jahre 1924 hat sich gezeigt, daß Übereinstimmung mit der Berechnung die Erhöhung cm betrug, so daß damit eine erste Kontrolle für die ichtigkeit dieser Rechnungsmethoden erreicht ist.

### Ausführungsplan

Dem Arbeitsplan zum Bau des Abschlußdammes hat ın folgende Gesichtspunkte zugrunde gelegt: Man beab- chtigt, einen möglichst großen Teil des Dammes ohne esentliche Änderung in der Wasserbewegung in der uidersee herzustellen. An der Stelle des Abschlusses ver- uft die Wasserbewegung in der Hauptsache durch die efen Rinnen, während über die höher gelegenen Sand- inke nur wenig Wasser strömt und zwischen dem öst- chen und westlichen Rinnensystem auf dem Breesand auptsächlich Querströmungen vorkommen. Würde man ıher den Dammbau von beiden Endpunkten aus anfangen, ) müßte man schon bald in den starken Strömungen der efen Rinnen arbeiten, deren Lage sich überdies mit dem ortgang der Arbeiten so ändern würde, daß an den tellen, die jetzt wenig Strömung aufweisen, ebenfalls nter schwierigen Umständen und in einer Tiefe, die im oraus nicht leicht abzuschätzen wäre, gearbeitet werden üßte. Daher ist es angebracht, zunächst die Damm- örper auf dem Breesand und vor der friesischen üste zu bauen, wo die Tiefe beschränkt ist, und wo die trömungen senkrecht zum Damm nur schwach sind. Beim bschluß des Amsteldieps hat sich auch in der Praxis ge- eigt, daß ein Unterwasser-Kehrdamm in einer tiefen inne den Durchfluß durch diese Rinne nur wenig ver- ngert. Deshalb kann man als zweite Maßnahme, ohne ie jetzige Wasserbewegung ernstlich zu ändern, den Bau erartiger Dämme in den Rinnen vornehmen.

Nach Ausführung vorgenannter Arbeiten bleiben also ine westliche und eine östliche Durchflußöffnung mit be- chränkter Wassertiefe übrig, die mit dem fortschreiten- en Dammbau allmählich verkleinert und schließlich ge- chlossen werden. Während dieser Verkleinerung wird aher die Geschwindigkeit in den Durchflußöffnungen stän- ig zunehmen, bis zum Augenblick des Abflusses bei einer ormalen Tiefe eine höchste mittlere Geschwindigkeit on 3,9 m/s auftritt. Beim Abschluß des Amsteldieps betrug iese Geschwindigkeit 3,11 m/s, während eine höchste mitt- ere Geschwindigkeit von etwa 4 m/s aufgetreten ist. Die ormale Wassergeschwindigkeit, die man beim Abschluß der uidersee erwarten kann, stimmt also etwa mit der Höchst- eschwindigkeit beim Abschluß des Amsteldieps überein, ährend die Wassergeschwindigkeit beim Abdichten der uidersee etwas größer sein wird. Da nun das Amsteldiep ühelos durch Stürzen von Geschiebelehm abgeschlossen erden konnte, kann man annehmen, daß diese Arbeits- eise, vielleicht mit einigen Schwierigkeiten, auch für den bschluß der Zuidersee brauchbar ist.

Man hat nun auch die Wassergeschwindigkeit in den tzten Durchflußöffnungen bestimmt, da die bereits fertig- estellten Teile während des Winters dem Einfluß der türme gewachsen sein müssen. Diese Öffnungen, eren Gesamtlänge etwa 18 km betragen wird, sollen in rei Jahren geschlossen werden. Erst im Winter vor der tzten Arbeitsperiode ist bei Sturm die höchste mittlere Vassergeschwindigkeit zu erwarten, die bis zu 5 m/s be- ragen kann. Der Damm wird dann bis an die Unter- vasser-Kehrdämme in den tiefen Rinnen herangebaut sein, o daß diese den Stürmen widerstehen müssen.

Indem man den Abschluß in das Gebiet der tiefen innen verlegt, ergibt sich der Vorteil, daß das die Ab- ämmungen überströmende Wasser sich zu beiden Seiten n großer Tiefe verteilen kann und daher nur eine geringe uskolkung des Bodens verursachen wird. Gerade eine edeutende Auskolkung, die im voraus nicht genau zu be- timmen ist, kann sehr gefährlich werden. Für die Kon- truktion der Abdämmungen genügt es nicht, die zu er- artende höchste mittlere Geschwindigkeit zu kennen, son- ern man braucht die Größe der Wassergeschwindigkeit an der Oberfläche der Abdämmungen und über dem an- schließenden Meeresboden. Diese Frage war nur durch Modellversuche zu klären. Diese wurden anfangs im Wasserbaulaboratorium in Karlsruhe unter Leitung von Prof. *Rehbock* vorgenommen und später in dem inzwischen in Betrieb genommenen Wasserbaulaboratorium in Delft unter Leitung von *Ir. Thyssen* fortgesetzt.

Diese Versuche haben gezeigt, daß bei den Gefällen, die bei Abdämmungen wahrscheinlich auftreten werden, das Wasser an der Oberstromseite bis in unmittelbare Nähe der Abdämmung gleichmäßig über das ganze Profil und dann der Böschung entlang allmählich nach oben fließt und an der Unterstromseite im Anfang ziemlich waagerecht wegschießt, um sich erst in einem Abstand von mehreren 100 m unterhalb des Dammes über die ganze Tiefe zu ver- teilen. Dabei bildet sich unterhalb dieses Wasserstromes eine Wasserwalze, so daß dort die wesentlich schwächere Bodenströmung dem Hauptstrom entgegengesetzt ist und im allgemeinen Sand angeführt wird. Infolge von Ebbe und Flut ist jede Seite der Abdämmung abwechselnd sowohl Oberstrom- wie auch Unterstromseite.

Wie aus oben genannten Gründen ersichtlich ist, wird eine Auskolkung des Meeresbodens an der Unterstromseite nicht auftreten, und die vorhandene Rinnentiefe an der Oberstromseite genügt für die Zuströmung des die Ab- dämmung überströmenden Wassers bei normaler Tide, weil die Tiefe der Tiderinnen im Wattenmeer wohl mit der Wasserbewegung der normalen Tide, aber nicht mit der- jenigen bei Sturmfluten zusammenhängt. Die Dauer der Sturmfluten ist zu kurz, um die großen Sandmengen, die für eine entsprechende Vertiefung einer Tiderinne not- wendig wären, wegzuspülen.

Während die höchste mittlere Geschwindigkeit bei einer Sturmflut in den Abschlußöffnungen 5 m/s beträgt, ergeben die Versuche eine größte Geschwindigkeit von 6,5 m/s auf der Krone der Abdämmungen. Einer solchen Geschwindig- keit kann der Geschiebelehm nicht widerstehen, so daß eine Abdämmung aus diesem Material mittels Senkstücken und Steinaufschüttungen geschützt werden muß. Die großen Steine, die man für diese Steinaufschüttungen ver- wenden könnte, würden jedoch bei einer Wasser- geschwindigkeit von 6,5 m/s weggespült werden. Des- halb muß man die Steine an die vom Strom abgewandte Seite der in die Senkstücke eingeflochtenen Erhöhungen verlegen, und dazwischen müssen genügend Steine auf- geschüttet werden, um eine sichere Lage der Senkstücke zu gewährleisten.

Wo nun kurz vor dem Abschluß die Gesamtbreite der Durchflußöffnung verhältnismäßig klein ist, würde sogar ein mäßiger Sturm, wie er auch im Sommer vorkommen könnte, schon beträchtliche Wassergeschwindigkeiten ver- ursachen. Man hat nun festgestellt, daß vor Mitte August niemals Stürme aufgetreten sind, die eine größere Ge- schwindigkeit als 6,5 m/s auf der Dammkrone ver- ursachen würden, so daß demnach in der letzten Arbeits- periode der Abschluß vor diesem Zeitpunkt ausgeführt werden muß. Zunächst werden also die Abschnitte vor der friesischen Küste auf dem Makkummerwaard und auf dem Breesand gebaut. Gleichzeitig wird man die tiefen Rinnen bis etwa 3 m unter Niederwasser abdämmen. Die übriggebliebenen Öffnungen in einer Gesamtlänge von etwa 18 km werden beim Fortgang der Arbeiten allmählich ge- schlossen, so daß im letzten Winter vor dem Abschluß die Öffnungen insgesamt etwa 5 bis 6 km lang sind.

### Bau der bereits fertiggestellten Dammstrecken

#### Der Abschlußdamm von der nordholländischen Küste bis nach Wieringen

Beim Bau der jetzt fertigen Werke westlich Wie- ringen und auf dem Kornwerdersand sammelte man fol- gende Erfahrungen:

Im Jahre 1919 war es erwünscht, sobald wie möglich mit der Ausführung der Arbeiten, von denen in erster Linie der Abschluß der Zuidersee in Betracht kam, anzu- fangen, und schon bald konnte man die Achsenrichtung des Abschlußdammes westlich Wieringen festlegen. Der Damm überquerte das tiefe Amsteldiep, und es erschien zweck- mäßig, auf jeden Fall das Fundament dieses Dammes zu bauen, bevor infolge weiterer Verengung des Durchfluß-

querschnittes die Strömungsgeschwindigkeit an der Stelle dieser Rinne so groß geworden wäre, daß man beim Bau dieses Teiles mit erhöhtem Bodenverlust zu rechnen hätte. Aus diesem Grund entschloß man sich 1920, das Dammfundament bis 4,5 m — N. A. P. in den beiden tiefen Rinnen des Amsteldieps herzustellen. Die Wassertiefe betrug bei der westlichen Rinne 12 m und bei der östlichen 7,5 m — N. A. P.

Bei dieser Gelegenheit konnte man gleichzeitig in zwei wesentlichen Punkten Erfahrungen sammeln, nämlich in bezug auf den Dammbau selbst sowie auf den Einfluß dieser Abdämmung auf das Durchflußvermögen der Rinne. Bei früheren Entwürfen bestand der Abschlußdamm aus einem bis zum Niederwasser reichenden Senkdamm und einem dahinter liegenden Dammkörper. Der Senkdamm sollte den Dammkörper beim Bauen stützen und gegen Wegspülen schützen und bildete außerdem im Damm einen Körper, der einen unerwarteten Durchbruch verringern würde.

Man fürchtete früher, daß in der Nähe des Abschlußdammes kein für den Dammbau geeigneter Lehm zu finden wäre. Aus Probebohrungen im Meer, die man 1920 vornahm, ersah man, daß an verschiedenen Stellen unterhalb leichter Sandschichten, die tatsächlich im allgemeinen den Seeboden in der Umgebung des Abschlußdammes bilden, ein genügend fester Lehm vorhanden war. Aus diesem Grunde entschloß man sich, den geplanten Senkdamm durch einen Lehmdamm zu ersetzen, der über den Niederwasserstand beträchtlich hinausragt. Auf diese Weise konnte man den Damm bedeutend schneller und mit weniger Kosten bauen. Diese Dämme erhielten eine Breite von 130 m, die genügte, um später darauf den endgültigen Damm zu bauen, dessen Profil damals noch nicht bestimmt war. Sie bestanden aus einem Lehmdamm an der Außenseite mit einer Kronenbreite von 47,50 m und aus einem Sandkörper, der oben mit einer 1 m dicken Lehmschic bedeckt war. Die Ecken des Dammes wurden mittels Sen stücken geschützt. Die Firma NV. I. van de Velde en C Amsterdam, die 1920 den Bauauftrag erhielt, hat für d Dämme insgesamt 673 500 m³ Baustoff verwendet und d Arbeiten vor Ende des Jahres fertiggestellt.

**Abb. 10**
Abschlußdamm zwischen Nordholland und Wieringen und Kanal nach „den Helder".

Nachdem beim Klappen des Lehmdammes in d kleinen Rinne ersichtlich war, daß dieser Baustoff mel verlief, als man erwartet hatte, verwendete die Baufirn mit Zustimmung der Bauleitung für den Damm in der gr ßeren Rinne einen festeren Baustoff, der in der Nähe d Insel Wieringen gefunden wurde und aus Geschiebeleh bestand. Es zeigte sich, daß dieser Stoff zwischen d wie üblich geneigten Seitenwänden der Klappschuten fest zusammensackte, daß man den Geschiebelehm nur mi tels kräftiger Wasserstrahlen aus den Schuten lösch konnte. Im übrigen aber war der Geschiebelehm als Ba stoff sehr geeignet, so daß die Herstellung dieser A dämmung ohne Schwierigkeiten vor sich ging.

Zur Lösung der Schwierigkeiten beim Klappen des G schiebelehms baute der Staat drei Klappschuten für G schiebelehm mit nahezu senkrechten Wänden. Mit dies Schuten ging das Klappen des Geschiebelehms sehr rasc Einige weitere Mängel wurden später beim Bau neu Klappschuten beseitigt. Gestützt auf die Erfahrungen i Amsteldiep entschloß man sich, in dem Dammkörper d ganzen Abschlußdammes einen Geschiebelehmkern zu ve wenden.

Außerdem zeigte es sich, daß die Durchflußleistu um höchstens 4 vH abgenommen hatte, obwohl das Rinne profil durch die Abdämmung bei mittlerem Wasserstar ungefähr um 36 vH und bei Sturmflut ungefähr um 20 v verringert war.

Der Abschlußdamm zwischen Nordholland und Wi ringen wurde in den Jahren 1924 und 1925 auf dem Bal sand und den bereits erstellten Abdämmungen gebau Abb. 10. Der Damm erhielt das normale Profil des Al schlußdammes bis auf die Binnenkrone, die nur 30 m bre ist. Diese Breite genügt, da ein Teil des Verkehrs üb den Hauptabschlußdamm schon an der Ostseite von Wi ringen nach dem nordwestlichen Polder abzweigen wir Die Kronenhöhe des Dammes beträgt 6,2 m + N. A. P. D Baugrund ist sehr verschieden, Abb. 11. Im eigentliche Amsteldiep besteht er aus festen diluvialen Schichten, w bei die Geschiebelehmablagerung dort sehr hoch liegt. A der Stelle des Balgsandes hingegen ist die ursprüngli Geschiebelehmschicht tief weggesunken, und darüber lieg bisweilen bis zu 19 m Dicke weiche alluviale Schichte die die — freilich erwarteten — Absenkungen des Damm körpers in den Baugrund verursacht haben.

Bei der Ausführung hat man zunächst das Wa wasserfrei gemacht. Zu diesem Zweck fing man den Ba des Dammes an beiden Seiten an. Man schaffte den G schiebelehm auf dem Schienenwege herbei und spülte de Sandkörper dahinter auf. Inzwischen fing man mit de Klappen eines Geschiebelehmrückens über die ganze Läng des eigentlichen Amsteldieps an der Stelle des Geschieb lehmkernes im Deich an, Abb. 12, um bei der zunehme den Wassergeschwindigkeit die Kronen der Abdämmunge und den Seeboden gegen Auskolken zu schützen. An de Stelle der letzten Öffnung schützte die Baufirma de Rücken zwischen den beiden Senkstücken auf eine Länge von 300 m. Anschließend hieran wurde sowol vom Watt wie auch von Wieringen aus der Bau de

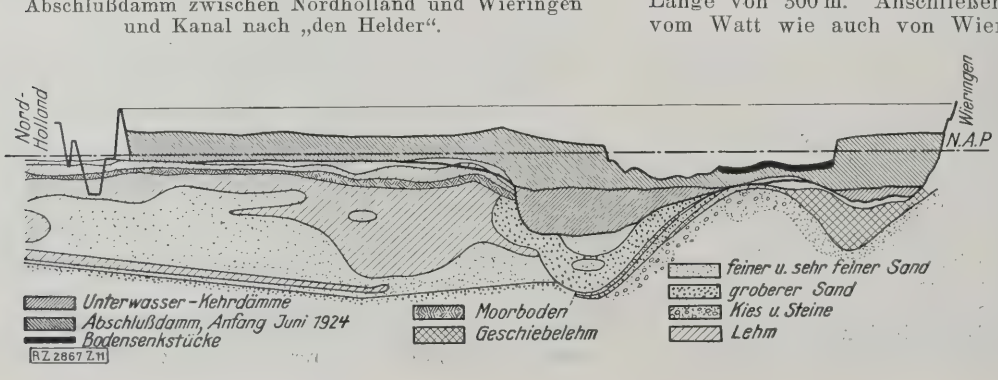



**Abb. 11**
Längsschnitt des Abschlußdammes Nordholland-Wieringen.

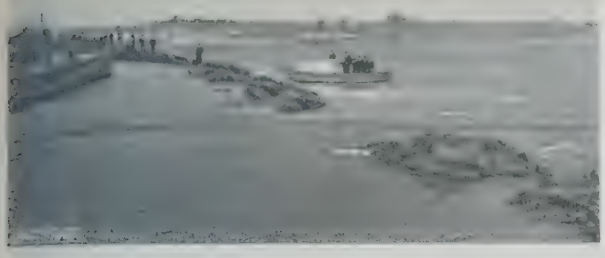


Abb. 12
Klappen eines Geschiebelehmrückens über die ganze Länge des Amsteldieps an der Stelle des Geschiebelehmkerns im Deich.

Abb. 13
Aufspülen des Sandkörpers.

Geschiebelehmdammes fortgesetzt, zunächst durch Klappen aus den Schuten, und als dies nicht mehr möglich war, mit Hilfe eines schwimmenden Greiferkrans, der den Geschiebelehm aus längsseits liegenden Schuten entnahm und auf den Dammkörper auftrug. Beim Vorschreiten des Dammbaues zeigte sich, daß die 300 m lange Senkstücke-Abdeckung ungenügend war, da an dem im Bau befindlichen Dammende ansehnliche Auskolkungen des Seebodens auftraten, die den Einbau größerer Mengen Geschiebelehm erforderten. Infolgedessen wurde der Fortgang der Arbeiten zeitweise ziemlich verzögert. Nachdem der Rücken mit Hilfe von Senkstücken abgedeckt war, nahmen die Arbeiten wieder guten Fortgang, und während des Tidewechsels gelang der Abschluß fast mühelos, indem von beiden Seiten der Schlußöffnung der Geschiebelehmdamm mittels schwimmender Greiferkrane aufgeführt wurde. Nunmehr brachte man ihn noch bis auf die endgültige Höhe, so daß damit das Arbeiten mit den Greiferkranen beendet war. Es hatte sich gezeigt, daß diese die geeigneten Baugeräte waren zum Aufbauen des Geschiebelehmdammes über Wasser. Hinter dem Geschiebelehmdamm wurde nun der Sandkörper so hoch wie möglich aufgeschüttet und anschließend gespült, Abb. 13. In dem Maße, wie die Bodenarbeiten fortschritten, brachte man die Senkstücke, die Steinböschung und die Schutzschicht an.

Gleichzeitig mit dem Bau des Dammes im Amsteldiep setzte man auch den schichtweisen Aufbau des Dammes auf dem Watt fort. Im Anfang wurde erst der Geschiebelehmdamm mittels Feldbahnen angeführt und dahinter Sand angespült. Sobald die Höhe von 2 bis 3 m erreicht war, senkte sich der Grundkörper des Dammes in den Unterboden, wobei an der Stelle des schlechtesten Untergrundes die weichen Schichten in erheblichem Maße weggedrückt wurden und zu beiden Seiten heraufquollen. Man stellte fest, daß bei diesen Verschiebungen der Geschiebelehmdamm außerhalb der geplanten Dammlinie geriet, so daß man die ursprünglich angewandte Bauweise änderte und zuerst den Sandkörper anspülte, um alsdann an der Außenseite die erforderlichen Ausgrabungen zum Aufbringen des Geschiebelehmdammes auszuführen. Obwohl dieser sich dann auch noch senkte und gleichzeitig Senkungen im Sandkörper herbeiführte, geschah dies doch nicht mehr im früheren Umfange. Seitdem sind keine seitlichen Bewegungen des Untergrundes mehr beobachtet worden; allerdings hat er sich noch weiter zusammengedrückt, so daß sich der fertige Damm noch etwas senkte. Der Damm bildet jetzt eine sichere Wasserkehrung. Während des Anspülens war der Sandkörper durch und durch mit Wasser gesättigt und infolgedessen schwerer, als er künftig sein wird, so daß der Untergrund durch diese Belastung bedeutend dichter geworden ist.

In der Abschlußlinie ist die Geschiebelehmdecke nur längs der nordholländischen Küste so tief eingesunken. Überall sonst ist der Meeresboden durch genügend feste Schichten abgedeckt, so daß solche Schwierigkeiten wie beim Balgsand für den übrigen Dammbau nicht zu befürchten sind. Der theoretische Damminhalt für den Damm auf dem Balgsand betrug 292 800 m³, während insgesamt 736 300 m³ an Boden, gemessen in den Transportgefäßen, eingebracht worden ist. Die Herstellung des ganzen Dammes erforderte, in den Transportgefäßen gemessen, 685 000 m³ Geschiebelehm und 1 444 800 m³ Sand. Die 1925 abgeschlossenen Arbeiten wurden von den Firmen NV. Aannemingsmaatschappij voorheen G. A. van Hattem, den Haag, gemeinsam mit NV. Maatschappij tot het aannemen van waterbouwwerken voorheen A. Hofman, Haarlem, ausgeführt, die Kosten betrugen 1 497 000 Gld.

### Abschnitt Kornwerdersand–friesische Küste

Der 1928 nahezu fertiggestellte Dammabschnitt Kornwerdersand – friesische Küste verläuft über das der friesischen Küste vorgelagerte Makkumerwaard, das bei Niederwasser zum Teil trocken liegt, und durch die östlich der Baugrube auf dem Kornwerdersand liegende Rinne de Boontjes. Zur Vorbereitung hat man nördlich der Schleusengrube eine Rinne ausgebaggert, die die Boontjes mit der westlich der Grube verlaufenden Rinne, den Middelgronden, verbindet, da eine solche Verbindung bis jetzt auf der Südseite der Schleusengrube bestand.

Dieser Dammabschnitt erhielt wiederum das normale Profil des Abschlußdammes, wobei die Dammkrone von der Baugrube bis zum Makkumerwaard auf 7 m + N. A. P. und im übrigen auf 6,8 m + N. A. P. liegt. Östlich der Schleusengrube macht der Damm eine Biegung, Abb. 4, 5, 14, die deswegen erforderlich ist, weil die Dammachse bei den Schleusen auf dem Kornwerdersand beim Überqueren der Middelgronden ungefähr senkrecht zu den dort befindlichen Rinnen geplant ist. Hierdurch ergeben sich guter Zu- und Abfluß des Wassers und gute Zufahrt für die Schiffe zu den Schleusen, und gleichzeitig werden die Kosten für den Dammbau in den tiefen Middelgronden auf ein Mindestmaß beschränkt.

Für den Dammbau auf dem Watt hat man außerhalb der äußersten Dammbegrenzung zunächst eine Rinne mit 40 m Bodenbreite und etwa 4 m Sohlentiefe bei Niederwasser gebaggert, die für die zum Bau erforderlichen schwimmenden Baugeräte diente. Um ein Abrutschen der Rinnenböschung durch das Aufführen des dahinterliegenden Dammkörpers zu vermeiden, nahm man an der äußersten Dammkante dort, wo man den obersten Schichten des Baugrundes nicht ganz trauen konnte, eine Bodenverbesserung vor.

Der eigentliche Dammbau wurde mit dem Aufschütten eines Geschiebelehmdammes auf dem Makkumerwaard mittels schwimmender Greiferkrane und Transportschuten begonnen. Hinter diesem Damm spülte man den Sandkörper auf und trug auf ihm die Schutzbodenschicht mittels Transportbänder oder Schubkarren aus Schuten an niedrigen Landungstegen auf. Diese Schutzbodenschicht besteht aus Geschiebelehm, der dort, wo eine Grasnabe vorgesehen ist, mit Lehm bedeckt wird. An der Außenseite des Dammes senkte man die Senkstücke ab, während sie an der Innenseite unmittelbar an Ort und

Stelle auf dem Watt hergestellt wurden. Alsdann führte man die Steinschüttung und -böschung aus.

Nachdem der Damm auf dem Watt zum größten Teil fertig war, fing man mit dem Bau des Dammes in de Boontjes an. Zunächst wurde wieder der Geschiebelehmdamm und der Sandkörper unter Wasser aufgeschüttet, wonach der obere Teil in ähnlicher Weise wie auf dem Watt aufgeführt wurde. Der Damm war bis auf einige Nacharbeiten ohne Schwierigkeiten vor Eintritt des Winters vollendet. Man hatte etwa 690 000 m³ Geschiebelehm 1 530 000 m³ Sand und 130 000 m³ Schutzboden, in den Transportgefäßen gemessen, eingebracht. Bei der Bauausführung waren 5 Eimerleiterbagger, 5 Saugbagger, 7 Krane, 2 Transportbänder, 32 Schlepper, 114 Klapp- und Deckschuten, 9 Lokomotiven und 156 Kipp- und Plattformwagen sowie außerdem kleineres Baugerät verwendet worden.

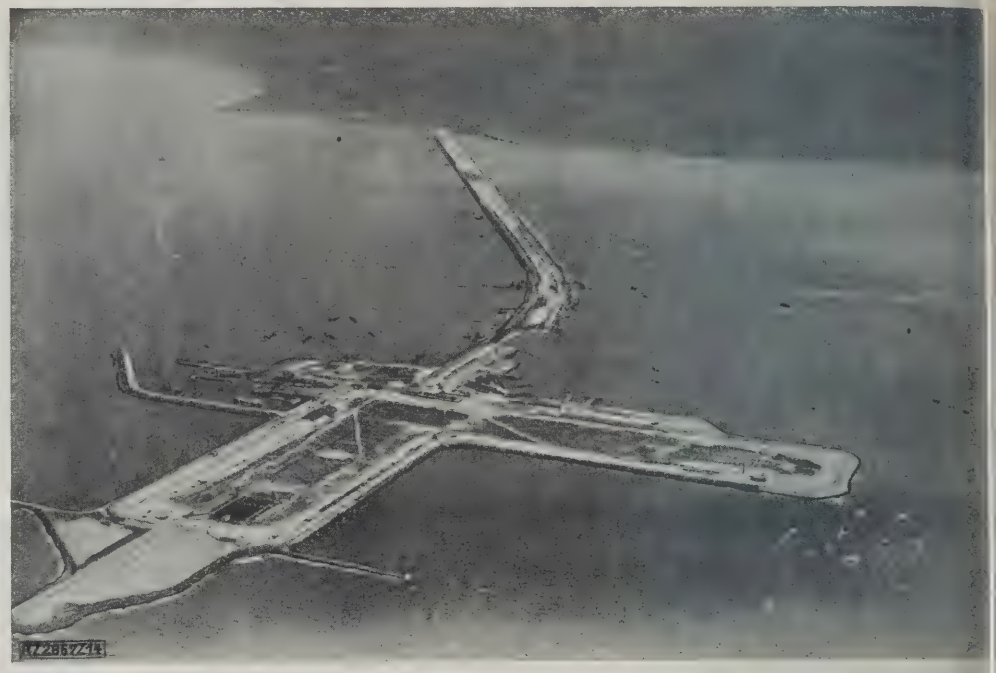


**Abb. 14**
Schleusengrube mit östlich anschließender Biegung des Dammes an der friesischen Küste.

Die Maatschappij tot uitvoering van Zuiderzeewerken hat den Bau für 6 300 000 Gld. ausgeführt. Diese Gesellschaft setzt sich zusammen aus den vier größten holländischen Baufirmen auf dem Gebiete der Baggerarbeiten, M. I. van Hattums Havenwerken, Beverwyk, Hollandsche Aannemingsmaatschappij, den Haag, A. Bos Pzn., Dordrecht, und L. Volker Zzn., Sliedrecht. [B 2897]

## Die durchdringende Höhenstrahlung

Betrachtet man die Skala der Schwingungszahlen ($f$) der verschiedenen elektromagnetischen Wellenstrahlen[1]), so erhebt sich die Frage nach den Grenzen dieser Zahlenreihe und nach der Bedeutung der Grenzwerte. Die untere Grenze ($f = 0$) kennzeichnet den Ruhezustand (Elektrostatik), die obere Grenze die härteste Strahlung, die nach den Hypothesen der neuzeitlichen Physik überhaupt in der Natur auftreten kann. Nach den Überlegungen von *Pokrowski*[2]) beträgt die größte mögliche Schwingungszahl $f_{max} = 2{,}3 \cdot 10^{23}\ s^{-1}$ entsprechend einer kürzesten Wellenlänge $\lambda_{min} = 1{,}3 \cdot 10^{-13}$ cm ($f\,\lambda$ = Lichtgeschwindigkeit). *Lévi*[3]) nennt die Dauer der kürzesten Schwingung „Chronon" oder „Zeitatom" $\Theta = \frac{1}{f_{max}} = 4{,}3 \cdot 10^{-24}$ s. Die denkbare Ursache einer Strahlung von so großer Härte wäre die Vereinigung einzelner Wasserstoffatomkerne (Protonen) zu den größten uns bekannten Atomkernen oder die gemeinsame Verwandlung eines Protons und eines Elektrons in Strahlung, beides Vorgänge, die nicht in unserem Sonnensystem, wohl aber in kosmischen Nebelwolken möglich sind.

Die durchdringende Höhenstrahlung gibt von dieser Energieumwandlung Kenntnis und bietet die einzige Möglichkeit, das kurzwellige Ende des Strahlenbandes zu erforschen. Man ermittelt die Absorptionszahl der kosmischen Strahlen für Wasser, indem man die Strahlenstärke in verschiedenen Wassertiefen mißt. Ein Maß für die Strahlenstärke ist die Schnelligkeit, mit der ein Elektrometer unter der Einwirkung der ionisierenden Höhenstrahlen seine Ladung verliert. Aus der Absorptionszahl $\mu_{H_2O}$ kann man dann die Wellenlänge berechnen. *Compton, Dirac, Klein* und andere Forscher geben hierfür unterschiedliche Formeln an, so daß die Wellenlänge nur annähernd aus der Beziehung $\lambda = (25 \text{ bis } 3) \cdot 10^{-10}\ \mu_{H_2O}$ bestimmt werden kann.

Nach der Quantentheorie kann es nun nur Strahlen geben, deren Wellenlänge ein ganzzahliges Vielfaches von $\lambda_{min}$ ist. Strahlenmessungen von *Millikan* und *Cameron*[4]) in Wassertiefen bis zu 70 m ergaben als kleinste Absorptionszahl $4 \cdot 10^{-4}\ cm^{-1}$, d. h. $\lambda = (10 \text{ bis } 1{,}2) \cdot 10^{-13}$ cm oder etwa $(8 \text{ bis } 1) \cdot \lambda_{min}$. Nach den neuesten Untersuchungen von *Regener*[5]) im Bodensee bis hinab zu 230 m Tiefe wurden unterhalb 80 m Tiefe noch härtere Strahlen von $\mu = 1{,}8 \cdot 10^{-4}\ cm^{-1}$, d. i. $\lambda = (4{,}6 \text{ bis } 0{,}6) \cdot 10^{-13}$ cm oder etwa $(3{,}5 \text{ bis } 0{,}5) \cdot \lambda_{min}$ festgestellt. *Regener* hätte damit zur Zeit die kürzesten Höhenstrahlen gemessen.

Zur Strahlenmessung wurde ein Elektrometer in einer mit Kohlensäure von 30 at Druck gefüllten Stahlbombe von 1 cm Wanddicke in die gewünschte Tiefe herabgelassen. Die Bombe wurde von einem Auftriebkessel getragen und war gegen Wellengang durch Verankern am Seegrund geschützt. Alle Stunden photographierte man die Fadenstellung des mit 600 V aufgeladenen Elektrometers.

Obwohl die Messungen mit denkbar größter Sorgfalt ausgeführt wurden, ist es wegen der Unsicherheit der oben angeführten Formel doch zweifelhaft, ob man es hier tatsächlich mit den denkbar kürzesten Strahlen zu tun hat. *Millikan* und *Cameron* glauben nach einem neuen Bericht[6]) aus ihren bisherigen Messungen vier Bestandteile der Höhenstrahlung zu erkennen, die ausgesandt werden, wenn folgende Atombildungen aus Wasserstoffatomen stattfinden:

1. Helium ($\mu = 30 \cdot 10^{-4}\ cm^{-1}$),
2. Sauerstoff ($\mu = 8 \cdot 10^{-4}\ cm^{-1}$),
3. Silizium ($\mu = 4 \cdot 10^{-4}\ cm^{-1}$),
4. Eisen ($\mu = 2 \cdot 10^{-4}\ cm^{-1}$).

Die letzte Strahlenart würde der von *Regener* gemessenen entsprechen. [N 3105]

Berlin-Spandau *Max Zorn*

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 355.
[2]) Vergl. Z. f. Physik Bd. 51 (1928) S. 730.
[3]) Comptes Rendus Bd. 183 (1926) S. 1026.
[4]) Phys. Review Bd. 31 (1928) S. 921.
[5]) Naturwissenschaften Bd. 17 (1929) S. 183.
[6]) Phys. Review Bd. 32 (1928) S. 533.

# elbsttätige Wanderrostfeuerung für Dampfkessel

*Von R. BOSSELMANN, Berlin*

*Neuartige Wanderrostfeuerung mit selbsttätiger Regelung des Rostvorschubes in Abhängigkeit vom Abbrand der Kohle am Rostbettende und des Rauchgasschiebers in Abhängigkeit vom Kesseldruck.*

er Heizer hat beim Bedienen eines Dampfkessels drei Aufgaben zu erfüllen:

1. Einhalten des Dampfdruckes durch Verstellen des Rauchgasschiebers,
2. Regeln der Brennstoffzufuhr durch Verändern der Rostgeschwindigkeit,
3. Regeln der Speisewasserzufuhr durch Verändern der Leistung der Kesselspeisepumpe.

Jede Änderung der Kesselbeanspruchung macht nacheinander diese drei Eingriffe notwendig. Die Überwachung erstreckt sich also auf das Ablesen am Manometer, auf das Beobachten des Abbrandes der Kohle am Rostbettende und auf das Beobachten des Wasserstandes. Der Wirkungsgrad des Kessels wird um so niedriger, je häufiger und plötzlicher seine Belastung schwankt, je sprunghafter der Heizer die genannten Eingriffe ausführen hat. Dabei hängt es sehr von seiner Aufmerksamkeit ab, ob er durch Verzögern oder Übereilen dieser Eingriffe den Wirkungsgrad nicht noch mehr verschlechtert.

Infolge der Schwierigkeit beim Beobachten des Feuers, eine Änderung des Abbrandes schnell genug zu erkennen, kann eine weitere Brennstoffverschwendung herbeigeführt werden, ebenso bei zu häufigem Öffnen des Schlackenfalles oder ungenügendem Schließen der Klappe. Neben den Ausgaben für Brennstoff stehen an weiter Stelle die Ausgaben für den Ersatz der Rostglieder, dessen Häufigkeit nicht nur abhängt von der Beschaffenheit des Werkstoffs, sondern auch von der Form der Rostglieder, insbesondre vom Verhältnis der Abkühlfläche zur Brennfläche. Die Erfolge der Kohlenstaubfeuerungen haben einen starken Anreiz ausgeübt, auch die Wirtschaftlichkeit der anderen Arten von Feuerungen zu steigern. Eine wesentliche Verbesserung ist aber nur zu erwarten durch eine Automatisierung des Kesselbetriebes.

In dieser Erkenntnis wurden schon im Sommer 1927 im Kesselhaus des Kraftwerkes der Fabrik D der Osram G. m. b. H., Berlin, Versuche angestellt, die ein sehr befriedigendes Resultat ergaben. Das Ziel der Versuche war:

1. Verringerung des Verbrauchs an Rostgliedern durch eine neue Bauart;
2. Selbsttätige Abfuhr der Schlackenrückstände aus dem Feuerraum unter Wahrung des Luftabschlusses;
3. Feinstufige, selbsttätige Regelung des Rauchgasschiebers in Abhängigkeit vom Kesseldruck;
4. Selbsttätige Regelung des Rostvorschubes ausschließlich in Abhängigkeit vom Grade des Abbrandes der Kohle am Rostbettende.

Ein zuverlässiger Regler für die Speisung der Kessel war vorhanden. Jahrelange Versuche hatten gezeigt, wie sehr die Lebensdauer eines Rostgliedes von der Größe seiner Abkühlflächen abhängt. Als besonders lehrreiches Beispiel sind in Abb. 1 und 2 ein neues und ein verbrauchtes Rostglied von 315 mm Länge und 18 mm Breite der alten Bauart wiedergegeben. Die starke Abnutzung an den beiden weniger gekühlten Enden nach etwa 3000 Betriebstunden ist auffallend. Rostglieder der späteren Bauart, Abb. 3 und 4, auf 210 mm Länge und 4 mm Breite verkleinert, zeigen nach der gleichen Betriebszeit eine viel geringere Abnutzung an den Enden, weil die Abkühlverhältnisse durch die Verkürzung verbessert wurden. Die Brennfläche verhält sich zur Abkühlfläche bei der alten Bauart wie 1 : 9, bei der späteren Bauart wie 1 : 16.

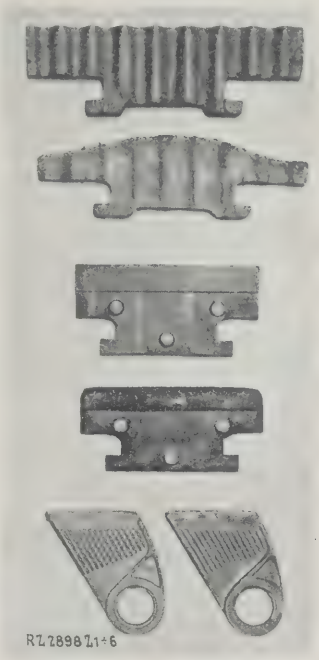


**Abb. 1 und 2** (oben) Rostglied der alten Bauart.

Abb. 1 ungebraucht
Abb. 2 nach 3000 Betriebstunden.

**Abb. 3 und 4** (Mitte) Rostglied einer späteren Bauart.

Abb. 3 ungebraucht
Abb. 4 nach 3000 Betriebstunden.

**Abb. 5 und 6** (unten) Neue Form für pendelnde Rostglieder.

Abb. 5 ungebraucht
Abb. 6 nach rd. 3000 Betriebstunden

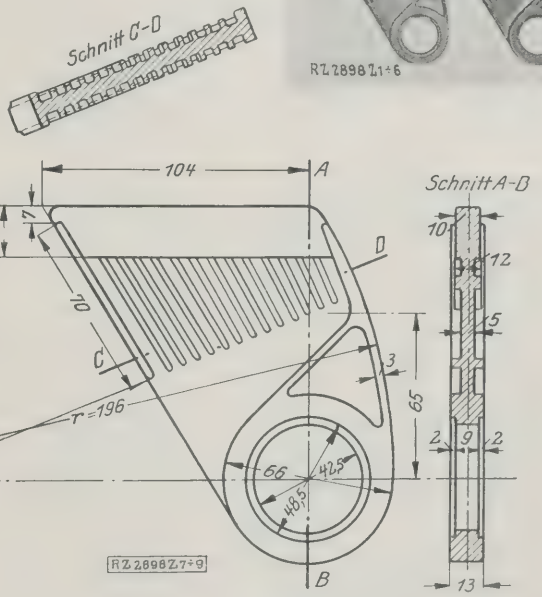



**Abb. 7 bis 9**
Neue Form für pendelnde Rostglieder, s. a. Abb. 5 und 6.

### Neue Bauart des Wanderrostes

Diese Erfahrungen führten zu einer neuen Form von Rostgliedern, Abb. 5 bis 9. Die Breite der Brennfläche wurde auf 10 mm und die Luftspaltbreite auf 2,5 bis 3 mm festgesetzt. Um das Verstopfen des schmalen Luftspaltes zu verhüten, wählte man das durch seine Beweglichkeit hierfür geeignetere Pendelrostglied. Abweichend von der bekannten, in eine Nase auslaufenden Form wurde dem Glied die Form eines auf einer Seite abgerundeten Kreisausschnittes gegeben und die Länge gleich dem Bolzenabstand der tragenden Kette auf 105 mm festgesetzt. Die Seitenflächen des Gliedes erhielten je

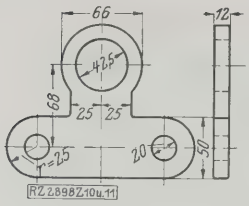
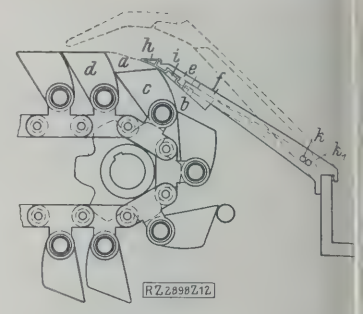



**Abb. 10 und 11**
Neues Kettenglied für Wanderroste.

**Abb. 12**
Wassergekühlter Abstreifer.

*a, b* Kammern
*c, d* Pendelrostglieder
*e* Stahlleiste
*f* Graugußkörper
*h, i* Kühlwasserkanäle
*k, k*$_1$ Kühlwasser Zu- und Abflußrohre




15 Rippen, wodurch das Abkühlverhältnis des Rostgliedes auf das Zehnfache des früheren, 1 : 90, erhöht werden konnte.

Das Rostglied wog nur rd. 0,6 kg und zeigte nach rd. 3000 Betriebstunden noch keine Abnutzung, s. Abb. 6. Die Abführung der Wärme über 30 Rippen in der vollen Rostgliedbreite nach unten machte ein solches Ergebnis von vornherein wahrscheinlich.

Der Einbau der neuen Rostglieder in die vorhandene Feuerung machte es notwendig, das alte Kettenpaar mit Rostgliedträgern zu verwerfen und ein neues Kettenglied, Abb. 10 und 11, sowie einen neuartigen, wassergekühlten Abstreifer, Abb. 12, zu entwerfen. Der Drehpunkt des Rostgliedes ist aus der Kettenmitte weit herausgehoben. Hierdurch erhält er bei seiner Abwärtsbewegung um das Kettenrad eine starke Voreilung, die, wie Abb. 12 deutlich zeigt, zur Bildung von Kammern *a* und *b* zwischen je zwei Rostgliedern und dem Abstreifer führt. Ehe das Rostglied *c* die untere Krümmung des Abstreifers verläßt, hat das nachfolgende Rostglied *d* die Spitze des Abstreifers schon erreicht, so daß der Luftabschluß nicht unterbrochen wird. Die Rostgliedträger bestehen aus Gasrohr, der Aufbau ist also denkbar einfach.

Die Kammern *a* und *b* sind so groß, daß sie die Schlacke aus dem Feuerraum abführen. Nur ein kleiner Teil der Schlacke geht bei stark backender Kohle in so geringen Mengen über die Abstreifer hinweg, daß der Schlackenfall hinter dem Abstreifer in der Regel nur einmal am Tage geöffnet zu werden braucht. Das Zurückverlegen oder Verkürzen der Abstreiferspitze brachte eine sehr willkommene, nicht unerhebliche Vergrößerung der nutzbaren Rostfläche mit sich; der frühere Abstreif ist in Abb. 12 gestrichelt eingezeichnet.

Die Schlackenanhäufungen, die sich vor den Abstreifer früherer Ausführung und den anderen Luftabschlu mitteln bildeten, sollten, wie immer betont wurde, ein restlose „Nachverbrennung" noch unverbrannter Kohle e möglichen. In Wirklichkeit bedeutete aber die durch di Bauart unvermeidliche Brennstoffanhäufung einen Übe stand, weil das Unverbrannte in dem Haufen infolge Luf mangels nicht verbrennen konnte, und weil schließlic der Heizer von Zeit zu Zeit den Schlacken mit der Schü stange nachhelfen und sie „über den Berg" bringe mußte. Bei dem neuen tiefliegenden Abstreifer geht da gegen das Entfernen der Schlacken ohne Eingriff de Heizers selbsttätig vor sich. Die Stahlleiste *e* des Ab streifers ist auswechselbar mit dem dreiteiligen Gra gußkörper *f* verschraubt. An der Stahlleiste sitzt, durc eine Asbestzwischenlage isoliert, ein Kupferhohlkörper er bildet zwei parallele Kanäle *h* und *i*, die, miteinande und mit den Rohrleitungen *k* und *k*$_1$ verbunden, das Kühl wasser zuführen.

### Regelung des Rostvorschubes

Die Abflußtemperatur des Kühlwassers schwank sehr stark in Abhängigkeit von der Temperatur der dich am Kupferkörper vorbeiziehenden Schlacken. Es lag des halb nahe, diese Temperaturschwankungen für die Re gelung der Geschwindigkeit des den Rost antreibende Gleichstrommotors zu benutzen. In Abb. 13 bis 15 is dieser neue Regler dargestellt. Der Kühlwasserzuflu ist an die beiden Hähne *l* angeschlossen, von denen de eine mit Steckschlüssel zum einmaligen Einstellen de Kühlwassermenge, der andre mit Knebelschlüssel zur An- und Abstellen des Wasserzuflusses dient. Das Kühl wasser fließt von hier durch den Kupferkörper des Ab streifers und von dort erwärmt wieder zurück in das Rohrstück *m*. In diesem sitzt eine Patrone aus einem dünnwandigen Kupferrohr *o* und dem elastischen Kol ben *p* aus Wellrohr. Der Raum zwischen Kupferroh und Kolben ist mit einer Flüssigkeit mit hohem Wärme ausdehnungsvermögen, z. B. Rüböl, gefüllt. Das im Ab streifer erwärmte Kühlwasser steigt, indem es di Wärme an das Kupferrohr *o* abgibt, im Rohrstück *m* empor und fließt durch das Rohr *q* ins Freie ab. Je nach der Temperatur des Kühlwassers bewegt sich de Kolben *p* und damit die Stange *r* infolge der Ausdeh nung oder Zusammenziehung der Flüssigkeit aufwärts oder abwärts, und zwar ist die Patrone so bemessen, daß 1 ° Temperaturänderung 1 mm Hub des Kolbens entspricht. Die Patrone ist für Temperaturen von 15 bis 95 °, also für Hübe bis zu 80 mm geprüft.

Das Rohrstück *m* ist an dem gegossenen Träger *s* angeflanscht. Die Stange *r* steckt lose in der Hülse *t* der mit 12 Kontaktstiften versehenen Kontaktbrücke *u*. Die Kontaktstifte tauchen in die mit Quecksilber gefüllten Näpfe *v* und *v*$_1$ und schließen die im Rahmen *w* untergebrachten 12 Widerstandstufen im Ankerkreis des Motors kurz. Der Höhenunterschied zwischen dem kür-

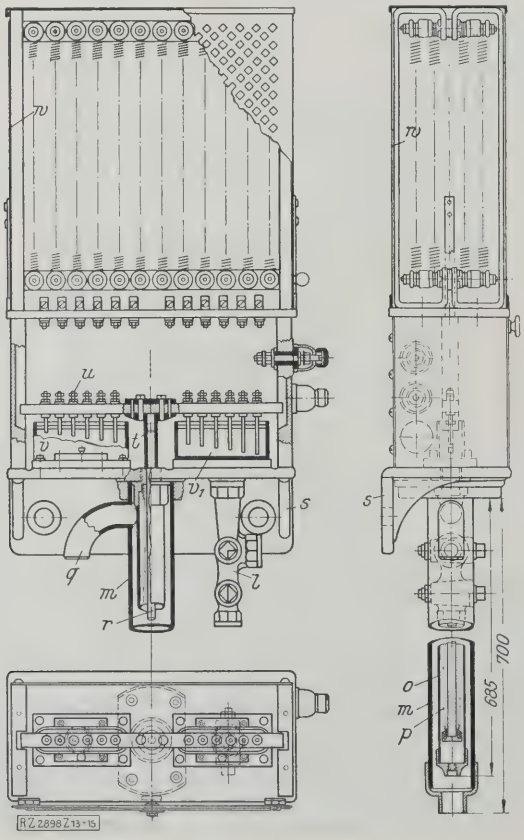



**Abb. 13 bis 15.**
Geschwindigkeitsregler für Wanderroste.

*l* Kühlwasserzulauf-hähne
*m* Rohrstück
*o* Patrone
*p* Elastischer Kolben
*q* Abflußrohr
*r* Stange
*s* Träger
*t* Hülse
*u* Kontaktbrücke
*v, v*$_1$ Quecksilbernäpfe
*w* Rahmen mit Widerständen

sten und längsten Kontaktstift beträgt 24 mm, entrechend einem Temperaturunterschied von 24 °. Die inge der Stange *r* ist so bemessen, daß bei etwa 25 ° flußtemperatur des Kühlwassers der kürzeste und bei ° Abflußtemperatur der längste Kontaktstift den ecksilberspiegel verläßt. Tauchen alle 12 Kontaktfte ein, so läuft der Motor mit voller Geschwindigkeit, d er bleibt stehen, wenn der letzte Kontaktstift ausucht; dabei wird aber der Ankerstromkreis nicht unterochen. Die 12 Widerstände sind gleichmäßig abgestuft.

Der Rostantrieb bleibt auf dem schnellsten Gang iner fünf Geschwindigkeitsstufen dauernd eingestellt. er Regelbereich liegt also zwischen 25 und 50 ° Abflußmperatur, entsprechend Stillstand und höchster Rostschwindigkeit, während ein etwaiges Unter- oder berschreiten dieser Temperaturgrenze ohne Einfluß eibt. Es ist sehr bemerkenswert, zu beobachten, mit elcher Feinheit man durch Verstellen des Steckhlüsselhahnes, also durch Ändern der Kühlwasserenge, das Feuer beliebig nahe an den Abstreifer heraningen kann, wobei die Kühlwassertemperaturen die renzen von 25 und 50 ° nicht überschreiten. Bei sehr arkem Wasserdurchfluß gelangt die Kohle noch brend bis an den Abstreifer heran, während bei sehr gerosseltem Durchfluß das Feuer bis zu 0,5 m vom Abreifer entfernt bleibt. Der Regler wird bei der Intriebsetzung ein für allemal so eingestellt, daß die hlacke völlig ausgebrannt, noch dunkelrotglühend die bstreiferspitze erreicht. Infolge der Isolierung des upferkörpers von der übrigen Masse des Abstreifers lgt die Regelung der Rostgeschwindigkeit sofort jeder nderung im Zustand des Feuers. Der Kupferkörper igte nach 3000 Betriebstunden keine Abnutzung.

Die Kesselanlage des erwähnten Industriewerkes steht aus sechs Wasserrohrkesseln von je 250 m² Heizche für 12 at Überdruck. Vier Kessel sind in Betrieb, wei stehen in Reserve oder werden gereinigt. Der ampf wird ausschließlich für den Betrieb eines stark anspruchten Fabrikkraftwerkes mit starken Schwaningen der Belastung verwendet. Jeder Kessel hat zwei anderrostfeuerungen mit getrennten elektrischen Anieben. Als Versuchskessel wurde einer von diesen esseln gewählt; dieser wird seit einem Jahr mit kurn Unterbrechungen für Reinigung und Untersuchung s Spitzenkessel betrieben, um die Zuverlässigkeit der lbsttätigen Regelung auch unter den denkbar uninstigsten Betriebsverhältnissen erproben zu können.

Der Regler für den Rostvorschub arbeitet sehr genau i jeder praktisch vorkommenden Schütthöhe. Ein Verich wurde bei 6 cm Schütthöhe durchgeführt, mit der i der höchsten Rostgeschwindigkeit gerade noch die öchste Spitzenleistung aufgenommen werden konnte. Obleich hierbei die mittlere Höhe der Schlackenschicht or dem Abstreifer kaum 1 cm betragen konnte, betrug r Kohlensäuregehalt der Rauchgase noch zwischen 5 nd 9 vH. Schon bei 8 cm Schütthöhe steigt der Kohlenuregehalt auf 10 bis 11 vH, der beste Beweis, daß die hlackenanhäufung am Rostbettende durchaus überüssig ist.

Mit der Vergrößerung der Schütthöhe verringert sich wangläufig die Geschwindigkeit des Rostes; er kommt nz zum Stillstand, wenn bei großer Schütthöhe eine arke Entlastung des Kessels eintritt, und er setzt sich rst wieder in Bewegung, sobald infolge Wiederbelastung s Kessels der Abbrand wieder einsetzen kann. Trotz r ungünstigen Arbeitsweise als Spitzenkessel gibt ieser Kessel um 25 bis 28 vH weniger Schlackenmenge , als die anderen drei Kessel, bezogen auf die gleiche rennstoffzufuhr. Den praktisch vollkommenen Ausrand der Schlackenrückstände erkennt man mit dem uge beim Vergleich mit den Rückständen der andern essel sofort.

### Steuerung des Rauchgasschiebers

Es blieb, um den Betrieb ganz selbsttätig durchuführen, nur noch übrig, den Rauchgasschieber in Abängigkeit vom Kesseldruck zu steuern. Das wichtigste lied eines solchen Reglers ist eine Membran, die dem Frage kommenden Kesseldruck mit Sicherheit stand-

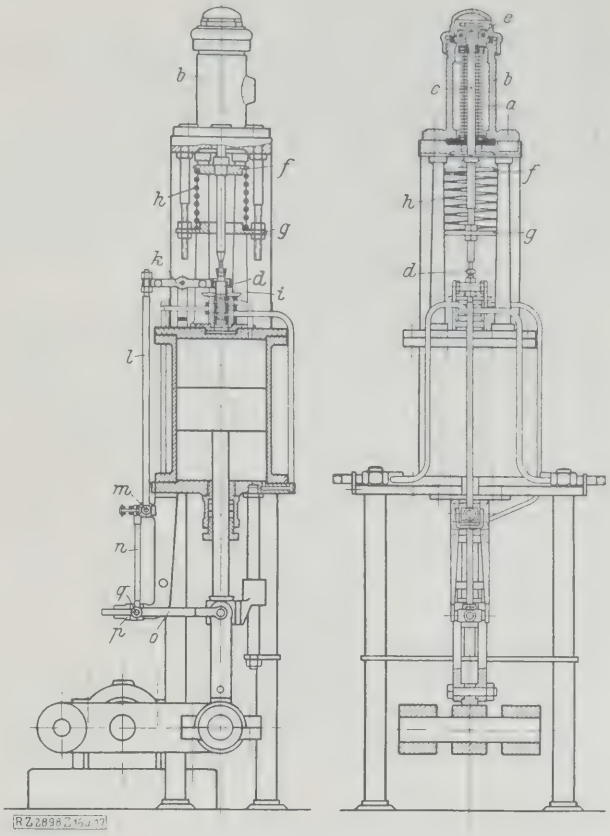



**Abb. 16 und 17**
Regler für den Rauchgasschieber.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *a* Metallschlauchmembran | *i* Hülse | | |
| *b* Haube | *k* Hebel | | |
| *c* Stange | *l* Stange | | |
| *d* Hilfssteuerkolben | *m* Hebel | Teile der Rückführung | |
| *e* Rollenbock | *n* Stange | | |
| *f*, *g* Federteller | *o* Hebel | | |
| *h* Stahlfeder | *p* Hülse | | |
| | *q* Drehpunkt | | |

hält, dabei aber möglichst elastisch ist. Sie steuert mittelbar über einen durch Druckflüssigkeit bewegten Arbeitskolben den Rauchgasschieber.

Eine zuverlässige Membran wurde in einem besonders geformten Metallschlauch gefunden, s. Abb. 16 und 17. Der Metallschlauch *a* ist in der unter dem Druck von 12 at stehenden Haube *b* untergebracht. Durch den unten offenen Metallschlauch geht die mit diesem verbundene Stange *c*, die unten unmittelbar an dem Hilfssteuerkolben *d* angreift. Die über dem Schlauch im Druckraum von dem dreiteiligen Rollenbock *e* geführte Stange trägt unmittelbar unter dem Schlauch den Teller *f*, auf den die von dem verstellbaren Teller *g* getragene Stahlfeder *h* wirkt. Die Spannungen dieser Felder und des ihr entgegenwirkenden Schlauches sind so bemessen, daß sich bei Änderung des Dampfdrucks um ± 3 vH der Hilfssteuerkolben um ± 3 mm verschiebt.

Die Rückführung bildet die den Hilfssteuerhebel umgebende mit Schlitzen versehene Hülse *i*, die durch den Hebel *k*, die Stange *l*, den verstellbaren Hebel *m*, die Stange *n* und den Hebel *o* mit der Kolbenstange des Arbeitskolbens verbunden ist. Verstellt sich der Hilfssteuerkolben aufwärts oder abwärts, so tritt die Druckflüssigkeit über oder unter den Arbeitskolben und verstellt diesen aufwärts oder abwärts. Dadurch wird aber auch die Hülse *i* nachgezogen, bis sie die Kanäle der Hilfssteuerung abdeckt. Jeder Stellung der Metallschlauchmembran oder, besser gesagt, des elastischen Kolbens *a* innerhalb der Regelgrenzen von ± 3 mm entspricht also eine ganz bestimmte Stellung des Hilfssteuerkolbens *d*, der Rückführungshülse *i* und des Arbeitskolbens innerhalb der beiden Endstellungen.

Der Hebel *o* ist einerseits mit der Kolbenstange gelenkig verbunden und anderseits in der drehbaren

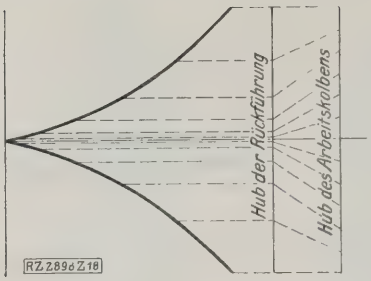



**Abb. 18**
Bewegungen des Drehpunktes $q$ in Abb. 16 und 17.

Hülse $p$ geführt. Die Stange $n$ ist bei $q$ mit dem Hebel $o$ gelenkig verbunden, und da dieser Punkt in der Mittelstellung des Reglers im Drehpunkt der Hülse $p$ liegt, so ist in dieser Mittelstellung die Wirksamkeit der Rückführung aufgehoben. Es ist sehr leicht, die Bewegungen des Punktes $q$ und damit der Rückführungshülse $i$ zu verfolgen. Der Punkt $q$ beschreibt von der toten Mittelstellung schräg nach oben und nach unten zwei gekrümmte Linien, s. Abb. 18, mit der Wirkung, daß der Hub der Rückführungshülse von der Mittelstellung aus nach den beiden Endstellungen hin dem Hub des Arbeitskolbens zunächst nacheilt, dann aber die Verzögerung wieder aufholt. Das anfängliche Nacheilen der Rückführungshülse aus der Mittelstellung heraus und das spätere Aufholen ist in Abb. 18 durch die gestrichelten Verbindungen veranschaulicht.

Diese eigenartige Bewegung der Rückführung bewirkt, daß bei halb geöffneter, etwa der mittleren Kesselbelastung entsprechenden Schieberstellung der Kesseldruck genau konstant bleibt und erst bei starker Überlastung oder Entlastung des Kessels die durch die Rückführung verursachte Druckabweichung von höchstens ± 3 vH wahrzunehmen ist. Mit der Hand kann man die Rückführung am Hebel $m$, Abb. 16, beeinflussen. Die Stange $l$ kann bis in den Drehpunkt des Hebels $m$ geschoben werden, so daß die Rückführung ganz aufgehoben ist. Durch Verstellen der Länge des Hebels $m$ kann man die Regelgrenze beliebig zwischen ± 3 und ± 0 vH bis dicht an die Grenze des Pendelns verkleinern und damit die kleinstmögliche Druckschwankung einstellen. Diese neuartige Rückführung ist erstmalig mit Erfolg bei Zwischendampfentnahme-Reglern zur Anwendung gekommen.

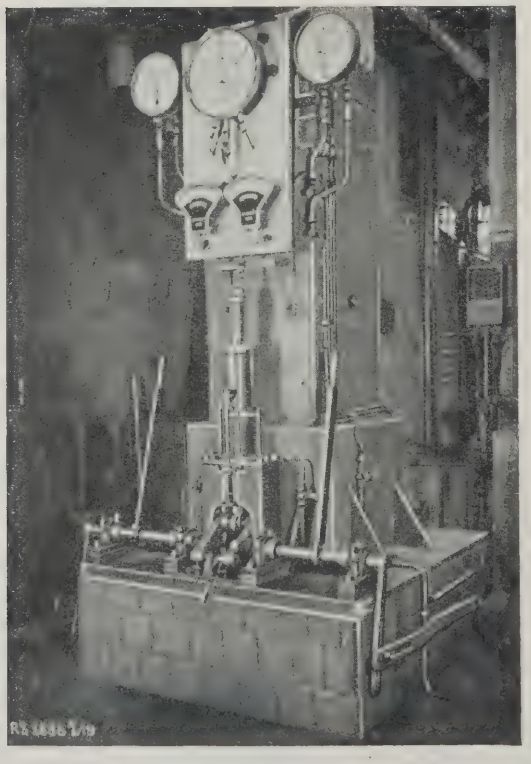


**Abb. 19**
Regler für den Rauchgasschieber.

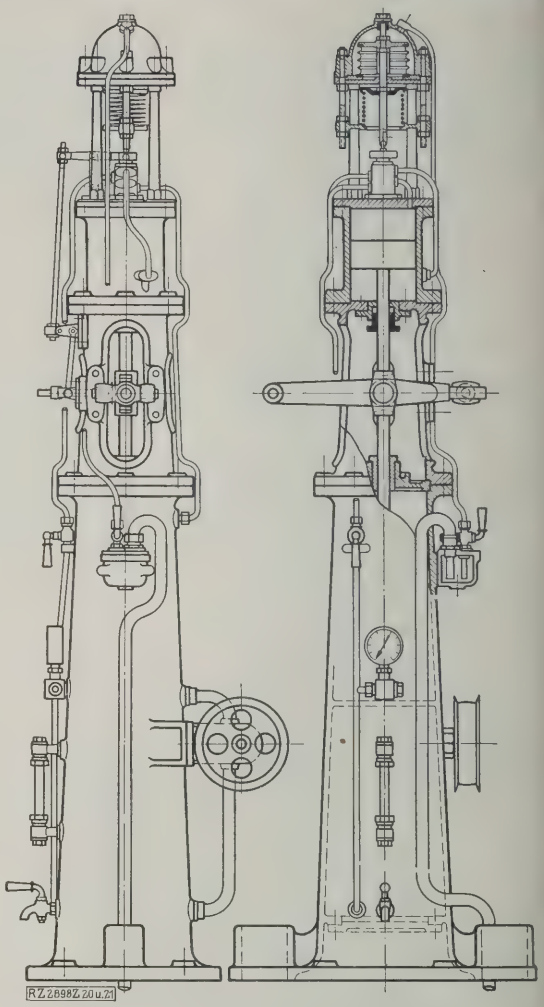



**Abb. 20 und 21**
Entwurf eines Reglers für den Rauchgasschieber einer ganzen Kesselbatterie mit eingebauter Öldruckanlage.

Abb. 19 zeigt den vollständigen Regler für den Rauchgasschieber, der an eine zentrale Öldruckanlage angeschlossen ist. Er bedient gleichzeitig den Versuchskessel und den danebenliegenden gleich großen Kessel. In Abb. 20 und 21 ist die Konstruktion eines größeren Reglers dieser Art für eine ganze Kesselbatterie dargestellt. Die Öldruckanlage ist hier in die Säule eingebaut. Abb. 22 schließlich zeigt einen der beiden Regler des Rostvorschubs für den mit zwei Feuerungen ausgerüsteten Versuchskessel. Der zweite Regler befindet sich auf der anderen Seite des Kessels; er ist im Hintergrunde von Abb. 19 sichtbar. Dieser Regler läßt sich auch bei Antrieb durch Drehstrom-Schleifringmotoren anwenden, ebenso wie man damit auch andre, nicht elektrisch angetriebene Roste durch die mit großer Kraft bewegte Stange des Reglers beeinflussen kann.

### Vorteile der neuen Feuerung

Es gelangt nur völlig ausgebrannte Asche in den Schlackenfall. Die vom Einfluß des Heizers ganz unabhängige Feuerführung bietet zum erstenmal die Möglichkeit, den Kohlensäuregehalt der Rauchgase als zuverlässiges Maß für die Güte der Verbrennung zu benutzen. Der Heizer hat nur die bei ungleichmäßiger Kohle sich bildenden Löcher zu überdecken und damit ein vorübergehendes Absinken des Kohlensäuregehaltes zu verhüten. Sein Dienst ist also nicht etwa zu völliger Einflußlosigkeit auf die Wirtschaftlichkeit des Kesselbetriebes herabgedrückt.

Der Einführung von Heizerprämien nach Maßgabe der Kohlensäuremessungen stehen bei Anwendung dieses Rostvorschub-Reglers keine Bedenken mehr entgegen.

ie Kesselanlage arbeitet mit dem natürlichen Zug eines m hohen Schornsteins und verbraucht nur Nußkohle Körnung 2 und 3. Bei kleinerer Körnung läßt sich der trieb nicht mehr aufrechterhalten. Um so mehr überschte ein Versuch, auf der neuen Feuerung Rätterkohle verbrennen. Mit diesem überwiegend aus feinkörnim Grus bestehenden Brennstoff konnte bei 7 cm Schütthe die volle Kesselleistung spielend gehalten werden. a der freie Luftquerschnitt des neuen Rostes gegener dem alten Rost nicht geändert wurde, so bleibt nur e Erklärung übrig, daß die viel feiner verteilte Luft id die Reinheit der Spalten nach jedem Rostumlauf, elleicht die bessere Rostkühlung oder die daraus folnde höhere Vorwärmung der Verbrennungsluft diesen erraschenden Erfolg herbeigeführt haben.

Die Rosthersteller behaupten, daß sie mit Wanderstfeuerungen bei starken Lastschwankungen ebenso he Leistungen erzielen wie mit Kohlenstaubfeuerungen. ie Gegenseite weist aber auf den überaus hohen Verhleiß an Roststäben hin, den eine solche Überanstrenng des Rostes zur Folge habe. Die Ergebnisse der uen Feuerung berechtigen aber zu dem Schluß, daß eser Pendelrost auch hohen Beanspruchungen standhält.

Trotz der starken Schwankungen, die der Versuchsssel als Spitzenkessel aufzunehmen hat, arbeitet seine lbsttätige Regelung ohne Störung. Der unter dem Einuß des Dampfdrucks stehende Regler für den Rauchgashieber ändert zuerst die Zugstärke, wodurch er die erbrennung beschleunigt oder verzögert. Unter dem influß der Verbrennung wiederum steht die gekühlte bstreiferspitze, die als Fühler die Geschwindigkeit des ostes mit der der Verbrennung in Einklang bringt. Der egler für den Rostvorschub steht also mittelbar unter m Einfluß des Reglers für den Rauchgasschieber. Die egelvorgänge folgen dabei so schnell und feinfühlig aufnander, daß der in den Arbeitspausen fast leerlaufende essel bei Arbeitsbeginn die plötzlich und steil bis zur olleistung steigende Belastung anstandslos aufnimmt. ei plötzlicher Entlastung bis zum Leerlauf schließt sort der Rauchgasschieber und unmittelbar darauf sinkt ie Rostgeschwindigkeit so rasch bis zum Stillstand, daß nverbranntes weder unter noch über den Abstreifer nd von da in den Schlackenfall gelangt.

Abb. 23 zeigt das Kohlensäurediagramm des neunündigen Betriebs. Die unter einem Fabrikgebäude einebaute Kesselanlage von insgesamt 1500 m² wasserrührter Heizfläche besteht aus sogenannten Sicherheitsöhrenkesseln, die aus sicherheitspolizeilichen Gründen einen Oberkessel haben dürfen, dafür aber mit verhältismäßig großen, z. T. als Dampftrockner wirkenden berhitzern von je 100 m² Heizfläche, d. h. 40 vH der asserberührten Heizfläche, versehen sind.

Trotzdem also der Versuchskessel geringes Speichervermögen hat und sich infolgedessen die Lastschwankunen sofort bemerkbar machen, folgen die beiden Regler der Änderung des Betriebszustands so schnell, daß der ohlensäuregehalt nur ganz kurze Zeit auf etwa 10 vH bsinkt, um sogleich wieder anzusteigen. Von 10 Uhr is 11,25 ist der Betrieb einigermaßen gleichmäßig; für iesen Zeitabschnitt zeigt das Kohlensäurediagramm fast leichmäßig 12 vH. Während der ganzen übrigen, von

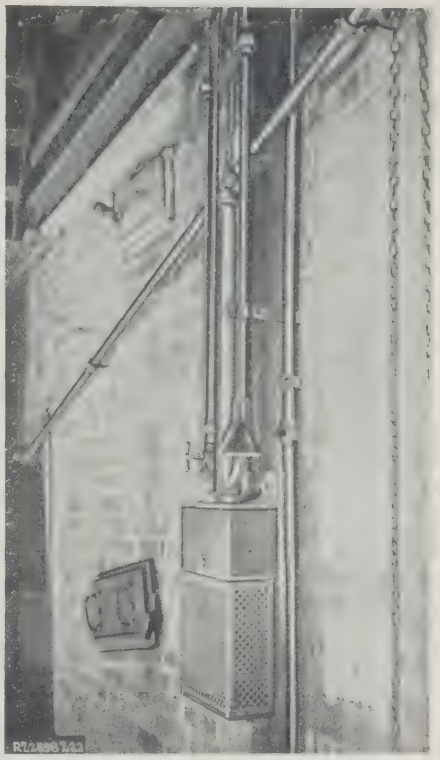


Abb. 22. Vollständiger Regler für den Rostantrieb.

starken Schwankungen angefüllten Betriebszeit ändern sich die Stellung der Rauchgasschieber und die Rostgeschwindigkeit des Spitzenkessels fortwährend.

[B 2898]

## Mischungsverhältnis und Verbrennungsvorgänge im Ölmotor

### Nachschrift

Mein Aufsatz in Z. Bd. 73 (1929) S. 824 veranlaßte zwischen Herrn *Wa. Ostwald* in Heppenheim und mir einen Briefwechsel, auf Grund dessen ich folgendes nachtragen möchte:

Der Abschnitt über die Auspuffanalyse mit der graphischen Darstellung des Mischungsverhältnisses in dem Buch von *Dietrich-Helfenberg* stammt, wie auch der Verfasser angibt, von *Wa. Ostwald*. *Ostwald* war es wohlbekannt, daß außer CO auch noch andre noch brennbare Gase im Auspuff eines Ölgemischmotors auftreten. Er hat diese jedoch bei Berechnung des Mischungsverhältnisses aus der Analyse vernachlässigt, und zwar, wie ich selbst schon gesagt habe, ohne dadurch bei nicht zu fetten Gemischen unzulässig große Fehler zu machen. Die Berücksichtigung dieser Bestandteile würde erstens eine betriebstechnisch viel zu umständliche Analyse voraussetzen und wäre auch wohl mit einfachen, zeichnerischen Hilfsmitteln kaum zu erreichen.

*Ostwald* hat mich außerdem darauf aufmerksam gemacht, daß auch noch andre Ursachen unvollkommener Verbrennung vorhanden sein können, wie unrichtige Ventileinstellung, zu später Zündzeitpunkt, schlechte Zerstäubung und ungenügende Luftvorwärmung. [N 3342] *P. Meyer*

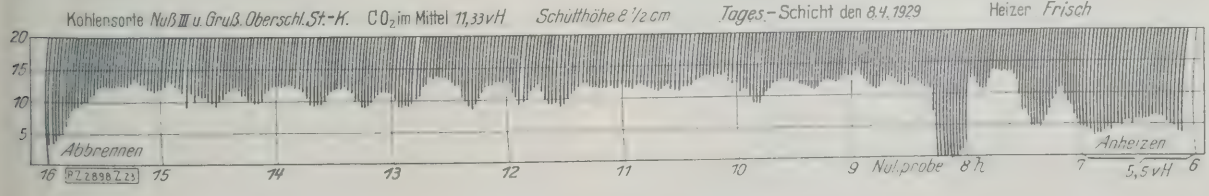



Abb. 23
Kohlensäurediagramm.

# Konstruktiver Unfallschutz in der mechanischen Werkstatt

*Von Dr.-Ing. BERTOLD BUXBAUM, Berlin-Charlottenburg.*

*Neuzeitliche Grundsätze für den Unfallschutz an Metallbearbeitungsmaschinen. Beispiele aus der deutschen und amerikanischen Praxis: Handlichkeit, Selbsttätigkeit, Antrieb, umlaufende Spindeln, Maschinenwerkzeuge und Späne, Schmierung. Unfallschutz und Ertragsteigerung.*

Früher erschöpfte sich der Begriff des Unfallschutzes in solchen konstruktiven Maßnahmen, die unmittelbar beim Bau der Maschine oder des Werkzeugs in die Erscheinung traten oder nachträglich durch Anbau von Schutzblechen, Gittern, Kappen usw. geleistet wurden. Wir wissen heute, daß die weitaus größte Zahl der industriellen Unfälle nicht auf die Maschinen, sondern auf solche Vorfälle zurückzuführen ist, die auch im gewöhnlichen Leben, vor allem im Verkehrswesen den größten Anteil an Unglücksfällen tragen, Vorfälle wie Stürze, Verletzungen allgemeiner Art u. ä. Trotzdem darf man den konstruktiven Unfallschutz keineswegs als unwichtig ansehen und muß seine neueste Entwicklung verfolgen. Er ist in die Maschine hineingewandert, und zwar in doppeltem Sinne: entweder ist die Form der leistungsfähiger gewordenen Maschine an sich geschlossener geworden, oder die schützenden Teile wurden von vornherein so angebaut, daß sie äußerlich mit der Maschine ein Ganzes bilden und nicht mehr als nachträglich angeflickte Behelfe durch primitive Formgebung und ihren roten Anstrich auffallen.

In welcher Weise haben sich nun grundsätzliche Änderungen in der Metallbearbeitung vollzogen?

### Handlichkeit

Die einfachste Gütesteigerung einer Maschine ist die Hebung ihrer Handlichkeit. Es gibt keine konstruktive Maßnahme, die so wenig Geld kostet und doch beim Verkauf so gut ausgewertet werden kann wie die Verkürzung der Bedienungszeiten durch Verbesserung der Handgriffe einer Maschine. Eine einmalige geistige Arbeit des Konstrukteurs läßt sich hundertfach und tausendfach auf ganze Serien gleicher Maschinen ohne weitere Mehrarbeit in der Werkstatt und ohne Mehrverbrauch an Werkstoff übertragen. Trotzdem muß man an zahllosen Maschinen feststellen, daß auf diesen Gesichtspunkt nicht der genügende Nachdruck gelegt worden ist. Viele Maschinen erreichen die führenden amerikanischen Bauarten in der Spanleistung, stehen aber in der Handlichkeit hinter ihnen zurück. Bekanntlich war gerade die Handlichkeit diejenige Waffe, mit der die amerikanische Maschine vom Ende der sechziger Jahre des vorigen Jahrhunderts ab die englische Maschine rettungslos besiegte; gleichzeitig war sie das neue Vorbild des damaligen deutschen Werkzeugmaschinenbaues.

Abb. 1 zeigt als Beispiel einen Waagerechthobler (Shaper), bei dem alle Handhebel, die zur Betätigung der Kupplung und der Geschwindigkeitstufen dienen, bis vorne durchgezogen sind. Gerade diese Maschinenart, die meist vom Werkzeugmacher benutzt wird und auf der meist kleine Flächen zu bearbeiten, also viele Schaltungen auszuführen sind, erfordert eine Betätigungsmöglichkeit von e i n e r Stelle aus.

Eine anschauliche Darstellung der Schritte, die der Mann an einer handlich und an einer unhandlich gebauten Hobelmaschine vornehmen muß, zeigen Abb. 2 und 3; bei der richtigen Maschine kann er am gleichen Platze stehen bleiben. Noch klarer ist das Werbebild einer Radialbohrmaschine, Abb. 4 und 5, auf dem der Arbeiter in fünf verschiedenen Stellungen abgebildet ist; er muß sie einnehmen, um den alten Nortonräderkasten links von der Säule und die anderen Stellen zu betätigen, während der ganze Bewegungskreis, auf dem er sich bei der neuen Maschine zu bewegen hat, nur etwa ¾ m im Dmr. mißt.

Unnötige Griffe, Ortsveränderungen und Körperbewegungen, wie Bücken, bedeuten Zeit- und Kraftverluste, die die Leistung herabdrücken, und gleichzeitig Unfallmöglichkeiten. Durch eine unhandliche Maschine wird der Arbeiter verärgert. Das hängt nicht nur damit zusammen, daß er sich mehr anstrengen muß, sondern auch mit der Bedrückung seines fachmännischen Gefühls, wenn er weiß, daß bessere Maschinen dieser Art bestehen, an denen er vielleicht an anderer Stelle schon gearbeitet hat, oder an denen seine Arbeitsgenossen müheloser arbeiten. Das bekannte amerikanische Wort „keep smiling" sollte sich jeder Konstrukteur vor Augen halten. Aber dieses Lächeln soll keine äußere starre

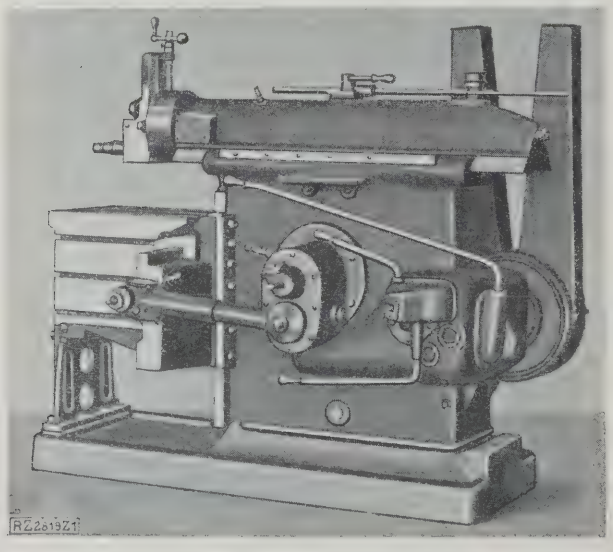


**Abb. 1**
Waagerechthobler (Shaper) mit besonders handlicher Hebelanordnung.

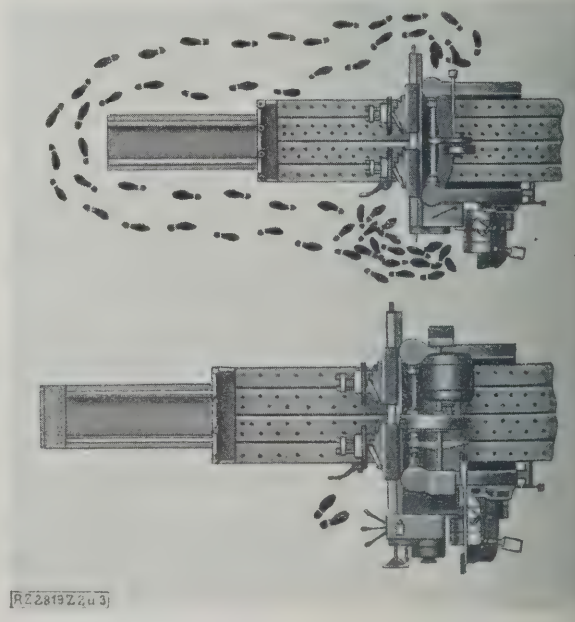


**Abb. 2 und 3**
Hobelmaschine mit guter Griffigkeit vom Stand und Gegenbeispiel.

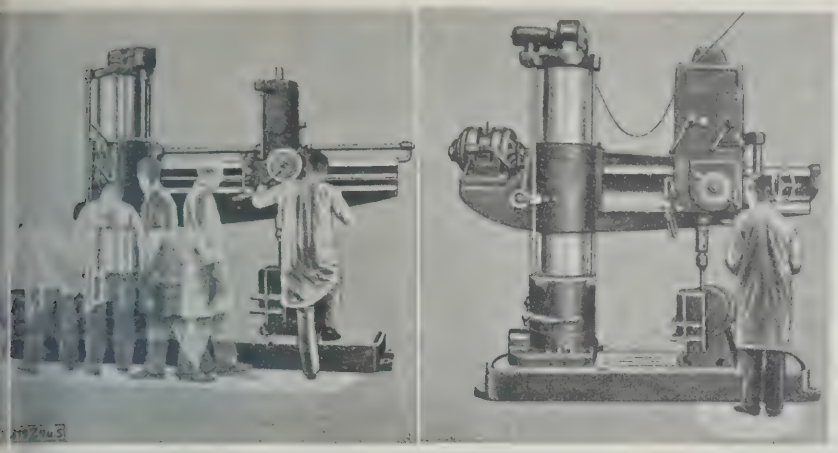


Abb. 4 und 5
Radialbohrmaschine mit guter Griffigkeit vom Stand und Gegenbeispiel.

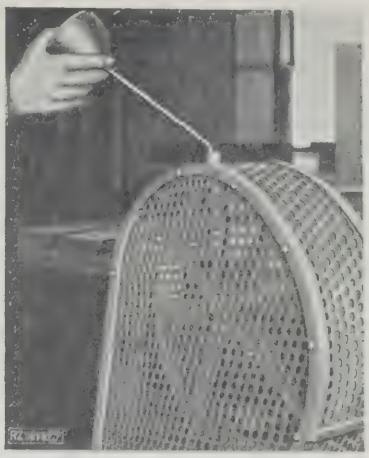


Abb. 7
Schutzhaube mit äußerer Schmierstelle (kein Abnehmen zum Schmieren!).

ske sein, sondern es muß von innen heraus kommen. Es Moment ruiger Arbeitsfreude ist wichtig für Verhütung von Unfällen. Eine unzugängliche Schraube oder Mutter, ein verbauter Räderkasten, aus dem man einen zerbrochenen Wellenkeil nicht herausbringen kann und ähnliches wirkt derartig verbitternd auf Arbeiter — Meister — Betriebsleiter — Einkauf, daß bei Federbedarf an gleichen Maschinen der Konkurrenz häufig ein Geschäft in den Schoß fällt, ohne daß sie weiß, wie sie dazu kommt.

Die Sicherung der Maschine und der Werkzeuge gegen falsche Bedienung, die Eigenschaft des „fool-proof", gehört auch zur Handlichkeit im weiteren Sinne und soll als solche hier ausdrücklich unterstrichen werden. Schaltet man Betriebstörungen ganz aus, so fallen auch Verletzungen weg — sie müssen wegfallen, denn Verletzung bedeutet umgekehrt wieder Betriebstörung. Daß die Amerikaner auf Verriegelungen und sonstige Sicherungen viel Wert legen, geht schon aus der außerordentlich sprechenden Bezeichnung „fool-proof" hervor, für die wir leider keinen gleichwertigen Ersatz haben.

Die Handlichkeit des elektrischen Antriebes ist bekannt; die Vorzüge dieser Antriebsart im Sinne des Gemas werden nachher noch zusammengefaßt.

### Selbsttätigkeit

Jede Automatisierung wirkt, sofort oder nach einer gewissen Übergangszeit, im Sinne des Unfallschutzes. Daß sie zum Abbau von Arbeitern führt, gehört nicht hierher.

Abb. 6
Amerikanisches Plakat: „Aufbringen der Schutzhauben nicht vergessen".

Das letzte Ziel ist die Werkzeugmaschine, die ihren Weg allein geht, in die man nur Rohstoff und Energie steckt und die dafür fertige Werkstücke liefert. Betont sei, daß die Automatie auf jeder Stufe der Technik ihren Größtwert oder ihren Bestwert hat, über den hinaus eine Steigerung der Wirtschaftlichkeit der Werkstätten nicht möglich ist, und daß von diesem Grenzpunkte ab eine weitere Erhöhung der Erzeugungsmengen keine Gewinnerhöhung für die Einheit mehr bringen kann. Von da ab können eben nur gleichartige Maschinen höchster Leistung rein quantitativ nebeneinander gestellt werden.

### Antrieb

Die Vereinfachung der Räderkästen, die in den letzten Jahren Tatsache geworden ist, stellt ein erhebliches Unfallverhütungsmoment dar. An die Stelle der unnötig verwickelten Räderkästen ist der Schieberäderkasten für den Hauptantrieb getreten, während für den Vorschub die Nortonschwinge vorherrscht. Daß der Schieberäderkasten handlich ist, braucht nicht erst bewiesen zu werden, denn er stammt aus dem Kraftwagenbau, und die Bewegungsmechanismen, die der Kraftwagenfahrer in sitzender Stellung mit der rechten Hand und den Füßen zu bedienen hat, während er den Straßenverkehr, den Schutzmann, den Motor, die Bremse und sonst noch einiges zu beobachten hat, sind handlich, denn sonst wären sie unbrauchbar.

In diesem Sinne wirkt auch die neuzeitliche Einzweckmaschine, bei der der Räderkasten gänzlich in Fortfall kommt und durch lose aufgesteckte Wechselräder ersetzt wird. Hier laufen überhaupt keine unbelasteten Räder mit, die eine Gefahr für den Mann und eine Lärmursache bilden können, sondern es sind immer nur die Räder aufgesteckt, die für den besonderen Zweck benötigt werden. Natürlich lohnt sich das nur in der Massen- und Mengenfertigung. Die Fritz Werner A.-G., Berlin-Marienfelde, hat den Bau derartiger Einzweck-Fräsmaschinen mit wechselbaren Zahnrädern, die Wesselmann-Bohrer-Co. A.-G., Gera-Zwötzen, neuerdings den von Schnellbohrmaschinen mit wechselbaren Riemenscheiben aufgenommen. Das ist nachahmenswert.

Daß die Stufenscheiben bei großen Maschinen über etwa 5 PS, vielfach sogar über 3 PS, durch Räderkästen mit Einscheibe ersetzt werden, und daß die Notwendigkeit, Riemen entweder mit der Hand oder mit Holzstangen umzulegen, eine Gefahr darstellt, braucht nur angedeutet zu werden. Die Gefahr, sich am Riemenverbinder die Hand aufzureißen, ist an neuzeitlichen Maschinen mit breitem Riemen vermieden, und den mehr oder weniger Behelfsmittel darstellenden Riemenumlegern bleiben nur noch kleine Anwendungsgebiete. Wie wichtig dies ist, ist daraus zu ersehen, daß in einer größeren Maschinenfabrik mit Transmissionsantrieb allein im letzten Halbjahr elf

Handverletzungen durch verschlissene Riemenverbinder vorgekommen sind, davon zwei schwerer Natur.

Auch die endlosen Keilriemen aus Textilgummi (ohne Schloß), die sich in den allerletzten Jahren als Hauptantriebsmittel vielfach durchsetzen, sind in diesem Zusammenhang als unfallsicher zu erwähnen. Auch dieses Element stammt aus dem Kraftfahrzeugbau, bedurfte aber zwecks vorteilhafter Übernahme durch den Werkzeugmaschinenbau einer neuen Formgebung unter Wegfall des Schlosses.

An Werkzeugmacher-Drehbänken werden wir weiterhin noch mit losen Wechselrädern rechnen müssen, und zwar auch an Bänken mit Vorschubräderkästen, da für Sonderzwecke doch besondere Räder aufzustecken sind; außerdem kann man bekanntlich ganz genaue Gewinde nicht mit Räderkästen schneiden. Aber die losen Räder könnten versteckter sitzen als heute.

Sind Schutzhauben nicht zu entbehren, so kommt es darauf an, daß sie nach dem Auswechseln der Räder auch wieder aufgesetzt werden. Als Erinnerung dazu dient das in Abb. 6 dargestellte amerikanische Plakat. Man soll auch überall, wo angängig, die Ölstellen aus der Schutzhaube heraus nach außen legen, damit sie zum Schmieren nicht abgenommen werden muß, Abb. 7.

An sich ist der konstruktive Unfallschutz in Amerika nicht viel anders als bei uns. Allenfalls kann man oder konnte man in den letzten Jahren oder Jahrzehnten feststellen, daß manche Werkzeugmaschine weiter entwickelt war als sonstwo, und im Stile ihrer höheren Konstruktionsentwicklung mehr das war, was der Amerikaner „self contained" nennt, d. h.: ihre beweglichen Teile sitzen mehr innen, nach außen bietet sie einen geschlossenen organischen Anblick dar. Mit dieser wirtschaftlichen Maßnahme wird ohne weiteres Hinzutun ein gesteigerter Unfallschutz geboten: Die so gebaute Maschine ist von selbst „fool-proof". Das gilt übrigens durchaus nicht von allen amerikanischen Maschinen, vor allem nicht von Pressen und schweren zerspannenden Maschinen, deren konstruktive Entwicklung mehr in Deutschland als in Amerika gefördert wurde.

Weiterhin ist bemerkenswert, daß sich drüben eine Schutzvorrichtungsindustrie aufgetan hat, die nicht nur bemerkenswerte und nützliche Dinge auf dem Gebiete der Leitern, Brillen, Schürzen, Schuhe usw. liefert, sondern auch Schutzgitter mit den dazu gehörigen Rahmen, und zwar entweder fertig oder besser als Halbfabrikate für Selbstherstellung. Das ist nachahmenswert. Aus Profilblech hergestellte Rahmeneisen werden in passender Länge von der Stange abgeschnitten und mit Eckstücken verbunden. Das Drahtgitter oder Streckmetall wird entsprechend ausgeschnitten und befestigt, Abb. 8. Ermöglicht oder zum mindesten gefördert wurde die Bildung besonderer Lieferwerke für Schutzvorrichtungen dadurch, daß diese Vorrichtungen vom American Engineering Standards Committee weitgehend genormt worden sind[1]).

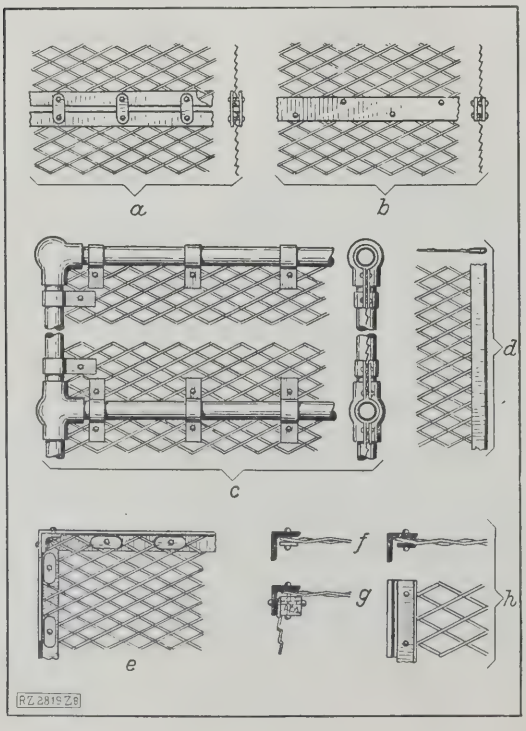
Wichtig für größere Maschinen, die von der Transmission angetrieben werden, ist die rasche Bremsung und zwar sowohl im Sinne der wirtschaftlichen Fertigung als der Unfallverhütung. Der Arbeiter wird nicht in Versuchung geführt, mit der Hand auf einer Scheibenstufe oder am Werkstück zu bremsen, und er kann bei Gefahr die Maschine rasch anhalten. Abb. 9 zeigt eine Reibkegelbremse, die beim Ausschalten der Lamellenkupplung zwangläufig angezogen wird. Beim Motor-Einzelantrieb ist diese Bremse ebenso wie die Kupplung entbehrlich. Man beachte die bequeme Zugänglichkeit der Nachstellung der Lamellenkupplung, die auch vom Autobau übernommen wurde, und vergleiche damit die schwere Zugänglichkeit der Nachstellschrauben der früher so beliebten Spreizringkupplung. Daß die Kupplung die Fest- und Losscheibe und damit die Einrückstange, die sich gelegentlich von selbst verschiebt, ersetzt, ist ein großer Gewinn im Sinne des Unfallschutzes. Bremsen fanden sich auch bei einem Teil der auf der letzten Leipziger Frühjahrsmesse ausgestellten Leichtmetall-Bearbeitungsmaschinen, aber nicht bei allen, und gerade diese Schnellläufer müßten sie stets haben.

Daß der Kuppelstift an Stufenscheibendrehbänken mit Rädervorgelege, d. h. der Stift zwischen großem Vorgelegerad und Stufenscheibe, verdeckt liegen muß, damit er

**Abb. 8**
Profilblech-Rahmeneisen für Schutzgitter.

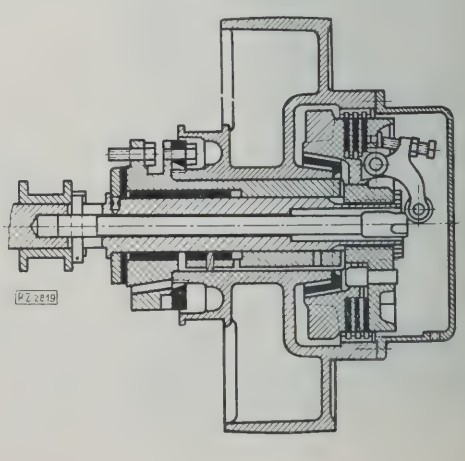
*a* und *b* Verbindungen für Streckmetall
- *a* U-förmige Kantenbleche mit Laschenverbindung (verschraubt oder vernietet); größte Entfernung der Laschen 300 mm
- *b* Flacheisen (verschraubt oder vernietet); größte Entfernung der Bolzen oder Nieten 150 mm

*c* Verbindung von Streckmetall mit Gasrohr. Größte Entfernung der Laschen 375 mm
*d* U-förmig gebogene Blechleisten zum Schutz der Streckmetallkanten (festgeklemmt)
*e* bis *h* Verbindungen von Streckmetall mit Winkeleisenrahmen
- *e* und *f* verschraubte oder vernietete Klemmlaschen; größte Entfernung der Bolzen oder Nieten 300 mm
- *g* Ausfüllung des Winkeleisenrahmens durch Holzleisten
- *h* Ersatz der Laschen und Holzleisten durch verschraubtes oder vernietetes Flacheisen




[1]) „Safe practices", herausgegeben vom National Safety Council

**Abb. 9**
Reibkegelbremse einer amerikanischen Drehbank (Le Blond).



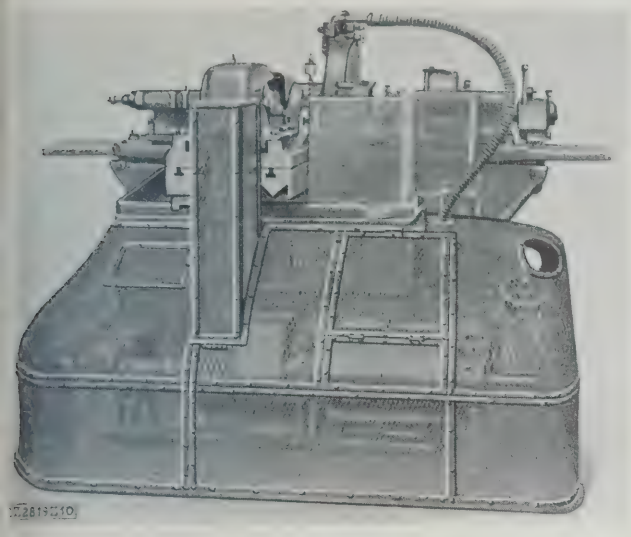


Abb. 10
Ungefüge Einkapselung einer Schleifmaschine ohne Einzelantrieb.

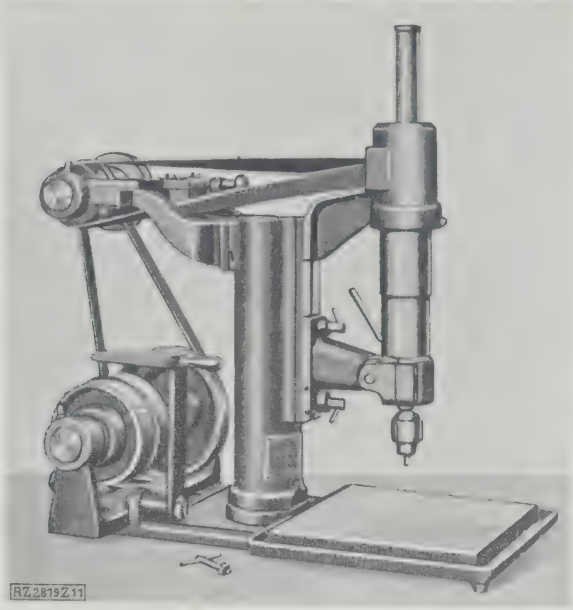


Abb. 11
Teleskopartiges Schutzrohr an einer Bohrmaschine.

cht gelegentlich einen Finger der auf das Hauptspindellager legten Hand abschlägt, versteht sich eigentlich von selbst.

Die Vorzüge des elektrischen Antriebes vor em Transmissionsantrieb sind so oft und so gründlich rörtert worden, daß ich mich nur auf einzelne Hinweise beschränken brauche. Der neueste und sicherste Antrieb ist der unmittelbare elektrische Einzelantrieb durch ahnräder oder besser noch durch Flanschmotor, wobei berhaupt jeder Riemen wegfällt. Die noch vor kurzer eit gegen diese Bauart vorgebrachten Bedenken, wie ehlen des elastischen Zwischengliedes, sind heute fast anz verstummt.

Die Übersichtlichkeit der von waagerechten und senkechten Riemen befreiten Werkstätten, der Zutritt von icht, die Staubfreiheit, der Wegfall von Transmissionen nd Deckenvorgelegen mit ihren Ölstellen, von Riemen nd Riemenverbindern sind wesentlich sicherheitsförernd. Der Wegfall der Durchbrüche in den Decken nd Fußböden erhöht die Feuersicherheit; also nicht nur nfallschutz, sondern auch Feuerschutz und gesundheitche Vorteile. Die Zeit, da die halben Maschinen an der ecke hingen, scheint ihrem Ende zuzugehen. Einen bergang bilden noch solche Maschinen, vor allem chleifmaschinen, an deren Rückseite das Vorgelege anebaut ist, da die betreffenden Lieferer den Schritt zum inzelantrieb noch nicht gewagt haben. Wie ungefüge ie Einkapselung einer derartigen Maschine wirkt, sieht an aus Abb. 10.

Erwähnt sei noch die Bequemlichkeit und Ungefährichkeit der Regelung der Geschwindigkeiten durch den Regelmotor im Vergleich mit dem Räderkasten. Hier st gar kein oder nur ein festes Räderpaar erforderlich, nd Gefahren sind so gut wie ausgeschaltet. Die Leipziger rühjahrsmesse zeigte eine Bohrmaschine (Wesselmann-ohrer-Co. A.-G., Gera-Zwötzen) und eine Rundschleifaschine (J. E. Reinecker A.-G., Chemnitz-Gablenz) mit ngebautem Drehstrom-Gleichstrom-Umformer, der die elbstherstellung des zum Feinregeln benötigten Gleichtromes in der Maschine ermöglicht. Das macht sich ezahlt.

Erheblich unfallverhütend ist die Steuerung elektrisch ngetriebener Maschinen durch Druckknöpfe, die natürich so abgedeckt werden müssen, daß kein ungewolltes inrücken erfolgen kann. Ferner die Höchststrom- und Mindeststrom-Ausschalter, die nicht nur die überlasteten Maschinen ausrücken, sondern auch bei Aussetzen des tromes abschalten, so daß bei plötzlichem Wiedereinsetzen es Stromes kein unbeabsichtigtes Wiedereinrücken der Maschine erfolgen kann.

Die Elektrotechnik ist überhaupt mit ihrer raschen Anpassung an den Fortschritt der Technik vorbildlich. Sie verlangt, daß alle Maschinen Schutzerdung haben müssen. Sie hat kürzlich die Schutzfassungen für Glühlampen eingeführt. Sie setzt ihr VDE-Zeichen auf alle wirklich sicheren Geräte und gibt ihnen damit den amtlichen Unfallstempel usw. Übrigens kann gesagt werden, daß die gewerblichen elektrischen Installationen in Amerika nicht auf der Höhe der deutschen stehen.

Eine Ergänzung des elektrischen Antriebes bildet die in den letzten Jahren sehr stark eingeführte Hydraulik, für die ähnliches gilt wie für den elektrischen Strom, nämlich: völlige Verkapselung und Wegfall der Rädergetriebe. Insbesondere für die Vorschubbewegung an Schleifmaschinen sind hydraulische Glieder in sehr großem Umfange aufgenommen worden, ferner an Räummaschinen und Bohrmaschinen. Vor eineinhalb Jahren hat die Cincinnati Milling Machine Co. auch gewagt, große Fräsmaschinen mit hydraulischem Tischvorschub auszurüsten; dem ist die Sundstrand Machine Tool Co. neuerdings gefolgt. Die Hydraulik bewältigt gewaltige Kräfte mit einfachsten gefahrlosen Mitteln. Für umlaufende Hauptantriebe dagegen scheint der elektrische Motor der Hydraulik stets überlegen zu bleiben.

Auch die Druckluft hat sich in den mechanischen Werkstätten neue Gebiete erobert und mechanische Übertragung ersetzt; beispielsweise für die Bewegung von Dornpressen und Spannwerkzeugen. Allerdings kann man ein Spannfutter an einer Drehbank, das während des Ganges der Maschine betätigt wird, nicht als unfallsicherer bezeichnen als die gewöhnlichen Spannfutter, die zur Betätigung ein Stillsetzen der Maschine verlangen. Hier läuft Unfallschutz nicht immer gleich mit Rationalisierung, er verlangt vielmehr besondere zusätzliche Vorkehrungen. Bei einfachen glatten Teilen ist das Einspannen während des Laufens der Maschine ungefährlich. Sperrige Teile aber werden so plötzlich mitgerissen, daß man bei diesen auf die Mehrleistung durch ununterbrochenes Laufenlassen der Maschine verzichten muß. Das gilt für Drehbänke, Revolverbänke und mehrspindlige Halbautomaten mit umlaufenden Werkstücken, nicht dagegen für solche mit umlaufenden Werkzeugen, bei denen die Werkstücke still stehen. Bei kleinen sperrigen Stücken kann man sich übrigens durch außen glatte Zwischenfutter helfen, in die die Stücke außerhalb der Maschine eingelegt werden; das Einsetzen des geladenen Zwischenfutters in das Maschinenfutter ist dann gefahrlos.

Es sind auch seit einigen Jahren mechanische Futter von Amerika auf den Markt gekommen, die, ähnlich wie die Druckluftfutter, während des Laufens der Maschine betätigt werden. Maschinen mit elektrischem Einzelantrieb brauchen diese Futter nicht, da der Arbeiter solche Maschinen, beispielsweise Revolverdrehbänke, durch Umschalten des Motors so rasch abzubremsen pflegt, daß ein Zeitgewinn durch Spannen auf der laufenden Maschine nicht mehr erzielt werden kann.

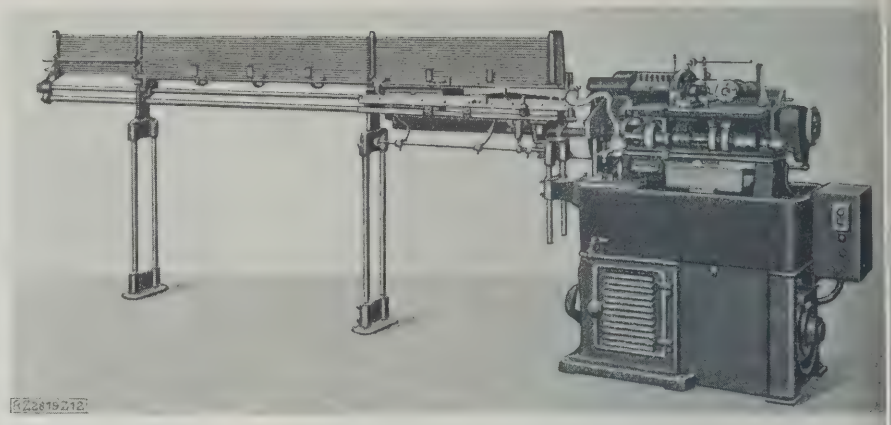


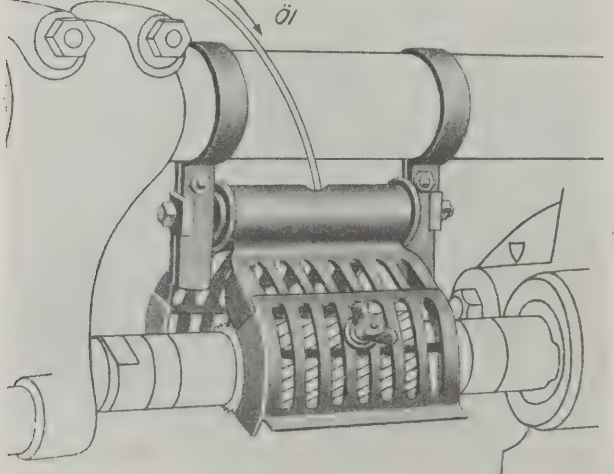
Abb. 12
Stangenmagazin der Brown & Sharpe-Automaten.

**Umlaufende Spindeln, Stangen usw.**

Die erhöhten Drehzahlen haben einen gesteigerten Unfallschutz zu einer unbedingten Notwendigkeit gemacht. Besonders Bohrmaschinen laufen bekanntlich seit einigen Jahren mit erheblich höheren Drehzahlen als früher (bis 20 000 U/min), so daß der eigentliche Bohrvorgang gegen die Handzeiten an der Bohrmaschine ganz zurücktritt. Aber auch Drehbänke und Fräsmaschinen, zumal solche für Diamantwerkzeuge sowie für Hartmetallwerkzeuge laufen mit 3000 U/min und mehr, Drehzahlen, die an die der schnellen Automaten heranreichen. Ein großer Vorteil im Sinne des Unfallschutzes ist der Schutz des Bohrers. Bohrspindeln, die mit 10 000 U/min oder noch mehr arbeiten, brauchen für eine Umdrehung einen so kleinen Vorschub, daß kein nennenswertes Drehmoment mehr vom Bohrer zu leisten ist, und Bohrerbruch mit der Möglichkeit von Unfällen durch umherfliegende Stücke kaum mehr eintritt. Im gleichen Sinne wirken die in den letzten Jahren aufgekommenen Schleifmaschinen für dünne Spiralbohrer, die früher noch ganz fehlten.

Eine amerikanische und eine englische Firma schützen die Arbeiterinnen an ihren Bohrmaschinen gegen das bei den alten Maschinen so gefährliche Verwickeln des Kopfhaares durch teleskopartige Rohre, die sich beim Auf- und Abbewegen der Spindelführung in- und auseinander verschieben, Abb. 11. Selbstverständlich ist der Riemen selbst durch eine Haube geschützt. Diese Teleskoprohre sollten alle Bohrmaschinenfirmen mitliefern. Sie finden sich neuerdings auch an den Vorschubspindeln einer amerikanischen Fräsmaschinenart. Vor einigen Jahren lieferte eine amerikanische Bohrmaschinenfabrik an Stelle der Teleskoprohre eine große, weiche Kegelschraubenfeder mit, die die Spindel völlig abdeckte, sich zusammenschob und wieder auseinanderstreckte. Neuerdings hat sie diesen Schutz durch ein Teleskoprohr ersetzt.

Abb. 13. Fräserschutz durch verstellbare Segmentkappe.




Bei den schnellaufenden Drehbänken bestehen diese Schutzmöglichkeiten nicht, aber der verminderte Spanquerschnitt der neuesten Schneidwerkzeuge (Hartmetalle und Diamanten) ist an sich trotz der hohen Drehzahlen, die eben beherrscht werden müssen, ein Sicherheitsfaktor.

Die Gefahren der Stangen in Automatensälen sind bekannt, sowohl bei ihrer Beförderung als auch beim Einlegen in die Maschine und infolge des Mitlaufens der aus der Spindel herausragenden Enden. Die amerikanische Firma Brown & Sharpe hat vor kurzem ein Stangenmagazin für ihre Automaten auf den Markt gebracht, durch das die Zufuhr neuer Stangen stundenlang selbsttätig erfolgt, solange, bis das Magazin leer ist. Also eine weitere Mechanisierung und Automatisierung der Arbeit unter gleichzeitigem Unfallschutz, Abb. 12, die besonders bei solchen Werkstücken in die Erscheinung tritt, die lang und einfach sind, also bei häufigem Stangenwechsel. Leider ist das Magazin nur zusammen mit den Maschinen der genannten Firma erhältlich.

Daß die an alten Werkzeugmaschinen gebräuchlichen Mitnahmekeile mit Nasen heute nicht mehr vorkommen dürfen, ist selbstverständlich; ebenso daß Handräder für Tischverstellung, die bei alten Werkzeugmaschinen oft bei hoher Geschwindigkeit mitliefen, selbsttätig ausgerückt und nur dann eingerückt werden, wenn sie gebraucht werden. Das ist besonders angesichts der heute vielfach gebräuchlichen Eilgänge wichtig, die ja übrigens an sich, soweit sie den Rücklauf betreffen, für den Bedienungsmann unfallsicherer, weil weniger ermüdend, sind als das bisher gebräuchliche langweilige Zurückkurbeln langer Schlitten. Dagegen wäre oft ein Schutz vorübergehender Leute gegen den rasch zurückfahrenden Schlitten empfehlenswert. Die beiden Firmen Ludw. Loewe A.-G., Berlin, und die Wandererwerke A.-G., Schönau, haben neuerdings versucht, die Festklemmung des senkrecht geführten Tischkonsols ganz wegzulassen, die Wandererwerke A.-G. auch noch die Säulenstützung des Gegenhalters — alles Maßnahmen, die die Bedienung vereinfachen. Die an Fräsmaschinen beliebt gewordenen Springvorschübe sind auch nicht gerade unfallverhütend, sondern im Gegenteil gefährlich, wenn der Mann nicht aufpaßt. Mechanisch läßt sich da kaum etwas tun. Bei neuzeitlichen vollselbsttätigen Fräsmaschinen setzt man auch den Fräser nach Erledigung der Arbeit still, so daß der Mann bequem und ohne Gefahr aus- und einspannen kann. Ähnlich unfallverhütend wirken die Wendetische, mittels deren das fertige Werkstück nebst Spannvorrichtung aus dem gefährlichen Fräserbereich herausgeschwenkt und gefahrlos ausgespannt werden kann.

**Maschinenwerkzeuge und Späne**

Den bekannten Fräserschutz durch verstellbare Segmentkappen, wie man ihn sowohl bei uns als auch in Amerika verhältnismäßig selten findet, zeigt Abb. 13. Diese

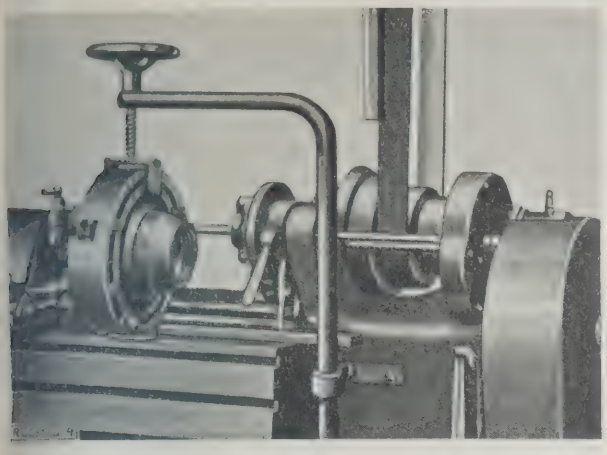


Abb. 14
Einfacher Kranarm für Auf- und Abbringen der Drehbankfutter.

Vorrichtung wird von einer englischen Firma fertig geliefert und ist in England gesetzlich vorgeschrieben. Es läßt sich darüber streiten, ob diese Vorrichtung nicht schon etwas zu weit geht. Ein völliger Schutz der Schneidwerkzeuge ist unmöglich, ohne die Bedienbarkeit der Maschinen zu hemmen. Immerhin weisen die Fräsmaschinen von Ludw. Loewe A.-G. diese Schutzkappe von vornherein auf.

Automatisierung ist der beste Schutz vor den Werkzeugzähnen. In diesem Sinne wirkt auch die selbsttätig arbeitende Kreissäge (Deutsche Niles-Werke) unfallmindernd in den bisher so vernachlässigten Abstecherei-Antrieben.

Die Bestrebungen, das Drehherz gänzlich unfallsicher zu machen, dürften vergeblich und überflüssig sein; denn abgesehen von der Behinderung beim Arbeiten durch ein vollrundes Sicherheits-Drehherz ist jedes Drehen im Futter oder in der Planscheibe infolge der umlaufenden Spannbacken ebenso gefährlich. Auch sperrige Werkstücke, wie Hahngehäuse, Kurbelwellen usw. bilden eine Gefahr, mit der man eben rechnen muß, und es ist nicht einzusehen, warum das Drehherz beim Unfallschutz gerade bevorzugt behandelt werden soll. Das Arbeiten an einer so vielseitigen Maschine wie der Drehbank erfordert nun einmal hohe Aufmerksamkeit, und in Sonderfällen schützt man durch Sondermitnehmer. Der gebogene Arm des Drehherzes und gegebenenfalls die versenkte Schraube dürften jedenfalls ausreichen. Durch den Wegfall des Feilens entfällt auch ein wesentlicher Teil der Gefahren des Drehherzes. Im Jahresbericht 1927 gibt die Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik 1826 Gesamtunfälle an Drehbänken an, von denen 735 auf das Werkstück, 84 auf das Drehherz, also 4,5 vH, und 339 auf andere Mitnehmer entfallen. Wieviele von diesen 84 Fällen auf falsch geformte Herzen (d. h. mit geradem Arm) zurückzuführen sind, wird allerdings nicht gesagt.

Einen einfachen Kranarm für das Auf- und Abbringen des Drehbankfutters zeigt Abb. 14. Er wird an der Rückseite der Drehbank befestigt und ist für die schweren Futter zweckmäßig, deren Handhabung häufig einen zweiten Mann erfordert. Die heute gegen früher sehr verstärkten Planscheiben und Dreibackenfutter (z. B. Paul Forkardt, A.-G., Düsseldorf) sind bruchsicherer, also auch unfallsicherer als die früheren. Verbesserungsbedürftig erscheint die übliche Befestigung von Futterflanschen und Planscheiben auf den Drehbankspindelköpfen mittels Gewinde. Die Mutterstücke werden so festgeknallt, daß sie oft nur durch Anwendung rohester Gewaltmittel herunterzubringen sind. Das kann die Maschine und den Mann schädigen und stellt eine konstruktive Rückständigkeit dar.

Es wurde schon erwähnt, daß die neuzeitliche Metallbearbeitung durch Ersatz des Arbeitens mit der Feile und dem Schmirgelleinen auf der Drehbank unfallsichernd gewirkt hat. Eigentlich sollten diese Arbeiten überhaupt aufhören und durch das Schleifen ersetzt werden. Aber es gibt immer noch Einzelarbeiten in den Ausbesserwerkstätten und Werkzeugmachereien. Der amerikanische National Safety Council empfiehlt, wenn überhaupt gefeilt wird, linkshändig zu feilen, damit die Feile etwas mehr vom Futter oder vom Mitnehmer entfernt bleibt und nicht so leicht von diesen erfaßt werden kann. Meist geschieht das natürlich doch nicht, da der rechtshändige Mensch die Feile anders zu halten gewöhnt ist.

An Bohrfuttern seien die Jacobs-Futter erwähnt, bei denen bekanntlich der Schlüssel das kleine Kegelrad trägt, und die in Amerika etwa 70 vH sämtlicher benutzten Bohrfutter darstellen sollen. Diese Futter besitzen keine vorstehenden Teile und sind infolgedessen als unfallgeschützt zu bezeichnen; der außen sitzende Kegelradkranz dürfte kaum gefährlich sein. Das gleiche gilt für die zahlreichen schlüssellosen Futter verschiedener Bauart. Je rascher die Bohrmaschinen laufen, desto mehr dürften die während des Laufes spannenden Bohrfutter in ihrer Bedeutung zurückgehen, wobei noch darauf hingewiesen sei, daß ein vor einiger Zeit aufgetauchtes Futter dieser Art den Fehler hatte, daß ein dünner Bohrer sich schräg zwischen die Klemmbacken setzte und dann im Kreis herumschlug, wobei schwere Hand- und Armverletzungen eintreten konnten.

Ein Schutz gegen die von der Drehbank, der Bohrmaschine oder dem Shaper abfliegenden Späne ist schlecht zu schaffen. Gegebenenfalls muß eine lose Glas- oder Zellonplatte als Behelf dienen, aber man kann dafür keine Brillen vorschreiben, falls es sich nicht gerade um einen ganz besonders spritzigen Werkstoff handelt.

### Schmierung

Die Schmierung ist ein sehr gefahrenreiches Gebiet. Das Arbeiten mit der Ölkanne an versteckten Stellen, zumal wenn die Maschine im Lauf ist, hat schon zahllose Unfälle herbeigeführt. Eine neuzeitliche Werkzeugmaschine größerer oder verwickelter Bauart muß Zentralschmierung durch Preßöl- oder Preßfettpumpe oder mindestens Gruppenschmierung besitzen, bei der die einzelnen Ölrohre in Gruppen zusammengefaßt sind und jede Gruppe von einer besonderen Zentralstelle aus gespeist wird. Eine solche Konstruktion an einem Shaper zeigt Abb. 15. Auch hier war der Kraftwagenbau der große Lehrmeister des Werkzeugmaschinenbaues. Aber die Rohre müssen das Öl auch durchlassen und nicht geknickt sein, der Füllkasten der Gruppenschmierung muß zugänglich sein, und die Ölpumpe muß rechts und links fördern, falls die Maschine doppelten Drehsinn hat oder auch nur zeitweise (z. B.

Abb. 15
Zentralschmierung an einem Waagerechthobler.

beim Einrichten) verkehrt herum läuft. Verstöße gegen alle diese Vorschriften sind nicht selten.

### Schluß

Auf die konstruktiven Einzelheiten der wichtigsten Werkzeugmaschinen soll an dieser Stelle nicht eingegangen werden, da dies kürzlich an anderer Stelle ausführlich behandelt worden ist[2]).

Die konstruktive Umgestaltung der Werkzeugmaschinen vollzog sich unter dem Einfluß des gewaltigen Fertigungstempos im Kriege und nachher (Kraftwagenbau) in Richtung störungsfreier Hochleistung, stetiger Maßhaltigkeit der Erzeugnisse und Bedienungsmöglichkeit durch angelernte Leute. Übergänge solcher Art bergen Unfallgefahren in sich, aber nur für die Dauer der Umstellung. An sich schließt die Richtung der heutigen Entwicklung, die zur Rationalisierung strebt, zwangläufig einen gesteigerten Schutz des arbeitenden Menschen in sich ein. Wenn die Maschine die Forderung des „self-contained" voll erfüllt, wird sie damit auch „foolproof". Der bedienende Mann ist nicht mehr in der Lage, die Betriebssicherheit der Maschine zu gefährden und umgekehrt ist die Maschine für den Mann keine Gefahrenquelle mehr.

[2]) „Die Werkzeugmaschine" Bd. 33 (1929) Nr. 11 S. 237.

### Anregung

Die Amerikaner sind außerordentlich eifrig dabei, durch konstruktive Neuerungen an Betriebsmitteln aller Art und durch neuartige Schutzgeräte ihrem Ziel einer Beschränkung der Betriebsunfälle bis auf den menschen möglichen Rest näher zu kommen. Es wäre für unsere Industrie außerordentlich wertvoll, diese Neuerungen ständig kennen zu lernen. Ihre Bekanntgabe erfolgt in den Mitteilungen des National Safety Council, die unter dem Titel „National safety news" den Mitgliedern zugestellt werden. Es wäre eine dankbare Aufgabe unseres Arbeiterschutzmuseums, alles was an solchen Neuerungen veröffentlicht wird, entweder in Bild und Beschreibung oder besser, in natura als eine stets auf dem laufenden gehaltene Sonderausstellung vorzuführen und an geeigneter Stelle monatlich bekannt zu geben. [B 2819]

## Auftauen von Wasserleitungen mit elektrischem Strom

Von Dipl.-Ing. *Frisch* und Ing. *Seldmair*, Gumbinnen

Da auf dem Werkshof des Ostpreußenwerkes in Gumbinnen einige Wasserleitungen eingefroren waren, kamen wir auf den Gedanken, die Leitungen elektrisch aufzutauen. Es handelte sich zunächst um eine Bleirohrleitung von ¾" Dmr. und rd. 15 m Länge. Wir verwandten zu diesem Zweck einen alten, außer Betrieb gesetzten 3 kVA-Transformator für 15 000/380/220 V, von dem wir die Hochspannungswicklung entfernten und zwei Schenkel der Niederspannungswicklung an 220 V anschlossen. Hierauf bauten wir uns eine neue Niederspannungswicklung, indem wir eine isolierte Leitung von 50 mm² auf den beiden Schenkeln aufbrachten, so daß wir insgesamt rd. 10 Windungen zur Verfügung hatten. Die Enden dieser Niederspannungswicklung wurden an den beiden Enden der eingefrorenen Wasserleitung angeklemmt, so daß sich in der Wasserleitung eine Stromstärke von rd. 170 A bei rd. 15 V ergab. Die Wasserleitung war in rd. 2½ h aufgetaut. Eine zunächst angestellte theoretische Berechnung der erforderlichen Wärmemenge führte zu einem Trugschluß, da in Wirklichkeit bei einer unter Druck stehenden Wasserleitung nur ein Hauch des inneren Eiskernes aufgetaut zu werden braucht und dann das Wasser sofort nachströmt. Das Wasser, das immer einige Grad über dem Gefrierpunkt aufweist, besorgt dann das weitere Auftauen des Eispfropfens. Nach erfolgter Tauung muß man daher einige Zeit lang Wasser laufen lassen, sonst friert die Leitung leicht wieder zu.

Wir wagten uns dann mit diesen Geräten auch an die im Straßennetz der Hauptleitung liegende Wasserleitung, hatten aber keinen Erfolg. Hierauf nahmen wir einen außer Betrieb gesetzten Transformator von 20 kVA, den wir in derselben Weise herrichteten. Wir verwendeten natürlich nur den Eisenkern, die Niederspannungswicklung und die neu aufgebrachte Niederspannungswicklung ohne Ölkessel und Öl, so daß die Geräte auf einem einfachen Handschlitten leicht von Ort zu Ort bewegt werden konnten. Die Niederspannungswicklung bestand in diesem Fall aus insgesamt 40 Windungen von 70 mm² mit Anzapfstellen hinter der 25. und 30. Windung. Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, je nach der Länge der aufzutauenden Wasserleitung die Windungszahl und damit die Spannung auf der Niederspannungsseite in bestimmten Grenzen zu ändern, Zahlentafel 1. Eine weitere Änderung der Leistung ist dadurch möglich, daß der größere Transformator bei den üblichen Drehstromnetzen von 3 × 380/220 V an 380 V oder 220 V angeschlossen werden kann.

Zahlentafel 1 gibt einige Beispiele über aufgetaute Leitungen. Dabei waren die Hauptstraßenrohre im allgemeinen Gußeisen-Muffenrohre von 80 bis 125 mm l. W., 9 bis 10 mm Wanddicke und 40 bis 100 m Länge. Die Hausanschlußleitungen, die meist 12 bis 15 m lang waren, bestanden aus 1 bis 1½"-Bleirohren. Das Auftauen wurde ohne jede Erdarbeit vorgenommen, indem das eine Ende der Niedervoltwicklung meist am Hausanschluß vor dem Wassermesser, das andre Ende entweder an dem nächst gelegenen Straßenhydranten oder in dem benachbarten Haus wieder im Keller am Hausanschlußrohr angebracht wurde. Zur Befestigung der elektrischen Leitung an der Wasserleitung diente eine eiserne Schraubzwinge.

Daß durch Erhitzung die Asphaltschicht der Gasrohre Schaden leiden könnte, ist unwahrscheinlich, da die Rohre innen durch das Eis gekühlt sind und außen im gefrorenen Erdboden liegen, so daß höhere Temperaturen so gut wie ausgeschlossen sind. Soweit die Leitungen aus dem Boden herausragen, konnte man durch Berühren mit der Hand der vom Strom durchflossenen Wasserleitung nur eine äußerst geringe Erwärmung wahrnehmen.

Aus Zahlentafel 1 geht hervor, daß der Stromverbrauch verhältnismäßig gering ist und bei den Auftauarbeiten 8 bis 16 kWh für den einzelnen Fall betragen hat. Der elektrische Anschluß wurde entweder an dem betreffenden Haus vor der Hausanschlußsicherung oder unmittelbar von der Straßenleitung mittels Kontaktklemmen bewerkstelligt.

Diese Verwendungsart des elektrischen Stromes kann man natürlich noch andern Zwecken dienstbar machen, indem z. B. Wasser- und Ölleitungen von Transformatoren in nicht geheizten großen Umspannwerken auf diese Art vor dem Einfrieren geschützt werden. Wenn auch im Betrieb derartige Leitungen infolge der Wärme des Kühlwassers nicht einfrieren werden, so gibt es in solchen Anlagen doch des öfteren Pumpen und Aushilfswasserleitungen, die, je nach den örtlichen Verhältnissen, zum Einfrieren neigen.

**Zahlentafel 1**
Beispiele für aufgetaute Wasserleitungen

| | angeschlossene Wasserrohre | | dem Netz entnommen | | Tau-stromstärke | Tauspannung | Dauer des Auftauens | Energieverbrauch ungefähr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Länge m | l. W. | Stromstärke A | Spannung V | A | V | min | kWh |
| 1. Hauptleitung | 48 | 100 mm Guß | 40 | 220 | 240 | 35 | 80 | 12 |
| Hausanschluß | 20 | 1 „ Blei | | | | | | |
| 2. Hauptleitung | 50 | 80 „ Guß | 48 | 220 | 200 | 45 | 90 | 16 |
| Hausanschluß | 30 | 100 „ „ | | | | | | |
| | 10 | 1¼ „ Blei | | | | | | |
| 3. Hauptleitung | 26 | 125 „ Guß | 48 | 220 | 250 | 29 | 45 | 8 |
| Hausanschluß | 25 | 1 „ Blei | | | | | | |

[N 2801]

# Verpacken leichtzerbrechlicher Waren in Wellpappe

*Von O. HARRAS, Berlin-Zehlendorf*

*Neue Arten von Post- und Bahnverpackungen aus Wellpappe für leichtzerbrechliche Spiegellampen (Glaskörper).*

allen Zweigen unserer Wirtschaft ist man fortgesetzt bestrebt, vom Rohstoff bis zum versandfertigen Gegenand die vorteilhaftesten Verfahren anzuwenden, um die rstellungs- sowie die Handlungsunkosten auf ein Minstmaß zu beschränken. Unter diesen beiden Posten nmt die Verpackung einen nicht unwesentlichen Teil . Im Verpackungswesen und den Verpackungsmitteln id fortlaufend Verbesserungen festzustellen. Diese Verlsserungen haben sich, bedingt durch die Eigenart unseres iches, wirtschaftlich nicht immer ausgewirkt. Wenn n sich vorstellt, was für ungeheure Mengen von Kisten d Holzwolle oft schon nach einmaligem Gebrauch ungenutzt der Vernichtung verfallen, so erkennt man die deutung der Frage: wie können wir unsere Waren sser und vorteilhafter zum Versand bringen?

### Packung aus Panzerwellpappe

In der Anwendung der Wellpappenverpackung der Amerikaner mit der Packung aus Panzerwellappe führend. Er versteht es, seine Waren in einer gut ausgestatteten Pappschachtel seinen Kunden zu übermitteln. Eine einfache gediegene Aufmachung der Schachtel ist gleichzeitig eine großzügige Reklame. Bei einer gutdurchdachten Art der Verpackung fällt hauptsächlich das völlige Fehlen der Holzwolle oder sonstiger Packstoffe auf. Die Holzwolle hat außer ihrer angenehmen auch sehr viel unangenehme Eigenschaften. Das Auspacken beim Kunden im Laden oder Lager macht nicht gerade Freude. Man darf auch nicht verkennen, daß gerade bei Verpackung mittels Holzwolle ein viel größerer Packraum als bei Wellpappenverpackung notwendig ist. Geringes Gewicht spielt aber bei der Berechnung des Portos und der Fracht eine wesentliche Rolle.

Eine amerikanische Panzerwellenpappen-Packung aus drei Teilen für eine hochwertige Parabelspiegellampe zeigen Abb. 1 und 2. Die ganze Schachtel besteht nur aus besonderer Starkwellpappe und ist für Post- sowie für Bahnversand geeignet. Die Ware paßt in die gestanzten Ausschnitte der Wellpappen *a* und *b*, die man sternförmig in die Schachtel *c* von oben einschiebt. Die Schachtel wiegt mit Inhalt fertig verpackt 6 kg weniger und ist einfacher zu schließen als die mit gleicher Ware und Größe mit Holzwolle ausgefüllte, in Deutschland handelsübliche Holzstoffschachtel. Leider läßt sich bei uns diese Packung nicht durchführen, da infolge hoher Kosten der Stanzwerkzeuge der Selbstkostenpreis für diese Sonderschachteln zu hoch ist.

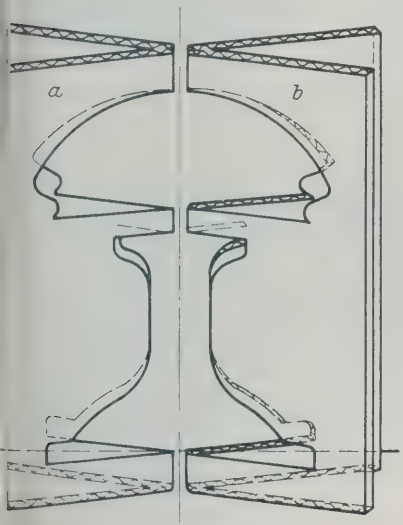



**Abb. 1**
Inneres der Schachtel.

**Abb. 1 und 2**
Amerikanische Panzerwell-Packung aus drei Teilen für eine Parabelspiegellampe.

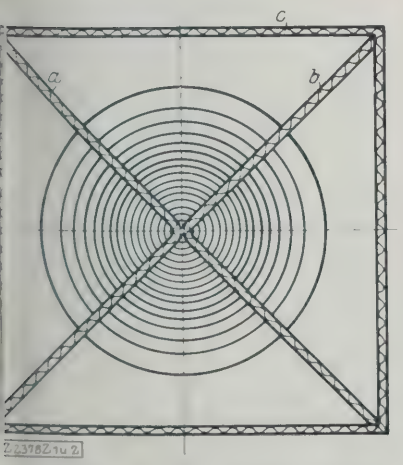
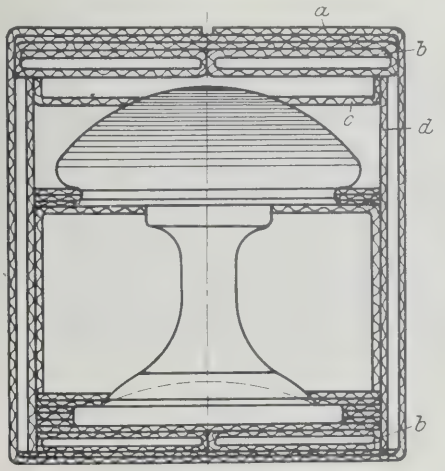



**Abb. 2**
Draufsicht auf die unverschlossene Packung.
*a, b* Pappe mit gestanzten Ausschnitten *c* Schachtel



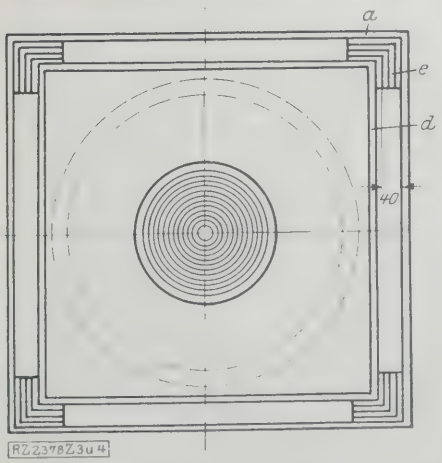




**Abb. 3 und 4**
Packung aus Starkwellpappe für Parabelspiegellampe.
*a* Hauptschachtel *b* Federböden *c* Glashalter *d* innere Schachtel *e* Schutzecken

### Schachtel aus Starkwellpappe

In gemeinsamer Arbeit mit einer führenden Wellpappenfabrik entstand eine Packung, Abb. 3, die den deutschen Verhältnissen in bezug auf Herstellungspreis und Festigkeit entspricht. Gegenüber der Ausführung nach Abb. 1 und 2 hat die Ausführung nach Abb. 3 und 4 mehr Einzelteile. Die Hauptschachtel *a* ist aus Starkwellpappe, wie sie seit längerem in Deutschland handelsüblich ist, hergestellt. Die Federböden *b* schützen die Ware vor Stößen von oben und unten. Der Glashalter *c* verhindert ein Verrutschen des Abschlußglases. Die Schachtel *d* ist die Abgrenzung für alle Pappeninnenteile und hat auf allen vier Seiten einen Abstand von rd. 40 mm von der Hauptschachtel. Der so gebildete Hohlraum bildet einen ausgezeichneten Schutz gegen Stoß und Schlag, die sich hier gut ausschwingen können. Die Schutzecken *e* halten die Innenschachtel. Alle andern Teile sind der Eigenart der Ware angepaßt.

Der Vorzug dieser Packung besteht hauptsächlich darin, daß sie sich leicht, mit wenigen Handgriffen von jeder Packerin zusammenstellen läßt. Außer der Hauptschachtel *a* sind alle Teile, die zur Inneneinrichtung gehören, aus gewöhnlicher Wellpappe gefertigt. Der Preis dieser Packung ist der gleiche wie der der Holzstoffkisten mit Holzwolle. Bei dieser Wellpappenverpackung tritt der kurze Arbeitsgang sowie das sichere Verpacken gegenüber dem Verpacken mit Holzwolle augenfällig in die Erscheinung. Das

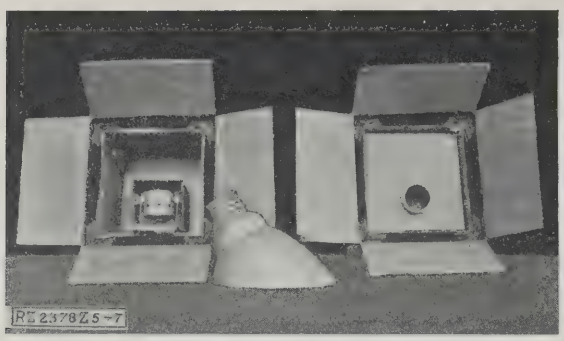



Abb. 5
Postpackung für einen schrägen Spiegelkörper aus Glas.

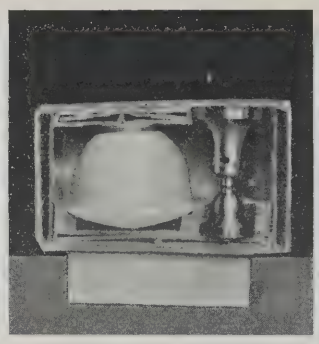


Abb. 6
Packung für eine Deckenlampe.

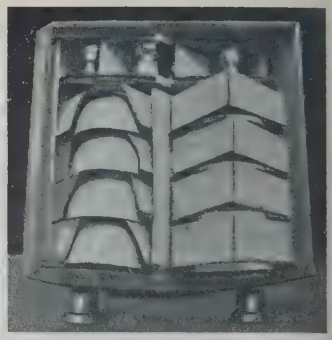


Abb. 7
Gute Raumausnutzung bei Wellpappenpackung.

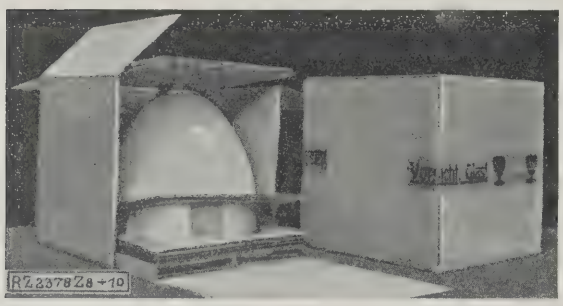



Abb. 8
Bruchsichere Packung für Hohlglaskörper.

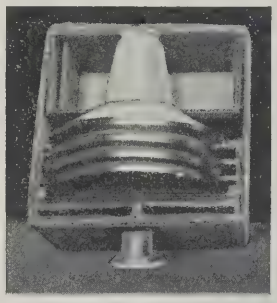


Abb. 9 und 10
Wellpappen-Verpackung von Glaskörpern für Bahnversand.

Fehlen der Holzwolle hat geringeres Gewicht, also auch geringere Versandkosten zur Folge. Auch in gesundheitlicher Hinsicht ist dieses Packverfahren den andern vorzuziehen. Das Auspacken und auch das Lagern in der Packung ist sehr einfach.

### Weitere Arten von Postpackungen

Sämtliche folgende Verpackungen lehnen sich im Aufbau an Abb. 3 an: Die Postpackung für einen schrägen Spiegelkörper aus versilbertem Glas zeigt Abb. 5. Den Metallteil lagert man innerhalb des Glaskörpers in einer besonderen Schachtel verpackt. Zum Verschließen benutzt man die bekannte Klebmaschine; der gummierte Streifen ist mit: Vorsicht! Glas! bedruckt. Die Verpackung für eine Deckenlampe zeigt Abb. 6. Bei der Schachtel, Abb. 7, kommt besonders die gute Raumausnutzung zur Geltung, was man bei Holzwollepackung ohne Bruch wohl niemals erreichen würde. Man kann, falls die Schachtel von einer Bestellung nicht gefüllt wird, die leeren Pappebehälter zum Ausfüllen benutzen, ohne zur Holzwolle greifen zu müssen.

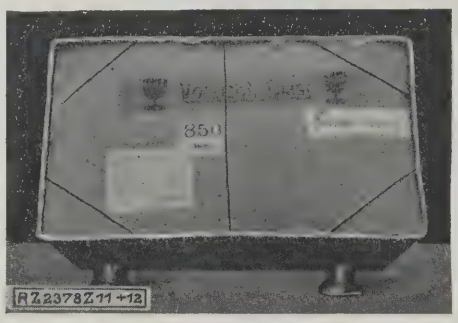



Abb. 11
Packung in Holzstoffkiste, Bruttogewicht 10,2 kg.

Abb. 12
Packung aus Starkwellpappe für Parabelspiegellampe.

### Schachteln für Bahnversand

Die Schachteln für Bahnversand sind nicht so kräftig gebaut, da man sie noch in einem Lattenverschlag mit einer leichten Holzwolleschicht verpackt, um auch das Beipacken von nicht üblichen Packungen zu ermöglichen. Der Inhalt der Packung nach Abb. 8 hatte bisher einen sehr hohen Anteil an Bruch, denn ein zu fest mit Holzwolle ausgefüllter Pappkasten, sowie nicht sachgemäßes Einfüllen von Holzwolle in die beiden Glaskörper, hatte schon bei Stößen und Erschütterungen Bruch zur Folge. Die einfachen Pappeinlagen haben diese Schäden fast ganz beseitigt. Abb. 9 und 10 lassen gut erkennen, wie sich die Wellpappenpackung auswirkt. Für die doppelte Warenmenge braucht man einen viel kleineren Lattenverschlag als vorher, der auch leichter ist. Bruchschäden hat man bei diesen sehr schwierig zu verpackenden Glaskörpern ebenfalls auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Zur Zeit kann man mit der Bahn Waren in Starkwellpappe nur versenden, wenn man eine geringere Haftung der Bahn für Transportschäden in den Kauf nimmt, da diese Verpackungsart als „mangelhaft" gilt. Es ist aber heute erwiesen, daß die Starkwellpappe infolge ihrer hohen Festigkeit den Ansprüchen der Bahnbeförderung voll genügt.

Im allgemeinen kommt man zwar ohne Kisten und Holzwolle beim Verpacken nicht aus, doch lassen sich sehr viele Gegenstände bedeutend besser und billiger in Wellpappe einpacken. Außerdem kann man die Wellpappenpackung eher wieder benutzen.

Postpackungen in einer Holzstoffkiste und in einer Wellpappschachtel sind in Abb. 11 und 12 gegenübergestellt. Beide Packungen enthalten die gleichen Waren und weisen bei ihren kleinen Außenmaßen schon den sehr erheblichen Gewichtsunterschied von 3,7 kg auf. [B 2378]

# RUNDSCHAU

## Schiffs- und Seewesen

Abb. 1. „California Standard“ auf der Probefahrt.

### Dieselmotortankschiff „California Standard“

Am 3. April 1929 hat die Germaniaerft in Kiel das Dieselmotortankschiff 'alifornia Standard“, Abb. 1, nach sehr folgreich verlaufenen Probefahrten an die andard Oil Company of California, San rancisco, abgeliefert. Dieses Schiff verörpert in seiner schiff- und maschinenaulichen Einrichtung und Ausrüstung icht nur die neuesten Erfahrungen im ankschiffbau, es stellt auch mit seiner röße von 16 300 t Tragfähigkeit und 3 000 t Verdrängung in der Bauart der ankschiffe einen Sondertyp dar, der zum rsten Male von der Germaniawerft auf in Schiff dieser Größe angewandt wurde.

Die Sonderbauart der „California tandard“ besteht darin, daß das Schiff ach der knieblechlosen Isherwood-Längsspantenbauart als Dreitankschiff mit zwei urchlaufenden Längsschotten ausgeführt t. Die größten bisher in dieser Bauart usgeführten Schiffe haben nicht über 000 t Tragfähigkeit. Der Hauptspant, bb. 2, zeigt die Anordnung der beiden ängsschotte, die den Tankraum in drei lauptlängsabteilungen trennen. Im Verleich zu der bisher üblichen Bauart beteht also der Hauptunterschied in dem ortfall des Mittellängsschotts und der ommertanks. Dadurch vereinfacht sich ie Bauausführung, ein Vorteil, der an nd für sich schon für die knieblechlose ängsspantenbauart kennzeichnend ist.

Die „California Standard“ hat folende Hauptabmessungen:

| | |
|---|---|
| Länge über Alles . . . . | 161,54 m |
| Breite auf Spanten . . . | 20,70 m |
| Tiefgang mit Kiel . . . . | 8,72 m |
| B.-R.-T. . . . . | 11 445 |
| N.-R.-T. . . . . | 6 908 |

Zum Antrieb des Doppelschraubenchiffes dient eine Dieselmotorenanlage, Bauart Germaniawerft, Abb. 3. Die Hauptntriebsmotoren sind zwei sechszylindrige infach wirkende Zweitakt-Dieselmaschien mit insgesamt 3600 $PS_e$ bei 95 U/min. Die vertragliche Geschwindigkeit von 1,5 Kn wurde auf der Probefahrt um 4 Kn überschritten.

Die „California Standard“ hat ihre rsten Dienstreisen mit bestem Erfolg eredigt, und es hat sich gezeigt, daß das Schiff sowohl in vollbeladenem wie auch n jedem anderen Belastungszustand durch eeignetes Trimmen der Ladung frei von chwingungserscheinungen erhalten wer:en kann. [M 3231]

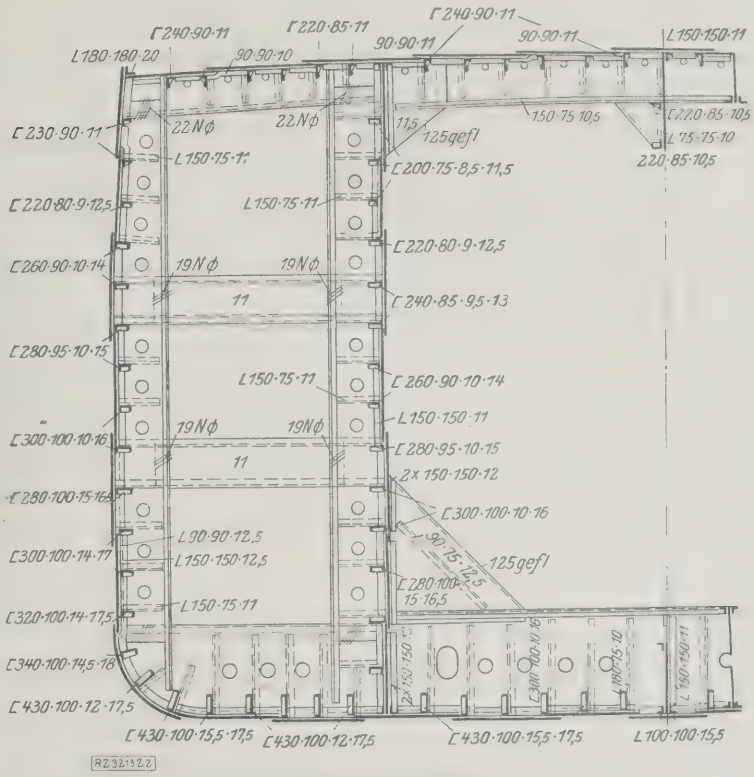



Abb. 2. Hauptspant.

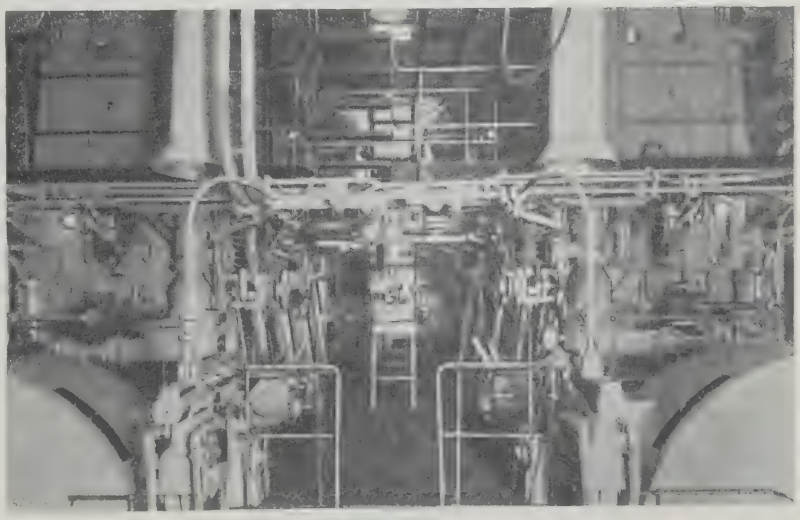


Abb. 3. Blick in den Motorraum.

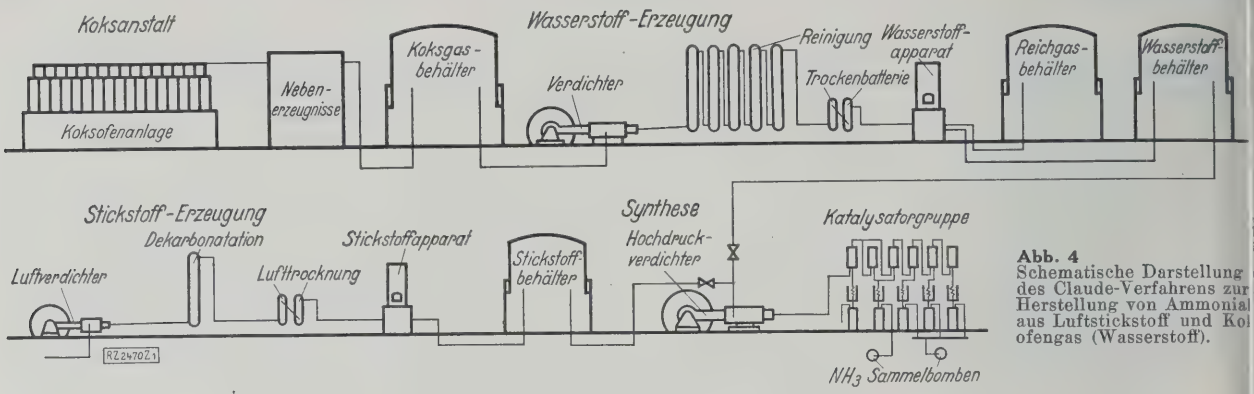



**Abb. 4**
Schematische Darstellung des Claude-Verfahrens zur Herstellung von Ammoniak aus Luftstickstoff und Kokofengas (Wasserstoff).

## *Chemische Industrie*

### Ammoniaksynthese nach Georges Claude

Die Erzeugung von Stickstoff in ausnutzbarer Form als Stickstoffverbindungen ist gegenwärtig für alle Länder eine der wichtigsten volkswirtschaftlichen Fragen. Nach den wichtigsten Verfahren der Stickstofferzeugung wird der Stickstoff der Atmosphäre entnommen und hierauf mit Wasserstoff gebunden, um so synthetisches Ammoniak zu bilden, das eine erste Stufe bei der Herstellung von Stickstoffverbindungen darstellt. Daraus werden weiterhin Salpetersäure und synthetische Nitratdünger erzeugt. Von den verschiedenen Verfahren soll hier das von *Georges Claude* behandelt werden, für das die Anwendung von sehr hohen Drücken, bis zu 1000 at, in der Synthese kennzeichnend ist, Abb. 4.

Das Verfahren läßt sich bei jeder beliebigen Stickstoffquelle, deren Wahl nur von den örtlichen Bedingungen abhängig ist, anwenden. Der Wasserstoff wird aus Koksgas, das man als Nebenerzeugnis betrachten kann, gewonnen, und so dieser bis heute unausgenützte Wasserstoff verwendet.

#### Arbeitsgang

Eine solche Anlage sei im folgenden beschrieben. Die Gase der Koksöfen gelangen nach dem Entleeren und Abscheiden mitgeführter Verunreinigungen in die Nebenproduktenfabrik, die der Kokerei angeschlossen ist, und werden in einem Gasbehälter gespeichert. Darauf werden sie auf 25 at verdichtet und in eine Reihe von Reinigungssäulen, Abb. 5, geleitet, wo sie durch eine Ölwäsche unter Druck von Benzol gereinigt, mittels Ammoniaklösung dekarbonisiert und von Schwefelverbindungen befreit werden.

Aus der die Reinigungskolonnen verlassenden Ammoniaklösung werden sowohl das Kohlendioxyd, wie auch der Schwefelwasserstoff mit Hilfe von Dampf wieder ausgetrieben. Die Lösungen werden „regeneriert“ und im Kreislauf wieder für die Reinigung verwendet. In der Ölwäsche wird nicht nur das Gas für die weitere Verarbeitung vorbereitet, sondern es wird auch gegenüber einer gewöhnlich unter Atmosphärendruck ausgeführten Reinigung eine u 10 bis 15 vH erhöhte Benzolausbeute erhalten. Ferner e laubt das Verfahren, die Kohlensäure wiederzugewinnen.

Nach Durchgang durch die Trockenbatteri durchlaufen die Gase zwei Temperaturaustauscher, die de Wasserstoffapparat vorangestellt sind. In diesem schlag sich Wasser, Äthylen und verschiedene Verunreinigung infolge mittelbarer Berührung mit den kalten, die Appara verlassenden Gasen nieder, die dann getrennt aufgefang werden.

Das Gasgemisch, das hauptsächlich aus Wasserstо Kohlenoxyd und Methan besteht, wird beim Durchlauf der Reinigungssäulen infolge der immer tiefer werdend Temperatur nach und nach niedergeschlagen. Die Temp ratur von — 210 °, die man auf dem Oberteil der Säule e hält, wird mittels Entspannung des gekühlten Wasse stoffes erzielt.

Der so aus dem Koksgas ausgezogene Wasserstoff wi in einem Gasbehälter gesammelt. Das Gemisch der verble benden Gase von erhöhtem Heizwert, das mit Reichgas b zeichnet wird, wird in dem Reichgasbehälter aufgefang und von dort für weitere Verwendungszwecke an d Kokerei zurückgeschickt. Der für die Synthese des Amm niaks notwendige Stickstoff wird aus der Luft, die ma verdichtet, von Kohlensäure trennt und trocknet, mitte eines Luftverflüssigungs- und Stickstofferzeugungsapparat nach *Claude* gewonnen.

Die so erhaltenen Gase werden in einen Hochdruc verdichter in einem solchen Verhältnis angesaugt, da auf einen Raumteil Stickstoff drei Raumteile Wasse stoff kommen. Dieses Gasgemisch wird auf 1000 at ve dichtet und gelangt nun in eine Katalysatorbatterie. Je Batterie besteht aus einem Reinigungsrohr und fünf Kat lysatorrohren, auf die je eine in Wasser eingetauchte Ko densationsschlange und ein $NH_3$-Abscheider folgen. D aus den Hochdruckverdichtern austretende Gasgemisch g langt zuerst in ein Reinigungsrohr, das mit einem Sonde katalysator gefüllt ist und in dem im Gas vorhandene Ve unreinigungen zerstört werden. D gereinigte Gasgemisch teilt sich in zw parallel angeordnete Katalysatorrohr Das verbleibende, aus den letztere austretende, nicht umgeformte Gas ve einigt sich daraufhin weiter in drei d ersten gleichartigen, jedoch hintereir ander geschalteten Rohren. Das flüssig Ammoniak wird einfach abgesaugt.

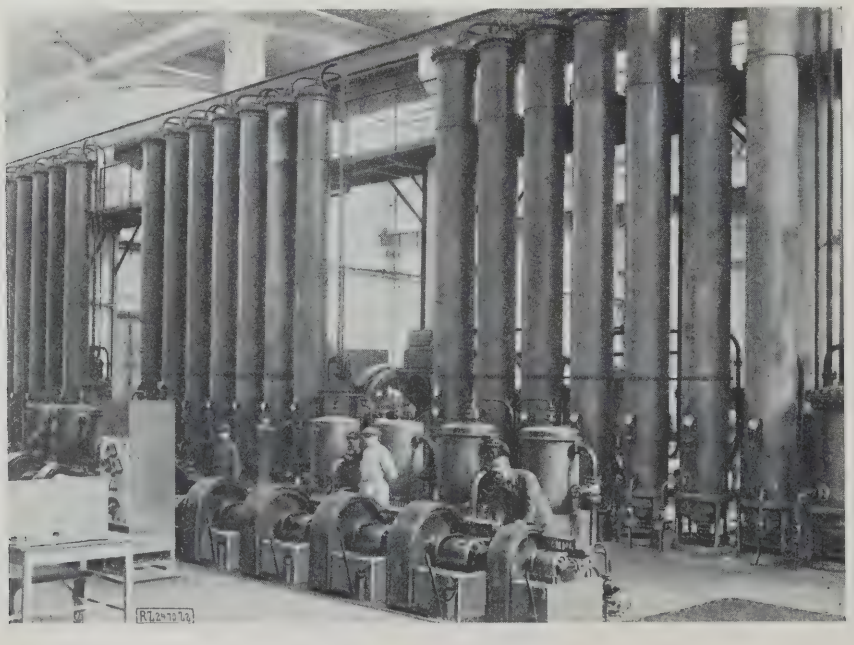


**Abb. 5**
Reinigungssäulen für die Koksofengase.

Seit dem Jahre 1920 sind 14 sy thetische Ammoniakfabriken nach de Verfahren von *Claude* errichtet worde und zwar arbeiten neun Fabriken m Koksgas, drei mit Wassergas, und zw mit elektrolytischem Wasserstoff.

In dem ersten Vierteljahr 192 hatte die tägliche Erzeugung aller na *Claude* arbeitenden Anlagen 150 t Am moniak überschritten. Einige Anlage die über einen regelmäßigen Koksga bezug verfügen, laufen seit mehr a zwei Jahren mit einer Erzeugung, d 95 vH der theoretisch größtmöglich darstellt, und zwar ohne jede Ersat anlage, d. h. die Ausnutzung der g samten eingerichteten Anlagen beträ 95 vH.

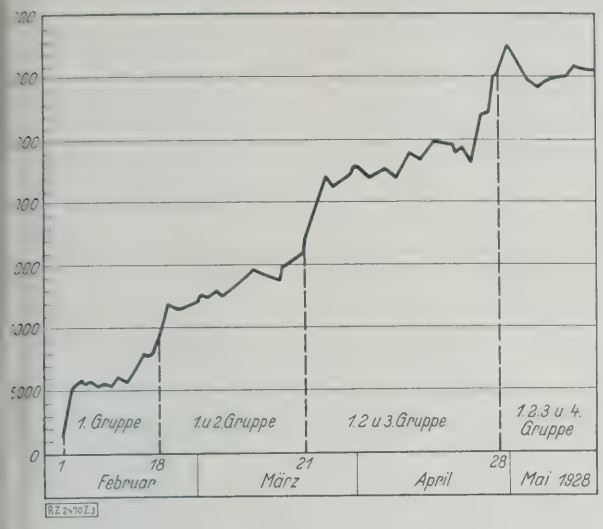



**Abb. 6**
Erzeugung im Laufe der Inbetriebsetzung der einzelnen Katalysatorgruppen.

Dieser hohe Ausnutzungskoeffizient kann auch schon n Anfang oder kurz nach Inbetriebsetzung erreicht wer-n, wie die nachfolgenden Ergebnisse der Inbetriebsetzung r Tschsl. Stickstoffwerke in M.-Ostrau zeigen. Die Ein-htungen umfassen: drei Wasserstofferzeugungsapparate, n denen jeder stündlich 3000 m³ Koksgas zerlegt, zwei ckstoffapparate mit einem Ausstoß von je 650 m³ Stick-off in 1 h, und vier Synthesegruppen.

Das genannte Unternehmen hatte die Absicht, mit eser Einrichtung eine mittlere Tageserzeugung von 15 t erreichen. Auf dieser Grundlage wurden Ersatzapparate stellt. Auf Grund des regelmäßigen und störungsfreien nges des Verfahrens konnte aber die Einrichtung voll sgenützt werden. In Abb. 6 sind die bei der Inbetrieb-tzung dieses Werkes erhaltenen Ergebnisse wiedergegeben; zeigen, daß die ursprünglichen Voraussetzungen weit ertroffen sind.

Bemerkenswert sind die kurzen Zeiten, die zwischen der Inbetriebsetzung der einzelnen Synthesegruppen liegen. Es zeigt dies die Leichtigkeit, mit der die Bedienung sich an die Führung der Einrichtungen gewöhnt. Ferner muß festgestellt werden, daß jede Gruppe von ihrer Inbetriebsetzung weg ununterbrochen in Betrieb gehalten wurde. Die Monatsleistung erreichte im April 690 t und im Mai 790 t, was eine tägliche Erzeugung von 25,5 t an Stelle der geplanten von 15 t bedeutet.

Die Ausbildung des Verflüssigungsverfahrens der Gase nach *Claude* zur Erzeugung von Wasserstoff gestattet ferner den Ammoniakwerken, die verschiedenen Bestandteile des Koksgases getrennt abzuscheiden und als Ausgangsstoffe zu verwenden, wie z. B. zur Erzeugung von Alkohol oder Glykol aus Äthylen, oder von Kohlenwasserstoffen, Formaldehyd und dessen Derivaten aus den übrigen Gasen.

[M 2470]

## *Unterricht*

### Besuch der Technischen Hochschulen und Bergakademien im Winterhalbjahr 1928/29[1])

Die amtliche Hochschulstatistik über das Winterhalbjahr 1928/29 liegt nunmehr vor. Außer den Angaben daraus sind, wie im Vorjahr, auch die Zahlen der Hochschulen Danzigs und Österreichs berücksichtigt worden, vergl. Zahlentafel 1. Danach ist die Gesamtzahl der ordentlichen Studierenden aller hier berücksichtigten 16 Hochschulen von 27 912 im Winterhalbjahr 1927/29 auf 28 004 im Winterhalbjahr 1928/29, die Gesamtzahl aller Besucher (einschl. der Gasthörer usw.) dieser Hochschulen um rd. 10 vH auf 34 696 gestiegen.

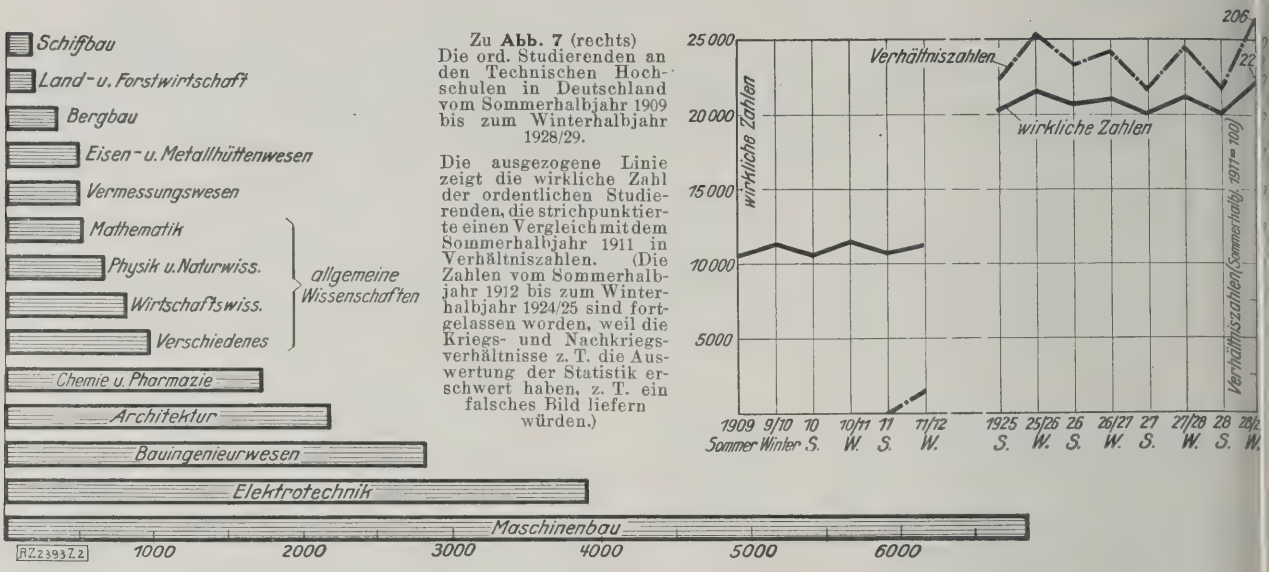
Die Entwicklung des Besuches der zehn — vor dem Kriege mit Danzig elf — Technischen Hochschulen in Deutschland ist in Abb. 7 dargestellt. Die ausgezogene Linie zeigt den Anstieg mit den üblichen kleinen Schwankungen zwischen Sommer- und Winterhalbjahr, bedingt durch die im Winter beginnenden Jahreskurse der technischen Hochschulen. Der Besuch im abgelaufenen Winterhalbjahr ist d e r h ö c h s t e, der bisher zu verzeichnen war; wie aus der strichpunktierten Linie der Verhältniszahlen hervorgeht, beträgt er m e h r a l s d a s D o p p e l t e des Besuches im Sommerhalbjahr 1911. Im Hinblick auf das von vielen Seiten festgestellte Überangebot an akade-

[1]) Die Zahlen für die zwölf Hochschulen in Deutschland entstammen der deutschen Hochschulstatistik, Winterhalbjahr 1928/29, herausg. von den Hochschulverwaltungen. Verlag Struppe & Winckler, Berlin 1929. Preis 14 *RM*. In den Vorjahren waren die Zahlen mangels einer allgemeinen amtlichen Statistik z. T. nur vorläufige oder angenäherte Ergebnisse.

**Zahlentafel 1.** B e s u c h d e r d e u t s c h e n T e c h n i s c h e n H o c h s c h u l e n u n d B e r g a k a d e m i e n i m W i n t e r h a l b j a h r 1928/29.

| r. | Ort | Ordentliche Studierende | | | | | | | | | | | | | | | | Hörer und Gastteilnehmer | Gesamtbesuch |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Architektur | Bauingenieurwesen | Vermessungswesen[2]) | Maschineningenieurwesen | Elektrotechnik | Schiffbau | Chemie und Pharmazie | Eisen- und Metallhüttenkunde | Bergbau | Land- und Forstwirtschaft | Allgem. Wissenschaften: Mathematik | Physik u. Naturwissenschaften | Wirtschaftswissenschaften | Sonstige allgem. Wissenschaften | Summe der ordentlichen Studierenden | Von den Vorlesungen befreite Studierende | | |
| | Aachen | 80 | 153 | 5 | 207 | 117 | — | 49 | 252 | 91 | — | 37 | 12 | 11 | 4 | 1 018 | 17 | 853 | 1 888 |
| | Berlin | 444 | 580 | 300 | 1508 | 1193 | 158 | 295 | 122 | 191 | — | 67 | 102 | 129 | 15 | 5 104 | 761 | 665 | 6 530 |
| | Braunschweig | 68 | 116 | — | 232 | 138 | — | 180 | — | — | — | 7 | 19 | — | 122 | 882 | 54 | 203 | 1 139 |
| | Breslau | 8 | 90 | — | 271 | 94 | — | 70 | 93 | 40 | — | 18 | 18 | — | — | 702 | 175 | 969 | 1 846 |
| | Darmstadt | 238 | 300 | 11 | 895 | 469 | — | 133[4]) | — | — | — | 75 | 74 | — | 2 | 2 197 | — | 347 | 2 544 |
| | Dresden | 240 | 271 | 21 | 681 | 329 | 1 | 274[5]) | 3 | — | 2 | 178 | 178 | 144 | 637 | 2 959 | 14 | 446 | 3 419 |
| | Hannover | 197 | 367 | — | 756 | 410 | — | 111 | — | — | — | 32 | 28 | 23 | 2 | 1 926 | 18 | 253 | 2 197 |
| | Karlsruhe | 170 | 177 | 8 | 422 | 270 | 2 | 114 | 4 | — | — | 37 | 31 | 7 | — | 1 242 | — | 277 | 1 519 |
| | München | 366 | 489 | 113 | 1261 | 675 | — | 290 | 2 | 10 | 183 | 7 | 105 | 449 | 151[6]) | 4 101 | — | 218 | 4 319 |
| | Stuttgart | 365 | 291 | 26 | 614 | 209 | — | 209 | 6 | — | — | 55 | 94 | 37 | 13 | 1 919 | 1 | 658 | 2 578 |
| | Summe 1 bis 10 | 2176 | 2834 | 484 | 6847[3]) | 3904 | 161 | 1725 | 482 | 332 | 185 | 513 | 661 | 800 | 946 | 22 050 | 1040 | 4889 | 27 979 |
| | Clausthal | — | — | 7 | — | — | — | — | 111 | 202 | — | — | — | — | — | 320 | 61 | 9 | 390 |
| | Freiberg i. Sa. | — | — | 3 | — | — | — | — | 67 | 99 | — | — | — | — | — | 169 | 74 | 16 | 259 |
| | Summe 11 und 12 | — | — | 10 | — | — | — | — | 178 | 301 | — | — | — | — | — | 489 | 135 | 25 | 649 |
| | Danzig | 132 | 274 | — | 446 | 288 | 202 | 119 | — | — | 17 | 93 | | — | 43 | 1 614 | — | 289 | 1 903 |
| | Graz | 97 | 174 | 86 | 313 | — | — | 60 | — | — | — | — | — | — | 12 | 742 | — | 83 | 825 |
| | Wien | 253 | 549 | 105 | 932 | 648 | 12 | 197 | — | — | — | — | 62 | — | 92 | 2 850 | — | 211 | 3 061 |
| | Leoben | — | — | 12 | — | — | — | — | 128 | 119 | — | — | — | — | — | 259 | — | 20 | 279 |
| | Summe 13 bis 16 | 482 | 997 | 203 | 1691 | 936 | 214 | 376 | 128 | 119 | 17 | — | 155 | — | 147 | 5 465 | — | 603 | 6 068 |
| | Gesamtsumme I, II und III | 2658 | 3831 | 697 | 8538 | 4840 | 375 | 2101 | 788 | 752 | 202 | 513 | 816 | 800 | 1093 | 28 004 | 1175 | 5517 | 34 696 |

[2]) Markscheider und Geodäten. [3]) Davon 136 Maschinen-Elektroingenieure, 40 Gas-, 112 Kraftfahrzeug-, 315 Luftfahrzeug-, 52 Textil- und Papieringenieure. [4]) Davon 24 Gerbereichemiker. [5]) Davon 2 Gerbereichemiker. [6]) Davon 28 Kulturingenieure.




Zu **Abb. 7** (rechts) Die ord. Studierenden an den Technischen Hochschulen in Deutschland vom Sommerhalbjahr 1909 bis zum Winterhalbjahr 1928/29.

Die ausgezogene Linie zeigt die wirkliche Zahl der ordentlichen Studierenden, die strichpunktierte einen Vergleich mit dem Sommerhalbjahr 1911 in Verhältniszahlen. (Die Zahlen vom Sommerhalbjahr 1912 bis zum Winterhalbjahr 1924/25 sind fortgelassen worden, weil die Kriegs- und Nachkriegsverhältnisse z. T. die Auswertung der Statistik erschwert haben, z. T. ein falsches Bild liefern würden.)

**Abb. 8**
Die ord. Studierenden der einzelnen Studienrichtungen an den Technischen Hochschulen in Deutschland im Winterhalbjahr 1928/29.

misch gebildeten Ingenieuren[7]) ist diese weitere Zunahme des technischen Studiums sehr bedenklich.

Abb. 8 zeigt die Verteilung der Studierenden der zehn Technischen Hochschulen in Deutschland entsprechend Reihe I der Zahlentafel 1. Maschinenbau und Elektrotechnik zusammen stellen fast die Hälfte (48,5 vH) der gesamten Studierenden. Die Zahl der erstmalig Immatrikulierten, die für die zukünftige Entwicklung maßgebend ist, hat im Winterhalbjahr 1928/29 gegenüber dem Winterhalbjahr 1927/28 bei beiden Fachrichtungen zugenommen, bei Maschinenbau um 4,56 vH, bei Elektrotechnik um 5,77 vH. Die größte Zunahme an erstmalig Immatrikulierten weist das Bauingenieurwesen mit 184, d. s. 38,25 vH mehr als im Winterhalbjahr 1927/28, auf, als nächstes Fach folgt die Architektur mit einer Zunahme um 157 entsprechend 50,16 vH.

Unter den 22 050 Studierenden der Technischen Hochschulen in Deutschland finden sich 2092 Ausländer (9,49 vH) und 513 Frauen (2,28 vH); davon sind 36 Ausländerinnen.

[M 2393] *Parey*

[7]) Vergl. z. B. die im Januar 1929 herausgegebene Denkschrift des Vereines deutscher Ingenieure und Z. Bd. 73 (1929) Nr. 14 S. 472.

## *Gesundheitsingenieurwesen*

### Unfallschutz und Unfallverhütung

Die Vortragsreihe für die technischen Aufsichtsbeamten der Berufsgenossenschaften, die der Verein deutscher Revisionsingenieure am 12. und 13. März in Berlin veranstaltete, enthielt eine Anzahl bemerkenswerter Vorträge. Über

**Unfallschutz in der deutschen und ausländischen Metallbearbeitung**

sprach Dr.-Ing. *Buxbaum*, Charlottenburg; er wies auf das Zusammenlaufen von Wirtschaftlichkeit und Unfallschutz hin. Vorteile bringen die Anlagen für neuzeitliche Fließfertigung. Es wird gefordert, die im Betrieb befindlichen Maschinen und Werkzeuge von Zeit zu Zeit planmäßig zu untersuchen. Wichtig ist auch, daß der Konstrukteur schon die Maschinen unfallsicher durchbildet und auch die Werkzeuge entsprechend ausgebildet sind[1]). Die Schutzmaßnahmen gegen

**Gewerbegifte**

behandelte Dr. h. c. *Fischer*, Potsdam. Sie lassen sich aufteilen in anorganische (Metalloide und Metalle) und in organische Gifte (aliphatische und aromatische Reihe). Die Einwirkung der Gewerbegifte auf den menschlichen Organismus ist außerordentlich verschieden. Die zu ergreifenden Schutzmaßnahmen wurden einzeln aufgezählt. In einer Reihe von Fällen, wo es sich um dauernd zu befürchtende Krankheitsgefahren durch Gewerbegifte handelt, sind Gesetze und Verordnungen zur Bekämpfung dieser Gefahren ergangen, aus denen die Schutzvorschriften im einzelnen zu ersehen sind.

Die Auswirkungen der gewerblichen Anwendung des

**Trichloräthylens als Lösungsmittel**

und die Möglichkeit einer Erkrankung besprach Obering. *Wolff*, München. Gelegentliches Einatmen selbst großer Mengen von Dämpfen kann vorübergehend Unwohlsei Rauschzustand und Betäubung hervorrufen, ohne daß dav bleibende Gesundheitsschädigungen zu befürchten sind. Au regelmäßig wiederholtes Einatmen erheblicher Mengen füh in der Regel bei gesunden Menschen keine bleibenden G sundheitschädigungen herbei, kann aber den menschlich Organismus schwächen, so daß er weniger widerstandfäh gegen andre Krankheitserreger wird. Wenn das Einatm von Lösemitteldämpfen dann längere Zeit unterbleibt, ge diese Schwäehung wieder zurück. Regelmäßiges, lange Z und ohne genügende Unterbrechungen fortgesetztes Ei atmen großer Mengen kann, besonders bei Menschen, der Gesundheit durch andre Ursachen geschwächt ist, zu schw ren und dauernden Gesundheitschädigungen führen.

Die Vorsichtsmaßnahmen bei der gewerblichen Anwe dung von Trichloräthylen bestehen in der Verwendung g schlossener Extraktionsanlagen und neuzeitlicher Wasc anlagen, deren Bauart erläutert wurde.

Wichtig ist auch die

**Staubbekämpfung,**

über die Oberreg.- und Gew.-Rat *Wenzel*, Berlin, berichtet nicht nur wegen der Gefahren des Staubes für die Gesun heit, sondern meist auch aus betriebstechnischen Gründe Die Mittel zur Staubentfernung sind verschieden; es müss aber für die Staubfortführung verschiedene Grundford rungen beachtet werden. Das Ziel muß sein, wertvolle Staub so niederzuschlagen, daß er weiter verarbeitet od dem Verkauf zugeführt werden kann. Die abgezogen Warmluft muß soweit gereinigt werden, daß man sie, g gebenenfalls unter Zusatz von 20 vH bis 25 vH Frischluf in die Arbeitsräume wieder einführen kann. Hinsichtlic der verschiedenen Verfahren der Staubabscheidung wurd besonders betont, daß die Güte einer Staubabsaugung un Staubabscheidung in der Anpassung an den einzelnen Be trieb, an seine Arbeitsweise, an die räumlichen Verhält nisse und nicht zum mindesten in der gewissenhaften Be nutzung und Behandlung liegt.

Über den sehr wichtigen

**Unfallschutz in der Elektrotechnik**

berichtete Obering. *Alvensleben*, Berlin, an der Hand vo Beispielen. Der Vortragende wies hauptsächlich hin au die Verlegung elektrischer Leitungen über Bahnkörpe auf unfallsichere Bauarten von Schaltern, Steckern un Steckdosen, auf die Erdung bei Hochspannung, die Ver wendung elektrischer Maschinen und Geräte in feuchte Räumen und die Installation von Gleichstromleitungen.

Über die rechtliche Seite der Unfallversicherung unte richtete Dr. *Roewer*, Berlin, in einem Vortrag:

**Das dritte Gesetz über Änderung in der Unfallversicherung.**

Dies Gesetz vom 20. Dezember 1928 dehnt die Unfallver sicherung aus auf Feuerwehren, Betriebe zur Hilfeleistun bei Unglücksfällen, Krankenhäuser, Heil- und Pflege anstalten, Entbindungsheime, Laboratorien für naturwissen schaftliche, medizinische oder technische Untersuchunge und Versuche, Schauspielunternehmungen, Kinobetrieb Gast- und Schankwirtsbetriebe. Eingehend behandelte de

[1]) Ein Teil dieses Vortrages ist in diesem Heft S. 1056 abgedruckt.

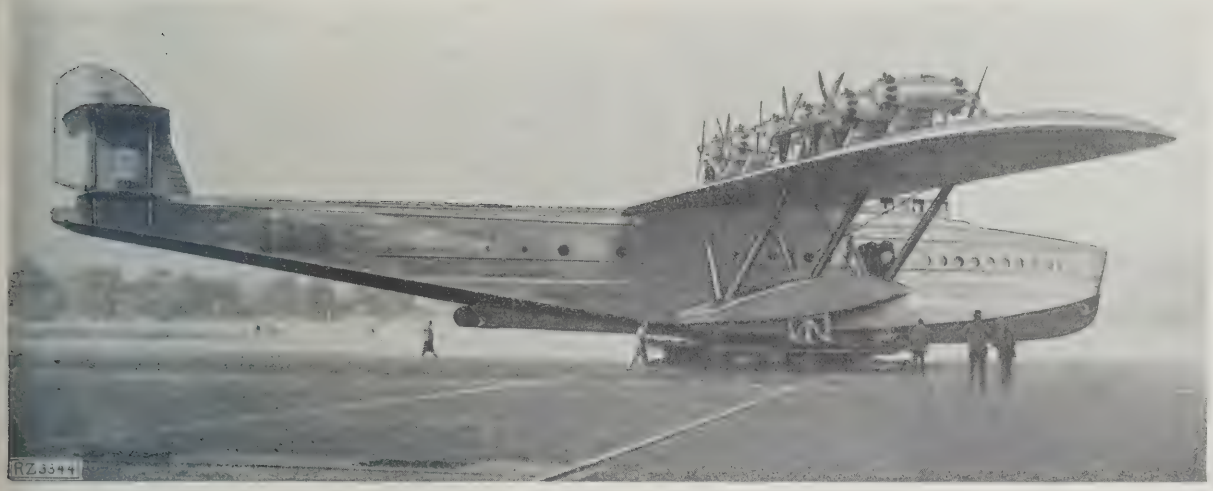
ner auch die Fragen der Versicherung des kaufmän-
hen und verwaltenden Teiles des Unternehmens, die
kwirkung des Gesetzes auf die Zeit vom 1. Juli 1928
die Übernahme bereits bestehender privater Versiche-
gsverträge, die Gründung einer Berufsgenossenschaft
Gesundheitspflege, Wohlfahrtswesen und soziale Für-
ge, Einrichtung berufsgenossenschaftlicher Schiedstel-
die weitere Ausdehnung der Unfallversicherung und
Übergehen der Versicherung von Betrieben zur Ver-
erung der Personen. [M 2985] *Schr.*

## Die 100 at-Anlage des Großkraftwerkes Mannheim

Nachschrift

Die Kohlenscheidungs-Gesellschaft, Berlin, macht mich darauf aufmerksam, daß aus meinen Ausführungen zu dem KSG-Hanomag-Kessel die Bedeutung der Mitwirkung der KSG bei diesem Kessel nicht genügend hervorgehe. Es wird gerne bestätigt, daß der grundsätzliche Entwurf dieses Kessels von der Kohlenscheidungs-Gesellschaft, Berlin, stammt. [N 3341] *Marguerre*

# *Kleine Mitteilungen*




*„P. u. A. Photos"*

### Dornier-Flugboot Baumuster Do X

Das Dornier-Flugboot Baumuster Do X, das in dem
weizer Werk Altenrhein bei Rohrbach der A.-G. für
rnier-Flugzeuge erbaut wurde, unternimmt zur Zeit
beflüge. Das Flugboot hat 48 m Spannweite, ist 40 m
g und hat 490 m² tragende Fläche. Es ist mit zwölf je
PS leistenden Siemens-Jupiter-Motoren mit Luftkühlung
baut; die Gondeln sind auf verkleideten Stützen auf der
agfläche angeordnet. Die sechs Gondeln sind durch eine
che miteinander verbunden. Über das Innere der Gondel-
tzen sind die Motoren während des Fluges für die
otorenwärter zugänglich.

Das Flugboot zeigt die übliche Dornierbauart. Der Rumpf
in drei Stockwerke geteilt. Im ersten Stockwerk sind
Brennstoffbehälter eingebaut, im mittleren sind Fluggast-
d Gepäckraum untergebracht. Im oberen Stockwerk be-
det sich die Flugbootführung, in die sich Sonderfachleute
len. Die Flugzeugführer überwachen den Flugzustand,
Ingenieur und vier Mechaniker regeln das Triebwerk.
r Kommandant, unterstützt durch einen Beobachtungs-
izier, bestimmt den Kurs und erteilt der Besatzung die
r Lage entsprechenden Weisungen. [N 3344 a] *Gw.*

### Erweiterungskosten eines Dampfkraftwerkes

Vor etwa 3½ Jahren wurden in einem amerikanischen
ampfkraftwerk drei 1385 m²-Dampfkessel mit Ölfeuerung
d eine 32 000 kW-Turbodynamo in Betrieb genommen. Die
ulichkeiten waren für eine Erweiterung um etwa die
iche Leistung bemessen. Die Anlage umfaßte außerdem
ansformatoren für 37 500 kVA Leistung, einen 60 m hohen
senbeton-Schornstein, Einrichtungen zum Speichern und
fördern des Brennöles und zwei Krane für 100 und 30 t.
r Zeit werden nun zwei weitere 1385 m²-Kessel, eine
000 kW-Turbodynamo und drei 15 000 kVA-Transforma-
ren aufgestellt, außerdem Einrichtungen zum Bereiten,
eichern und Befördern von Kohlenstaub für alle fünf
ssel. Durch diese Erweiterung haben sich die Anlage-
sten für 1 kW von 755 auf 575 ℳ und die Kosten der Bau-
hkeiten von 49 auf 39 vH der Gesamtkosten gesenkt. In
sen Beträgen sind jedoch die allgemeinen Unkosten und
Grundstückkosten nicht einbegriffen. Auf die Kessel-
lage, die Turbodynamos und die elektrischen Einrichtun-
n entfallen nach der Erweiterung 28, 17 und 15 vH der
samtkosten. („Electrical World" Juni 1929 S. 1325*.) *Le.*

### Der „Chalk"-Wasserrohrkessel

Auf Grund der Erfahrung, daß die in der Feuerkammer eines Kessels erzeugte Hitze sich leichter durch Strahlung als unmittelbar fortpflanzt, hat *J. T. Chalk* jetzt einen Wasserrohrkessel entworfen, der der Strahlung eine große Angriffsfläche bietet. Das wesentliche Merkmal des Kessels besteht darin, daß sich auf jeder Seite zwei Röhrgruppen befinden, von denen die der Feuerkammer zugekehrte Gruppe die eigentliche Heizfläche darstellt. Die Wärme überträgt sich zunächst auf diese Heizfläche, strahlt von dort auf die dahintergelegenen zweiten Rohrgruppen über und pflanzt sich dann unmittelbar fort. Neu ist auch die Anordnung einer durch Wasser gekühlten Scheidewand, die die Feuerkammer in zwei Teile trennt. Auf diese Weise entsteht ein Doppelendkessel. Diese Anordnung, die für den Schiffsbetrieb besonderen Vorteil bietet, hat große Raumersparnis zur Folge, vermeidet die gebogenen Rohrenden und dient als feuerfeste Bekleidung der Hinterseite des Kessels.

Da der „Chalk"-Kessel im Verhältnis zu seiner Gesamtbreite einen sehr breiten Rost hat, eignet er sich besonders gut für Kohlenfeuerung, tut aber auch bei Öl- und Kohlenstaubfeuerung seinen Dienst. („The Marine Engineer and Motorship Builder" Juli 1929, S. 306*.)
[N 3344 c] *Bl.*

### Schnellzüge in England

Am 14. Juli 1903 wurde in Paddington ein Zug zusammengestellt, der die Familie des heutigen Königspaares in 3 h 53 min 35 s ohne Aufenthalt nach Plymouth brachte. Die Durchschnittsgeschwindigkeit war geradezu ungeheuerlich für die damalige Zeit, sie betrug 108 km/h. Aus diesem Zug hat sich ein Jahr später der Cornish Riviera Express entwickelt. Die Great Western Railway feierte kürzlich die 25. Wiederkehr des Eröffnungstages dadurch, daß sie vom 1. Juli ab einen Zug aus gänzlich neuen, fast feuersicheren Wagen von 18,29 m Länge und 2,92 m Breite verkehren läßt. Der Zug befördert auf bequemen Sitzplätzen 427 Fahrgäste, von denen 119 gleichzeitig speisen können. Sein Gesamtgewicht beträgt 449 t, seine Durchschnittsgeschwindigkeit 101,7 km/h; doch läßt die Leistung der Maschine höhere Geschwindigkeiten zu. Dabei ist der Lauf ruhig und leicht. Der schnellste Zug der Welt soll gegenwärtig der Cheltenham-Paddington Express sein, der auf der rd. 124 km langen Strecke von Swindon nach Paddington im Mittel 106,6 km/h erreicht. („The Engineer" 12. Juli 1929 S. 47.) [N 3344 d] *Stg.*

### Siebbewegung und vollkommenes Sieben

Das Bureau of Mines veranlaßte die Untersuchung der Wirkung der Bewegung eines Siebes auf die Güte des Siebens. Am wirksamsten wurde eine Schwingbewegung von hoher Frequenz befunden. Dabei ist mit zunehmender Korngröße der zu siebenden Stoffe die Amplitude der Schwingung zu vergrößern und die Frequenz zu verringern. Mit der Versuchsvorrichtung konnten 500 bis 2500 Schwingungen in 1 min erzielt werden. Untersucht wurden der mehr rundkörnige Quarz und Bleiglanz für Siebe mit 14 bis 20 Maschen und 65 bis 100 Maschen auf einem Quadratzoll. („Engineering" 12. Juli 1929 S. 63.) [N 3344 f] *Schr.*

### Laufkran für einen Holzlagerplatz

Für die Zellulosefabrik Attisholz, Schweiz, haben die Ateliers de Construction mécaniques de Vevey zusammen mit der Demag, A.-G., Duisburg, einen Laufkran gebaut, dessen Brücke bei 162,8 m Gesamtlänge 94 m l. W. zwischen den Gleisen aufweist, wobei sie nach beiden Seiten mit je 34,4 m Länge auskragt. Die beiden Hauptträger von 6,8 m Höhe haben 5,4 m Abstand voneinander, ihr Untergurt liegt 14 m über dem Erdboden. Die Brücke stützt sich auf zwei Joche mit je zwei Füßen, die Joche sind oben 14, unten 16 m breit. Jeder Fuß überträgt seine Last auf vier Laufräder von je 900 mm Dmr. Bei 150 kg/m² Winddruck beträgt der Achsdruck 45 t. Eine Stütze ist als Pendelstütze ausgebildet.

Der Fahrmotor von 70 PS in der Mitte der Brücke ve mag den Kran mit 20 m/min fortzubewegen. Die in ihre Wagen schwenkbar gelagerte Laufkatze hat bei 22,5 t Eige gewicht 5,5 t Tragkraft, ihre größte Fahrgeschwindigk beträgt 240 m/min, bei 60 PS Leistung des Fahrmotors; d Greifzange hat 58 m/min Geschwindigkeit. Zum Heben die ein Motor von 50 PS, zum Schwenken der Katze ein solch von 5 PS und für die Greifbewegung ein weiterer v 34 PS. (Schweizer. Bauzeitung 6. Juli 1929 S. 16/17*.) [N 3344 e] *Sd.*

### Schweißen im Großmaschinenbau

Für Schrägkammeröfen hat die Gas Machinery C Cleveland, Ohio, eine Koksausdrückmaschine gebaut, der Gestell aus Stahlblechen und -formeisen elektrisch g schweißt wurde. Der Drücker besteht aus einzelnen kurz I-Gliedern, die untereinander durch zwei mit Blechen ve schweißte Achsen verbunden sind. Der Drücker kann d her in dem Gestell zusammengerollt werden. Auch die a einem durchbohrten Stahlblock hergestellten Lagerauge hat man eingeschweißt.

Die Westinghouse Electric & Mfg. Co. hat ein 2 schweres Polrad (rd. 4875 mm Dmr.) für einen 45 000 kV Stromerzeuger, angetrieben durch eine Wasserturbine, a Stahlblechen und Profilen geschweißt. Hierdurch wurde 25 vH an Gewicht gegenüber einem gegossenen Rad erspar („Machinery" Juli 1929 S. 816*.) [N 3344 g] *Gw.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Das It-Diagramm der Verbrennung.** Von *P. Rosin* und *R. Fehling*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 31 S. m. 35 Abb. und 10 Taf. Preis 7,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 6,75 *RM*.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit ist nach der Einleitung „vorwiegend die Schaffung eines brauchbaren Hilfsmittels zur Erweiterung unserer Anschauungen des Verbrennungsvorgangs und ihrer rechnerischen Beherrschung", und zwar in erster Linie zum Zwecke der Anwendung bei praktischen Feuerungsberechnungen unter Verwendung graphischer Tafeln.

Dieses Ziel ist mit einer solchen wissenschaftlichen Gründlichkeit und zugleich mit einem Verständnis für die praktischen Bedürfnisse der Feuerungstechnik angestrebt und erreicht worden, wie man es sehr selten findet. Die Grundlagen dazu sind schon in der Arbeit von *Rosin* in dieser Zeitschrift Bd. 71 (1927) S. 323 auseinandergesetzt worden. Diese Arbeit hat die ungeheuere Vielgestaltigkeit der Verbrennungsvorgänge, die durch die Verschiedenheit der technischen Brennstoffe, ihrer Heizwerte, der Zusammensetzung ihrer Feuergase, des Luftüberschusses, der Verbrennungstemperaturen und der Dissoziationsgrade der Kohlensäure und des Wasserdampfes bedingt wird, in einen einfachen und doch den Einzelverhältnissen genaue Rechnung tragenden Rahmen gebracht. Dieses kaum als möglich erscheinende Ziel haben die Verfasser tatsächlich erreicht, und es ist jetzt mit Hilfe der dem Buche beigegebenen Tafeln möglich, nur mit Kenntnis des Heizwertes und der Art des Brennstoffs (ob fest, flüssig oder gasförmig) Feuerungen, die sonst umständliche und langwierige Zahlenrechnungen verlangten, mit dem denkbar kleinsten Aufwand an Zeit und Arbeit zuverlässig zu berechnen.

Besonders bemerkenswert ist, wie die Verfasser auch die Dissoziationsvorgänge, die jeder einheitlichen und einfachen Behandlung zu trotzen schienen, zu meistern verstanden haben. Eine Reihe von Zahlenbeispielen am Schluß läßt dies mit eindringlicher Klarheit erkennen.

[E 3235] *W. Schüle*

**Probleme des Betonstraßenbaues.** Von *E. Probst* und *H. Brandt*. Berlin-Charlottenburg 1928, Zementverlag. 289 S. m. Abb. Preis 12 *RM*.

Unter diesem Titel behandeln Prof. *E. Probst* und sein Assistent Dr.-Ing. *H. Brandt* auf Grund von Versuchen der Bautechnischen Versuchsanstalt der T. H. Karlsruhe die für den Betonstraßenbau mit seinen verhältnismäßig dünnen Fahrbahnplatten besonders wichtigen Fragen der Verschleißfestigkeit (Abnutzung) und der kapillaren Saugfähigkeit (Schwellen und Schwinden) des Betons und der zweckmäßigsten Fugenteilung (Rißbildung). Im ersten Teil der Arbeit werden die baustofftechnischen Fragen durch umfangreiche und sorgfältige Versuche geklärt. Hohe Verschleißfestigkeit erfordert, zähen und harten Zuschlag mit einem Sandzusatz zu verwenden, der eben noch zur vollständigen Umhüllung der Grobzuschläge ausreicht; für ve ringe kapillare Wassersaugfähigkeit, von der Frostempfind lichkeit, Schwellen und Schwinden des Betons abhängen, is ebenfalls geringer Sandgehalt und nicht zu nasse Zusammen setzung der Mischung bei guter Zementpaste (Selbstdich tung) notwendig. Auf Grund dieser Ergebnisse sind wer volle Richtlinien für die Baustoffwahl guten Straßenbeton aufgestellt und danach die Zusammensetzung des für di Versuchstraßen gewählten Grubensand-Schotterbetons b stimmt.

Die Abschnitte 2 und 3 bringen Untersuchungen a Versuchstraßen, die unter Beachtung der im Abschnitt gewonnenen Erkenntnisse, teils auf dem Hochschulgeländ teils im städtischen Straßennetz angelegt wurden; erster blieben ohne Verkehrsbelastung, letztere liegen unte starkem Verkehr. Die Versuche dienten in der Hauptsach den Fragen der ein- oder zweischichtigen Ausbildung de Profils und der Anordnung der Fugen. Es ergab sich, da bei den meist in Deutschland auf festem Untergrund mi 12 cm ausreichend bemessenen Plattendicken das ein schichtige Verfahren den Vorzug verdient. Die eingehende Untersuchungen an den nicht befahrenen Straßen über Aus dehnung und Zusammenziehung der Betonplatten zeigten, da es nicht richtig ist, nur Preßfugen zu verwenden, da sich di Betonplatten in der Straße trotz anfänglichem Schwinde infolge von Feuchtigkeit und Temperatureinfluß über ihr Anfangslänge hinaus ausdehnen; um hierbei schädlich Spannungen zu vermeiden, muß man neben Querzusammen ziehungsfugen auch in größeren Abständen Querausdeh nungsfugen und bei größeren Straßenbreiten auch Längs fugen anbringen. Die unvermeidlichen Volumänderunge der Platten und die damit verbundenen Bewegungen werde erleichtert, wenn der Untergrund der Platten geglättet wird Trotzdem kommt nur ein Teil der Volumveränderungen i Verlängerungen und Verkürzungen der Platten zur Er scheinung, ein großer Teil wird stets infolge des Reibungs widerstands zwischen Fahrbahn und Unterlage in Spannun umgesetzt. Je länger die Platte, desto geringer fallen di auf 1 m bezogenen Längenänderungen aus, desto größer Spannungen treten in den Platten infolge verhinderter Deh nung auf, die bei zu langen und zu breiten Platten zu dere Zerstörung führen müssen. Den Schluß der Abhandlung bilden auf die Versuchsergebnisse aufgebaute Richtlinien fü den Bau von Betonstraßen.

Die interessante Schrift, die viele neue Erkenntniss vermittelt, kann allen Straßenbau- und Betonbaufachleute empfohlen werden. [E 3055] *Ammann*

**Mathematische Strömungslehre.** Von *Wilh. Müller*. Berlin 1928, Julius Springer. 239 S. m. 137 Abb. Preis 19,50 *RM*

Es handelt sich um eine zwischen den Ansprüchen des Mathematikers, Physikers und Ingenieurs vermittelnde Einführung in die moderne Strömungslehre, dem Titel entsprechend mit besonderer Betonung der mathematischen

te. Die Grundlagen werden, von den elastischen Ver-rungs- und Spannungsfeldern ausgehend, in Vektor-stellung mit umfassender Benutzung des Quell-, Wirbel- Potentialbegriffes aufgebaut und im zweiten Kapitel onders auf krummlinige, Kugel- und Zylinderkoordinaten gebaut. Spielend ergibt sich die Überleitung auf die gel- und *Besselschen* Funktionen und auf die Methode der formen Abbildung für ebene Strömungsprobleme.

In den folgenden Kapiteln werden die Längs- und Quer-mungen um Rotationskörper und Zylinder verschie-en Umrisses an der Hand der *Rankineschen* Quellsenk-thode behandelt und der Einfluß benachbarter Wände, er Wirbel, Diskontinuitätsflächen und der der Zirkula-ionsströmungen auf die Strömungsdrücke und -formen wickelt. Besondere Beachtung findet der *Magnus*-Rotor t Anfahrwirbel, als Grundlage für die Theorie des gflügels und des Eindeckers. Den Abschluß bilden die eiterte Strahl- und Wirbeltheorie des Schraubenpropel-s und ein Abriß der Wirbeltheorie der Turbinen.

Bei der Vielseitigkeit des Stoffes war natürlich eine schränkung auf das Wesentliche der Probleme geboten; tzdem ist auf engem Raum ein sehr umfangreicher, bis- weitverstreuter Stoff zusammengetragen und oft durch ene Untersuchungen abgerundet worden. Soweit mög-h, sind den Ergebnissen der Rechnung die des Versuches genübergestellt. Die Spröde der analytischen Darstellung durch viele geometrische Hinweise gemildert und durch e große Zahl schöner Stromlinienbilder überwunden, die n Buch für den Ingenieur einen besonderen Wert ver-hen und über einzelne Schwächen in der Darstellung der ysikalischen Seite der Fragen hinwegsehen lassen. Im nzen wird der mit den Elementen der Vektoranalysis und nktionentheorie vertraute Techniker aus der vorliegenden uerscheinung reichen Nutzen ziehen können.

[E 3074] *H. Föttinger*

**bration problems in engineering.** Von *S. Timoshenko.* New York 1928, D. Van Nostrand Comp. 351 S. m. 165 Abb. Preis 4,50 $.

*Timoshenko,* der in Petersburg (1916) ein Buch über astizitätstheorie veröffentlichte, bringt uns aus seiner uen Wahlheimat ein Buch über die Theorie der mecha-schen und elastischen Schwingungen und ihre Anwen-ngen. Nach seinem Vorwort lehnt er sich an sein vor-nanntes Werk und die Vorlesungen für Maschinenbauer r Westinghouse Electric & Mfg. Co. an. Wir finden auch s einschlägige deutsche Schrifttum gut berücksichtigt. Im sten Abschnitt bespricht der Verfasser die Gleichungen er die freien und erzwungenen Schwingungen bei einem eiheitsgrad und die Aufzeichnungen der Schwingungen. *ayleighs* Näherungsverfahren und seine Anwendung auf nlaufende, belastete Wellen, wird an Rechenbeispielen und ichnerisch am Seil- und Krafteck gezeigt. Der zweite bschnitt behandelt die freien und erzwungenen unharmo-schen Schwingungen bei einem Freiheitsgrad und die ein-hlägigen deutschen und schweizerischen Arbeiten über hüttelschwingungen, der dritte Abschnitt die Gleichun-n von Schwingungen bei mehreren Freiheitsgraden und e Anwendung auf Schwingungen von Fahrzeugen, doppelt id mehrfach gestützten Wellen von Dieselmotoren, Tur-nen, ihre Dämpfung und den Schlingertank. Im vierten bschnitt bespricht *Timoshenko* die Dehnungs-, Drehungs-, enbran- und Biegeschwingungen und ihre Anwendungen f Bauteile von Turbinen, auf Schiffe usw. Am Schlusse erden kurz Geräte für Schwingungsmessungen beschrieben.

Das Buch zeigt deutlich den hervorragenden Anteil eutscher Forscher am Ausbau dieses jungen Forschungs-biet es. [E 3075] *R. Berger*

eutsches Museum. Abhandlungen und Berichte. 1. Jg. 3. H.: **Deutsche Meisterwerke bergmännischer Kunst.** Von *E. Treptow.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 48 S. m. 42 Abb. Preis 1 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 0,90 *RM*.

Die vorliegende Abhandlung bringt eine sehr gute, nappe Zusammenstellung der wichtigsten Schöpfungen eutscher künstlerischer Tätigkeit, die sich auf den Bergbau eziehen. Der Verfasser hat das große Verdienst, die weit rstreuten Unterlagen für diese Arbeit gesammelt und ge-ichtet zu haben. Naturgemäß sind in erster Linie Meister-erke aus dem älteren Erz- und dem Salzbergbau gebracht. er jüngere Kohlenbergbau ist nur durch die Arbeiten *hmidthauers* aus dem oberschlesischen Steinkohlenbergbau rtreten. In der neuesten Zeit sind jedoch auch mehrfach eisterwerke, welche insbesondere den westfälischen Stein-ohlenbergbau zum Gegenstand haben, geschaffen worden. s sei hier nur z. B. an die charakteristischen Radierungen . *Kätelhöns,* Essen, erinnert. Es würde gut sein, wenn uch diese neueren Werke bergmännischer Kunst in die ammlung aufgenommen würden, damit auch der wichtigste weig des deutschen Bergbaus hier vertreten ist. Im übrigen zeigt die Abhandlung klar und deutlich, daß zu allen Zeiten die eigenartige bergmännische Tätigkeit Künstler zu Schöpfungen begeistert hat, für die wir in unserm nüchternen Leben der Gegenwart nur dankbar sein können.

[E 3221] *A. Schwemann*

**Geschichte der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen 1879 bis 1929.** 50 Jahre Kältetechnik. Wiesbaden 1929, Selbstverlag. 192 S. m. Abb. und Bildnissen.

Die Festschrift ist ein Ruhmesblatt deutscher Technik und zeigt, welche Entwicklung die Gesellschaft, die am 21. Juni 1879 mit einem Aktienkapital von 200 000 *RM* begründet, heute 16,5 Mill. *RM* Kapital besitzt, fußend auf den Arbeiten des Pioniers der Kältetechnik, des Geheimrats Dr. phil. h. c. Dr.-Ing. E. h. *Carl von Linde,* der am 11. Juni 1929 seinen 87. Geburtstag feierte, genommen hat. Nach einem Geleitwort *Carl von Lindes* wird die wirtschaftliche und technische Entwicklung der Gesellschaft durch Einzelaufsätze seiner Mitarbeiter geschildert.

Die Gesamtkälteleistung der von der Abteilung A für Kältemaschinen gelieferten 10 912 Lindeschen Großkältemaschinen über 15 000 kcal/h in 6559 Betrieben des In- und Auslandes beträgt heute rd. 1,2 Milliarden kcal/h.

Die Bedeutung und Entwicklung der 1895 gegründeten Abteilung B für Gasverflüssigung in Höllriegelskreuth bei München wird von verschiedenen leitenden Persönlichkeiten dargelegt. Ein fesselnder Aufsatz von Dr.-Ing. *Hausen* behandelt die physikalischen Grundlagen der Gasverflüssigung und Rektifikation. Zu den ursprünglichen Apparaten *Carl von Lindes*[1]) zur Verflüssigung von Luft sind die ausgedehnten Fabrikationseinrichtungen zur Herstellung von Sauerstoff, die allein in Deutschland 1928 12 Mill. m³ Sauerstoff absetzten, und von Stickstoff durch Rektifizierung getreten, sowie die Anlagen zur Herstellung des Wasserstoffes aus Wassergas, von Edelgasen und insbesondere in neuerer Zeit die Einrichtungen zum Zerlegen von Koksofengas zum Zwecke der Herstellung eines für die Ammoniaksynthese geeigneten Gemisches von Wasserstoff und Stickstoff.

Im Jahre 1920 wurde die Maschinenfabrik Sürth von der Gesellschaft als Abteilung C übernommen, die Hochdruckkompressoren für die Luftverflüssigungsanlagen und Kleinkältemaschinen herstellt; letztere werden von der der Gesellschaft angegliederten Firma G. H. Walb & Co., Mainz, vertrieben.

[E 3189] *Koeniger*

[1]) *C. Linde,* Z. Bd. 44 (1900) S. 69.

**Fördermittel zum Bekohlen und Besanden von Lokomotiven.** Von *Max Gottschalk.* Berlin 1928, Verlag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 172 S. m. 58 Abb. Preis 7 *RM*.

In dem vorliegenden Buche werden die bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in Betrieb befindlichen Lokomotiv-Bekohlungs- und Besandungsanlagen auf ihre technische Ausführung und ihre Wirtschaftlichkeit untersucht.

Nach seinem Vorwort will der Verfasser insbesondere allen denen, die mit der Lokomotivbehandlung zu tun haben, einen umfassenden Überblick geben und den Studierenden zeigen, welche Anlagen notwendig sind, um den Eisenbahnbetrieb ordnungsmäßig und reibungslos durchzuführen. Für diesen Zweck ist das Buch gut geeignet. Darüber hinaus wird es auch in weiteren Kreisen der Ingenieure, insbesondere der Fördertechnik, mit den darin behandelten vielen Sonderkonstruktionen von Hebezeugen Beachtung finden.

[E 3188] *Sd.*

**Technischer Literaturkalender.** Dritte Ausgabe. Unter Befürwortung durch den Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine herausgegeben von Dr. *Paul Otto.* München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 736 Spalten. Preis 24 *RM*.

Das vorliegende Werk, das 1918 dem Buchhandel übergeben wurde und nunmehr in dritter Auflage erscheint, dient dem Nachweis der technisch-literarischen Produktion lebender Schriftsteller des deutschen Sprachgebietes. Es umfaßt mehr als 5000 Namen und stützt sich auf die eigenen biographischen Angaben der im Kalender vermerkten Persönlichkeiten. Man würde der Bedeutung eines solchen Nachschlagewerkes kaum gerecht werden und im übrigen einer unlösbaren Aufgabe gegenüberstehen, wenn man bei seiner Beurteilung von Untersuchungen über seine Vollständigkeit ausginge. Es genügt festzustellen, daß der Kalender handlich und in seiner alphabetischen Anordnung übersichtlich, wenn auch noch nicht völlig einheitlich gestaltet ist. Dem Herausgeber gebührt uneingeschränkter Dank dafür, daß er sich der mühevollen Arbeit unterzogen hat, durch die neue erweiterte Fassung des Buches den Weg zu den Quellen des Schrifttums sehr wesentlich zu er-

leichtern. Er hat auf diese Weise zwischen Erzeugern und Verbrauchern auch auf literarischem Gebiet die Verbindung hergestellt, die hier so wichtig ist wie in jedem andern Zweige schöpferischer Tätigkeit. [E 3010] *Lg.*

Graphische Hilfsbücher für den Buchhersteller, 1. H.: **Manuskript und Korrektur.** Von *Wilhelm Hellwig.* Leipzig 1928, Eugen Kollecker. 15 S. Preis 1 *RM.*

Dieses preiswerte Büchlein kann allen Schriftleitern und Verfassern von Büchern und Zeitschriftenaufsätzen nur aufs wärmste zum Studium empfohlen werden. In knapper anschaulicher Form werden hier die wichtigsten Regeln zusammengefaßt, die bei der Anfertigung der Handschrift und der Anbringung von Berichtigungen in der Handschrift und im Berichtigungsbogen zu beachten sind, wenn man dem Setzer viele unnötige Mühe und Zeit und damit sich selbst Kosten und Verdruß ersparen will.

Das Büchlein bildet auch eine vortreffliche Ergänzung des vom Deutschen Verband technisch-wissenschaftlicher Vereine herausgegebenen Merkblattes für technisch-wissenschaftliche Veröffentlichungen. [E 3214] *Sd.*

**Rechnungswesen und technischer Betrieb.** Die Grundlagen der Plankostenrechnung. Von *W. Lorch* und *Fr. Sommer.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 183 S. m. 48 Abb. u. 13 Taf. Preis 12 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 10,80 *RM.*

**Wirtschaftlich konstruieren.** Von *Carl Gensel.* Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg & Sohn. 100 S. m. 43 Abb. Preis 4,75 *RM.*

**Elektrische Gleichrichter und Ventile.** Von *A. Günther-schulze.* 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 330 S. m. 305 Abb. Preis 29 *RM.*

**Sintern, Schmelzen und Verblasen sulfidischer Erze und Hüttenprodukte.** Von *Ernst Hentze.* Berlin 1929, Julius Springer. 405 S. m. 104 Abb. Preis 46,50 *RM.*

Monographien über angewandte Elektrochemie, 50. Bd.: **Das Scheiden der Edelmetalle durch Elektrolyse.** Von *Georg Eger.* Halle (Saale) 1929, Wilhem Knapp. 120 S. m. 86 Abb. Preis 13 *RM.*

**Die Konstruktion von Hochbauten.** Von *Otto Frick* und *Karl Knöll.* 10. und 11. Aufl. Leipzig und Berlin 1929, B. G. Teubner. 202 S. m. 585 Abb. Preis 9,60 *RM.*

**Einführung in die theoretische Wirtschaftschemie.** Von *Rudolf Koetschau.* Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 152 S. m. 13 Abb. Preis 13,50 *RM.*

**Erddrucktafeln.** Von *Otto Syffert.* Berlin 1929, Julius Springer. 12 S. m. 8 Abb. u. 25 Taf. Preis 6 *RM.*

**De Afsluiting en gedeeltelijke Droogmaking van de Zuiderzee.** (Der Abschluß und die Trockenlegung eines Teiles der Zuidersee. Album in niederländischer, französischer, deutscher und englischer Sprache.) Zusammengestellt unter Mitwirkung des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten und der Direktion der Zuiderseewerke. Amsterdam. N. V. Handelsdrukkerij Holdert & Co. 52 S. m. Abb. Preis 1,30 fl.

**Neunzehnte Berichtfolge** des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates. 1. *Klein:* Beförderung von Kohlenstaub. — 2. *Förderreuther:* Über die Ablöschung von brennendem Kohlenstaub. Berlin 1929, in Kommission beim VDI-Verlag. 7 S. m. 4 Abb. Preis 1 *RM.*

**Achtzehnte Berichtfolge** des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates. 1. Anhaltspunkte für Bezieher von Kohlenstaub für Kohlenstaubfeuerungen. 2. *Nußelt* und *Wentzel:* Über den Zünd- und Verbrennungsvorgang von Kohlenstaub bei verschiedenen Drucken im Verbrennungsraum. 3. *Rummel, Kuhn* und *Oellers:* Temperaturverlauf und Wärmespeicherung im Mauerwerk einer Kohlenstaubfeuerung. 4. *Baum:* Das Verhalten der Asche in der Kohlenstaubfeuerung. 5. *Meldau:* Über die Möglichkeit der Abscheidung von Staub aus heißen Gasen. Berlin 1929, in Kommission beim VDI-Verlag. 16 S. m. 24 Abb. Preis 1 *RM.*

**Die Viskosität der Flüssigkeiten.** Von *Emil Hatschek.* Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 225 S. m. 88 Abb. Preis 15 *RM.*

**Die Voltohm-Drahtseil-Tafel** (Graphische Rechentafel). Herausgeg. von der Firma Voltohm, Seil- und Kabel-Werke A.-G., Frankfurt a. M. 1929, Selbstverlag. Preis der Tafel 2 *RM.*

Messen und Prüfen. Herausgeber *L. Litinsky.* 1. H.: **Die Wärmebilanz des Dieselmotors.** Von *A. Staus.* Halle (Saale) 1929, Wilhelm Knapp. 44 S. m. 16 Abb. Preis 2 *RM.*

**Der Lizenzvertrag,** erläutert an Beispielen aus der Rechtspraxis. Von *Hans Hederich.* 9. Aufl. Charlottenburg 1929, Friedrich Huths Verlag. 80 S. Preis 1,80 *RM.*

**Lichtspielhaus und Theater.** Baupolizeiliche Vorschriften. Zusammengestellt von *P. A. Grieger.* Breslau 1929, Selbstverlag. 178 S. m. 11 Abb. Preis 4 *RM.*

**Statistisches Handbuch für die deutsche Maschinenindustrie 1929.** Herausgeg. vom Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten (VDMA). Berlin 1929. 157 S. Preis 3 *RM.*

**Die internationale Reglung der Funktelegraphie und -telephonie.** (Weltfunkvertrag Washington 1927). Von *H. Thurn.* Berlin 1929, Julius Springer. 97 S. Preis 8,40 *RM.*

**The Aslib directory.** Herausgeg. von *G. F. Burwick.* London 1928, The Oxford University Press. 425 S. Preis 1 £ 1 s.

**Vom Hirten zum Erfinder.** Von *Michael Pupin.* Leipzig 1929, Felix Meiner. 390 S. Preis 12 *RM.*

## Berichtigungen

### Jahresschau der Technik 1928/29, Schiffbau.

In dem Bericht von *Goos* in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 25 S. 840 muß der zweite Satz richtig lauten:

Durch Versuche in den Schleppversuchsanstalten ist festgestellt worden, daß der Widerstand des Schiffes durch diese Bulbform infolge Beeinflussung der Druckverteilung am Schiffskörper und Verringerung der Bugwelle je nach der Geschwindigkeit um 5 bis 12 vH verringert wird, auch dürfte das Vorschiff . . . . [N 3318]

### Einfluß der Walztemperaturen auf die Eigenschaften der Schienen

In Z. Bd. 73 (1929) Heft 28 S. 984 rechte Spalte, 10. und 11. Zeile muß es heißen: „und zwar nimmt die Korngröße etwa nach einer geometrischen Reihe ab, wenn die Endtemperatur in arithmetischer Reihe fällt. [N 3345]

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


Seite

Der Abschlußdamm der Zuidersee. Von *V. J. P. de Blocq van Kuffeler* . . . . . 1041
Die durchdringende Höhenstrahlung . . . . . 1050
Selbsttätige Wanderrostfeuerung für Dampfkessel. Von *R. Bosselmann* . . . . . 1051
Mischungsverhältnis und Verbrennungsvorgänge im Ölmotor (Nachschrift) . . . . . 1055
Konstruktiver Unfallschutz in der mechanischen Werkstatt. Von *B. Buxbaum* . . . . . 1056
Auftauen von Wasserleitungen mit elektrischem Strom 1062
Verpacken leichtzerbrechlicher Waren in Wellpappe. Von *O. Harras* . . . . . 1063
Rundschau: Dieselmotortankschiff „California Standard" — Die Ammoniaksynthese nach Georges Claude — Besuch der Technischen Hochschulen und Bergakademien im Winterhalbjahr 1928/29 — Unfallschutz und Unfallverhütung — Kleine Mitteilungen . . . . . 1065

Seite

Bücherschau: Das Jt-Diagramm der Verbrennung. Von *P. Rosin* und *R. Fehling* — Probleme des Betonstraßenbaues. Von *E. Probst* und *H. Brandt* — Mathematische Strömungslehre. Von *W. Müller* — Vibration problems in engineering. Von *S. Timoshenko* — Deutsche Meisterwerke bergmännischer Kunst. Von *E. Treptow* — Geschichte der Gesellschaft für Lindes Eismaschinen 1879 bis 1929 — Fördermittel zum Bekohlen und Besanden von Lokomotiven. Von *M. Gottschalk* — Technischer Literaturkalender. Von *P. Otto* — Manuskript und Korrektor. Von *W. Hellwig* — Eingänge . . . . . 1070
Berichtigungen: Jahresschau der Technik 1928/29, Schiffbau — Einfluß der Walztemperaturen auf die Eigenschaften der Schienen . . . . . 1072


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

Bd. 73 SONNABEND, 3. AUGUST 1929 Nr. 31

# *Vom Berufsgewissen des Ingenieurs*

***Eröffnungsansprache des Vorsitzenden des Vereines deutscher Ingenieure, Generaldirektors Dr.-Ing. E. h. C. KÖTTGEN, in der 68. Hauptversammlung, Königsberg 23. Juni 1929***

Bevor wir in unsere Tagung eintreten, liegt es nahe, sich die Frage zu stellen: Was hat uns nach Königsberg geführt?

Es war zunächst das 50jährige Bestehen des Ostpreußischen Bezirksvereins, das den Anlaß gab. Wir denken hierbei an die zahlreichen fachlichen Leistungen, die hier in Königsberg entstanden sind; wir denken ferner an die von vorbildlich treuer Gesinnung getragene Förderung der besonderen Arbeiten unseres Vereines. Wir sprechen dem Ostpreußischen Bezirksverein unsere herzlichsten Glückwünsche aus. Hoffen wir, daß ihm trotz aller erschwerenden äußeren Verhältnisse, die in der Zwischenzeit eingetreten sind, ein erfolgreiches weiteres Gedeihen beschieden sein möge, daß eines Tages auch wieder glücklichere Zeiten kommen!

Durch unseren Besuch in Danzig und unsere Tagung in Königsberg wollen wir aber noch einen weiteren Wunsch zum Ausdruck bringen: wir wollen den hiesigen Fachgenossen unsere unverbrüchliche Treue und innere Verbundenheit versichern. Diese geistigen und seelischen Beziehungen können weder durch das Versailler Diktat, noch durch sonstige Maßnahmen der Siegerstaaten zerrissen werden.

Ein Blick in unsere stolze Vergangenheit weckt, wie an jeder Stätte deutschen Kulturlebens, auch hier in Königsberg die Erinnerung an geistige Großtaten, die den kulturellen Aufstieg der Menschen begleiten, an die Bedeutung *Kants* für das Geistesleben der Menschheit und seinen Einfluß auf deutsches Denken.

*Kant* hat die letzten Zusammenhänge in der Welt und des Weltalls durchdacht, hat geordnet, aber auch der Menschheit Ziele gesteckt, die in letzten Gesetzen begründet sind, deren Erkennen über das uns Menschen faßbare kausale Geschehen hinausgeht. Das *Kantsche* Denken und Ergründen liegt der Denkschulung des Ingenieurs besonders nahe. Ging er doch aus von physikalisch-mathematischen Problemen, von astronomischen Zusammenhängen und gelangte zum Schluß zu der unser ganzes Handeln bestimmenden Pflichtsetzung, Pflicht dabei in weitestem Sinne verstanden als die unserem Gewissen Richtung gebende Kraft.

*Kant* gliedert die Welt, in die der Mensch erkennend, fühlend, handelnd hineingestellt ist, in drei Gebiete — das der Natur mit ihrem ausschließlichen Gesetz der Kausalität, über ihm gelagert das der Freiheit mit der sittlichen Verantwortlichkeit des Menschen seinem Gewissen gegenüber und zwischen beidem das Reich der zweckmäßigen Gestalt, der organischen Welt, der Kunst; hier, denke ich, würde er heute die Welt der Technik ihren Platz in seinem gewaltigen Denkgebäude finden lassen. *Kants* Hauptinteresse galt den beiden großen Reichen der Natur und der Sittlichkeit, des verantwortungsvollen Wollens und Sollens des vernunftbegabten Menschen. Ich glaube, daß der Ingenieur, dessen Wirken sich zwischen diesen beiden Reichen entfaltet, gerade deshalb seine Arbeit nach den Grundgesetzen und Grundsätzen der beiden Reiche, dem der Natur und dem des Gewissens und der Pflicht zu orientieren hat, jener Pflicht, die allein zur Freiheit sittlicher Selbstbestimmung führt im Dienste nicht der Menschheit, sondern der Menschen. *Kant* sagt: „Es ist Gebot des moralischen Gesetzes, daß der Mensch niemals — selbst nicht von Gott — nur als Mittel gebraucht werden darf, ohne zugleich als Zweck angesehen zu werden, da uns die Menschheit in der Person jedes Menschen heilig sein muß".

Betrachten wir nun die Arbeit des Ingenieurs und seine Pflichten.

Das Gesamtarbeitsgebiet des Ingenieurs spiegelt sich wider in der Tätigkeit unseres großen Vereines. Sie hat sich im Laufe der Zeit — den neu auftretenden Aufgaben entsprechend — zu immer größerer Mannigfaltigkeit entwickelt; gerade die letzten Jahre erheischten Fortschritt, zusammenfassende Initiative.

Der Ingenieur-Verein erfaßt alle Gebiete der weiten Technik. Wenn auch eine Gliederung nach Sondergebieten eingetreten ist, um durch Beschränkung Gründlichkeit in der Behandlung technischer und wirtschaftlicher Fragen zu erzielen, so betrachten wir es doch als unsere schon durch das Alter und die Größe unserer Vereinigung gebotene Aufgabe, alle Bestrebungen und neue durch die immer weiter fortschreitende Entwicklung bedingte Zielsetzungen zusammenzufassen und zu verwirklichen, die übergelagert sind, die Interessen der Gesamttechnik und damit letzten Endes der Güter erzeugenden Wirtschaft berühren.

Der Jahresbericht des Vereines deutscher Ingenieure gibt ein Gesamtbild der zahlreichen Einzelarbeiten. Das Hauptziel unserer Arbeit bleibt immer, durch Vorträge und Veröffentlichungen dem in der Wirtschaft tätigen Ingenieur die Möglichkeit zu geben, sich über die letzten Fortschritte in technischer und wirtschaftlicher Beziehung zu unterrichten. Historischer Rückblick gibt Ansporn zur Weiterentwicklung; Erkennen früherer Leistungen führt zu eigener Zielsetzung.

Aber auch an den Nachwuchs müssen wir denken. Daraus ergibt sich die Pflicht, den Ausbildungsgang zu ordnen und Wege zu weisen, um die Ausbildung möglichst ergiebig, zweckerkennend, der Entwicklung folgend zu gestalten.

Der Ingenieur ist heute nicht mehr der Beauftragte, der gestellte Aufgaben rein technisch löst. Das wirtschaftliche Gelingen ist der Maßstab unserer Tüchtigkeit. Technisches und wirtschaftliches Denken ist nicht mehr voneinander zu trennen. Die Höhe der Produktion je Mann ist ausschlaggebend für das Wohlergehen des ganzen Volkes, und wir Ingenieure haben diesen Erzeugungsprozeß zu leiten — jeder an seiner Stelle, ob in der Werkstatt oder auf dem Bauplatz oder in zusammenfassender Tätigkeit oder letzten Endes als Leiter

eines der heute immer größer werdenden Wirtschaftsgebilde. Das führt zu weitgehender Verantwortung. Für jeden, an welcher Stelle er auch stehe. Nicht nur zur Verantwortung im Kreise seines engeren Wirkungsbereiches, auch zur Verantwortung gegenüber der Allgemeinheit, als Glied der Gesamtwirtschaft. Nicht nur Tausende und Zehntausende sind in ihrem Schaffen von uns abhängig, die Allgemeinheit hat auch ein Recht, von uns zu verlangen, daß das Geschaffene gut, wirtschaftlich vorteilhaft ist. So werden wir dazu geführt, uns die wirtschaftlichen Zusammenhänge klar zu machen, um die großen wirtschaftlichen Richtlinien zu erkennen.

Gemeinschaftsarbeit wird eine Notwendigkeit. Die Entwicklung nach dem Kriege hat dies gerade in unserem Verein immer deutlicher gezeigt. In der Bereitschaft zur Gemeinschaftsarbeit liegt ein ethisches Erkennen, eine Pflicht. Keiner, auch kein Wirtschaftsgebilde, kann heute für sich allein bestehen. Die Rücksicht auf den anderen schreibt uns unser Handeln vor.

Denken wir daran, daß der Ingenieur der heutigen Zeit ihr Gepräge gegeben hat, daß damit aber auch dem Ingenieur die Verantwortung zufällt, den Erzeugungsprozeß, der die Lebensmöglichkeit der Menschheit bedingt und das Maß der Lebensführung bestimmt, zweckdienlich und reibungsfrei zu gestalten. Der Ingenieur — und ich fasse diesen Begriff in weitestem Umfange, eben als Gestalter der lebensnotwendigen Erzeugung — benutzt die durch die Natur gegebenen Energiequellen, um den Menschen von eigener Kraftleistung zu entlasten, er sucht Mittel und Wege, um das Maß der Gütererzeugung immer mehr zu steigern. Die Erfindung der Dampfkraft war der Beginn, der elektrische Strom überbrückte weite Entfernungen. Die gesteigerte Erzeugung hob die Lebenshaltung. Die Arbeitsteilung aber, die Häufung von Arbeitenden an den Stätten der Produktionsmittel, der zwangsmäßige Ablauf des Arbeitsganges schuf Unzufriedenheit. Begnügen wir uns nicht mit dem Bewußtsein, daß wir die Lebenshaltung der Menschheit gehoben haben, erkennen wir auch die Pflicht, daß der Ingenieur an die breite Masse der handmäßig Arbeitenden denken muß, daß deren Zufriedenheit letzten Endes erst das Wohlergehen der Gesamtheit bestimmt.

Es gibt weite Kreise, die alles menschliche Handeln auf das eigene Interesse des Einzelnen zurückführen wollen, sogar alle Gesetze bis zu den ersten, die das Zusammenleben der Menschheit regeln, den zehn Geboten. Ich glaube, neben dieser egozentrischen Weltanschauung hat noch eine zusätzliche Auffassung Raum.

Neben der materiellen Welt, deren Erforschung schon weit gediehen ist, in der wir die kausalen Zusammenhänge immer deutlicher erkennen, haben wir die organische Welt. Hier ist das Erkennen der Gesetze schwieriger. Aber ein alles durchdringendes Geschehen hebt sich als Regel, als Gesetz heraus: das Streben nach Erhaltung der Gattung, aber auch nach Fortentwicklung. Diese Kräfte wirken mit unabänderlicher Gewalt seit dem Bestehen allen organischen Lebens. Die Menschheit ist nur ein Teil dieses organischen Lebens. Man könnte diese Kräfte die koinozentrischen nennen.

Diese beiden Kräftegruppen wirken nie gegeneinander. Wer an die Interessen der anderen, der Gattung, der Allgemeinheit denkt, schädigt nicht sich selbst. Das Individuum gedeiht mit der Gattung. Um in der uns gewohnten Denkweise zu bleiben, könnte man sagen: die beiden Kräftegruppen wirken in parallelen Ebenen, die verhindern, daß die egozentrischen Kräfte die koinozentrischen je treffen. Die egozentrischen sind quergerichtet, die koinozentrischen geradeaus, in der Richtung der Bewegung, der Zeit, des Fortschrittes, der Höherentwicklung.

Die koinozentrischen Kräfte bestimmen das Sittlich in uns, in unserem Gewissen; sie sind die Grundlage de Ethischen. *Kant* faßte sie zusammen in seinem für alle menschliche Handeln grundlegenden Pflichtgebot. E kleidete es in die Worte: „Handele so, daß die Rich schnur deines Willens jederzeit zugleich als Prinzi einer allgemeinen Gesetzgebung gelten kann".

Lassen wir diese sittlichen Kräfte unser Berufslebe durchdringen, lassen wir sie unser Berufsgewissen sein Ich wies schon darauf hin, wie stark heute die Tätigkei des Ingenieurs das ganze Wirtschaftsleben bestimmt, wi weitgehend ihm Pflichten obliegen. Wir haben nun ein mal Rücksicht zu nehmen auf alle, mit denen wir zu sammen arbeiten — seien es Untergebene oder i gleicher Richtung Schaffende oder sei es die Al gemeinheit.

An die Art der technischen Arbeit sind wir heut durch wirtschaftliche Notwendigkeiten gebunden. Abe wir haben die Pflicht, an die Wünsche und das Wohl befinden der großen Menge derer zu denken, die durc ihrer Hände Arbeit erst die Güter schaffen. Wir solle der Hände Arbeit nicht gering schätzen, oft ist ihr Wer weit höher als der mancher Arbeit mit der Feder. De Entlohnung sind Grenzen gezogen durch unsere pflicht mäßige Sorge für die Erhaltung der Produktionsmittel ohne die niemand schaffen kann. Aber auch die Arbeits freudigkeit sollen wir heben durch unser persönliche Verhalten und durch das Schaffen geeigneter Arbeits einrichtungen und Arbeitstätten. Noch mancher andr Weg steht offen, um den einzelnen an seinem Werk z interessieren; wie anspornend wirkt allein eine Mit teilung, wie sich die Arbeit des einzelnen in das Ganz fügt. Bei besonderen Leistungen soll man anerkennen

Die Zusammenarbeit mit Gleichschaffenden führ zur Gemeinschaftsarbeit, die — wie ich schon sagte — in unserm Verein einen immer weiteren Raum einnimmt Jeder ist hierbei der Gebende und der Empfangende Gerade hier muß egozentrisches Interesse hinter de Rücksicht auf das Ganze zurücktreten. Letzten Ende wird, wenn das Niveau des Ganzen sich hebt, der Tüch tige den nächsten Schritt vorwärts tun.

Und der Allgemeinheit gegenüber sollen wir auch unsere Pflichten erkennen. Wir sind auf sie angewiesen und arbeiten für sie. Der Amerikaner hat es in di Worte gekleidet: „I serve". Es ist dieselbe Einstellung wie die Friedrichs des Großen, als er in größeren Rahmen sein Pflichtgefühl als Dienen bezeichnete.

Es sind große Pflichten, die dem Ingenieur ob liegen. Sie wachsen mit seinem Wirkungskreis und dieser wächst von Jahrzehnt zu Jahrzehnt: Der In genieur ist Wirtschaftler geworden, er wird immer meh Leiter und Wegweiser. Denn trotz aller politischen Auf- und Niederbewegung verlangt die Sachlichkeit, ge kennzeichnet durch das Ergebnis, ihr Recht.

Bringen uns programmatische Forderungen nach stärkerer Anerkennung unsrer Arbeit weiter? Das Primäre sind die Leistungen, aus ihnen wächst die An erkennung. Gewiß mag mancher Wunsch noch unerfüll sein. Betrachten wir aber, wer in den großen Wirt schaftsgebieten an der Spitze steht, im Bergbau und Hüttenwesen, in der Chemie, im Maschinenbau und in der Elektrotechnik, im Bauwesen der verschiedenen Gat tungen, bei der Reichsbahn und Reichspost. Es sind Fachleute, Ingenieure, die Wirtschaftler geworden sind

Aber eins ist uns Ingenieuren notwendig: Ein ver antwortungsvolles Berufsgewissen. Und das gerade be uns in Deutschland, in den kommenden Jahrzehnten Man will uns wirtschaftlich darniederhalten. Amerika dank den Gaben der Natur, hat weiten Vorsprung vo Europa. Das alles mahnt zur Pflichterfüllung.

**Gehen wir an die Arbeit!**

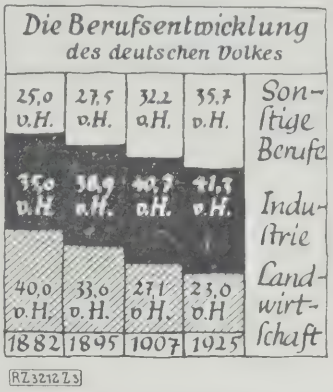
[B 3330]

# ...ndwirtschaft, Technik und Industrie

... *Dr. jur. h. c. v. BATOCKI, Oberpräsident a. D., Bledau, Ostpr.*

*Vorgetragen in der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Königsberg am 23. Juni 1929*

*...reußische Not. Agrarnot. Mechanisierung als Grundlage der „Zivilisation". Bedeutung ... Zusammenhanges zwischen Mensch und organischer Natur für „Kultur": Der Mensch ... Landwirtschaft und Industrie, „Landflucht". Abwanderung des Überschusses der land-...schaftlichen Bevölkerung zu andern Berufen unvermeidlich, weil Boden in altem Kultur-...le kaum vermehrbar, weil Intensivierung wirtschaftlich nur bei gleichzeitiger Rationali-...ung möglich. Rationalisierung schafft Absatz für Industrie, sie ist auch beim Bauern ...g. Verdichtung der landwirtschaftlichen Bevölkerung durch Siedelung nur beschränkt. ...wendige Bevölkerungsverdichtung in den infolge ständiger Abwanderung dünn bevölkert ...iebenen Agrargebieten durch Schaffung industrieller Arbeitsgelegenheit in diesen Gebieten. ... Landwirtschaft als Käufer von Betriebsmitteln und -gütern wie als Lieferer von Lebens-...eln und Industrierohstoffen. Landwirtschaft ist Veredelungsbetrieb für die Rohstoffe: ...len, Dung, Regen, Sonne, Saat. Vertikaler Aufbau. — Absatzbedingungen: Landwirt-...iftliche Erzeugnisse decken heute nicht den Inlandbedarf. Industrielle Erzeugung über-...gt Inlandbedarf und muß Absatz durch Ausfuhr suchen. Zollschutz und Kartellierung ...ken deshalb auf Industrie anders als auf Landwirtschaft. — Produktionsfähigkeit ist bei ... Industrie nur durch Arbeitskraft, Anlagekapital und Absatzmöglichkeit, bei Landwirtschaft ...erdem durch Unvermehrbarkeit des Bodens begrenzt. Trotzdem kann bei weiterem techni-...n Fortschritt und höherer Wirtschaftlichkeit die deutsche Landwirtschaft den vollen Grund-...rungsbedarf des deutschen Volks decken. — Sonderlage und Sonderaufgaben Ostpreußens.*




(Aus der Fachbeilage „Feld und Wald", VDI-Nachrichten vom 19. Juni 1929)

...eine Damen und Herren! Aus dreifachem Grunde ist es mir eine besondere Freude, vor Ihnen zu sprechen: ... Ostpreuße freue ich mich, in meiner vom Vater-...de abgeschnürten von schwerster wirtschaftlicher, außen-...itischer und auch seelischer Not bedrückten engeren ...imat in Ihnen Vertreter aller Gaue und Stämme des ...terlandes bei uns begrüßen zu können; bedarf doch ...preußen solcher persönlichen ständigen Fühlung-...hme von Person zu Person heute dringender denn je. Als ...ndwirt, der seine Scholle und seinen Beruf trotz ...er heute damit verknüpfter Sorge liebt, freue ich mich, ... Männern einer andern bedeutsamen Berufsgruppe ...er Wesen und Bedeutung der deutschen Landwirt-...aft einiges ausführen zu dürfen; und als Mann, den ...s Leben in vielen verantwortlichen Amtsstellen in ...ge Berührung mit allen Volkskreisen gebracht und ...durch zu tieferer Erkenntnis der engen, so oft ver-...nten Zusammenhänge in Volk und Wirtschaft befähigt ..., freue ich mich, daß Sie, m. H., Ihre Tagung einmal in ... Agrargebiet verlegt und dementsprechend die ...len von Ihnen wohl beruflich und gefühlsmäßig ferner ...izenden landwirtschaftlichen Fragen zum Mittelpunkt ...er diesmaligen Beratungen gemacht haben. Ich halte ...s für sehr glücklich.

Der Ingenieur hat es gelernt und ist es gewohnt, ...esentlich in Eisen und Zement zu denken, allenfalls ...ch in Holz, wenn es als Balken und Stütze auftritt, ...d Wasser, wenn es Kraft erzeugt. Sein Ziel ist Ratio-...lisierung, Typisierung, Mechanisierung, möglichste ...eigerung der industriellen Produktion unter möglichster ...sdehnung der maschinellen und möglichster Einschrän-...ng der menschlichen Arbeit, die dabei, wo es geht, ...rch das Fließverfahren oder in anderer Art möglichst ...angläufig gestaltet oder, um ein oft gebrauchtes, mir ...was zu poetisches Wort zu gebrauchen, entseelt ...rd. Auf solcher Arbeit des deutschen Ingenieurs beruht ...e Möglichkeit, daß unser Sechzig-Millionen-Volk, einge-...ercht auf viel zu engem Raum, der Kolonien beraubt, ...m Weltverkehr durch den Neid der früheren Feinde ...ich Möglichkeit ferngehalten, trotzdem den Lebens-...ndard hoher Zivilisation nach dem furchtbaren Zu-...mmenbruch so schnell und so weitgehend hat wieder ...reichen können. Sie können stolz darauf sein, aber ...e sollten nie vergessen, daß in der einseitigen, auf ...chste und auf rentabelste Produktion eingestellten ...echanisierung und in der äußerlichen Fortentwicklung ...ssen, was man Zivilisation nennt, eine Gefahr ...r den einzelnen wie für das Volkstum liegt, wenn ...icher Einstellung nicht das Corrigens der ...flege des Zusammenhanges mit dem ...rganischen in der Natur, mit dem See-...schen im Menschen, mit alledem, was wir im Gegensatz zur Zivilisation als Kultur zu bezeichnen pflegen, zur Seite steht.

In solchem Sinne hat wohl der alte Römer das Wort gemeint: „Nulla ars melior, nulla libero homine dignior agricultura". Möge die Berührung, in die Sie in unserem Agrarlande mit der organischen Produktion in Feld und in Wald, in Land- und Fortwirtschaft treten, ein solches Corrigens für Ihre wesentlich auf das Anorganische und Mechanische gerichtete Berufsarbeit bilden.

Allzuviel Zahlen über die Bedeutung der Landwirtschaft innerhalb der deutschen Volkswirtschaft brauche ich nicht zu geben. Die vortreffliche Ausarbeitung Ihrer VDI-Nachrichten[1]), die vor Ihnen liegt, deren eingehendes Studium ich Ihnen ans Herz legen darf, bietet in mustergültig klarer, bildhafter Form fast alles, was in dieser Hinsicht zu sagen ist.

Als erstes

**der landwirtschaftlich tätige Mensch.**

Auf dem Blatte „Feld und Wald" sehen Sie rechts unten einen Abschnitt „die Landflucht". Danach ist der Anteil der Landwirtschaft an der Bevölkerung Deutschlands von 40 vH auf 23 vH binnen 43 Jahren gesunken, der der Industrie gleichzeitig von 35 auf 41,7 vH gestiegen. Die absolute Zahl der landwirtschaftlich tätigen Bevölkerung ist bei wohl reichlich verdoppelter Produktion ziemlich unverändert geblieben, eine Folge der Rationalisierung, der Steigerung des Ertrages, weniger durch vermehrte Handarbeit als infolge Anwendung Handarbeit sparender Geräte und Verfahren.

### Forderung starker Rationalisierung und Normung in der Landwirtschaft

Solche Rationalisierung ist in der in viele Hunderttausende von Einzelbetriebe zersplitterten und dabei von Wind und Wetter abhängigen Landwirtschaft unendlich viel schwerer als in der sich immer schärfer konzentrierenden, syndizierenden und kartellierenden Industrie. Aber die Landwirtschaft muß trotz dieser Hemmnisse aufs Äußerste weiter rationalisieren, wenn sie gegenüber dem Wettbewerb einerseits der überseeischen, auf riesigen Flächen extensiv und aufs höchste rationalisiert arbeitenden und anderseits der osteuropäischen, von Bauern mit niedrigster Lebenshaltung und niedrigsten Lohnansprüchen betriebenen Landwirtschaft bestehen und ihren Angehörigen ein einigermaßen dem Stande der deutschen Zivilisation

[1]) Zur Ergänzung der Vorträge über die Bedeutung der organischen Produktion für Technik und Industrie in der wissenschaftlichen Sitzung der Hauptversammlung haben die VDI-Nachrichten mit Nr. 25 vom 19. Juni 1929 eine vierseitige Bildbeilage „Feld und Wald, Lebensquellen deutscher Wirtschaft" herausgegeben. Das in Buntdruck hergestellte Blatt ist in gemeinsamer Arbeit des Vereines deutscher Ingenieure mit führenden Stellen von Land- und Forstwirtschaft, Statistik und Maschinenbau verfaßt und gibt einen Eindruck von dem Ausmaß und der Vielgestaltigkeit der organischen Produktion in Deutschland.

entsprechendes Einkommen sichern will. Daß die deutsche Landwirtschaft auf diesem Wege immer weiter zielbewußt und erfolgreich fortschreitet, ist für die Industrie von größter Bedeutung. Der Rationalisierungsvorgang selbst schafft der Maschinenindustrie und andern Gewerben Absatz und das durch die Rationalisierung gesteigerte Einkommen der landwirtschaftlich tätigen Bevölkerung hebt ihre Kaufkraft für Konsumgüter aller Gruppen der Industrie. Von allen Gesichtspunkten aus ist es also dankenswert, wenn die deutsche Technik sich mit zunehmendem Eifer und Erfolge der Vervollkommnung der Erzeugung landwirtschaftlicher Betriebsmittel aller Art widmet, um den Rationalisierungsvorgang zu unterstützen. Besonders dankenswert wäre es, wenn die Beteiligten in Industrie und Technik immer mehr der Landwirtschaft das geschäftliche Opfer der Normung und Typisierung aller Geräte brächten. Ein geschäftliches Opfer für die einzelne Firma liegt sicher darin, denn je weniger sie normt und typisiert, desto fester bindet sie den Käufer einer Maschine für deren Lebensdauer beim Bezuge von Ersatzteilen, in deren Verkauf oft ein größeres und sichereres Geschäft liegt als in dem der Maschine selbst. Solche privatgeschäftlichen Erwägungen haben bei landwirtschaftlichen Maschinen und Geräten eine für den Praktiker geradezu grauenerregende Mannigfaltigkeit aller Teile gebracht. Wer wirtschaftlich weiter denkt — bei *Ford* ist manches Interessante darüber zu lesen — der wird sich klar werden, daß in der Endwirkung doch der Landwirtschaft, der Industrie und schließlich selbst dem Maschinenhersteller eine zielbewußte Normung mehr Nutzen bringt, als kleinlich eigennütziges Festhalten an der alten Praxis.

### Ursachen und Wirkungen der Landflucht in Beziehungen zur Industrie

Um nach dieser Abschweifung zu dem zurückzukommen, was man gemeinhin, nicht ganz zutreffend, als „Landflucht“ zu bezeichnen pflegt, dem Stehenbleiben oder dem langsamen Zurückgehen der landwirtschaftlichen Bevölkerung und dem notgedrungenen Übergange des gesamten Bevölkerungsüberschusses zu andern Berufszweigen, insbesondere zur Industrie, so ist darüber grundsätzlich Folgendes zu sagen: Wenn eine Fabrik durch Rationalisierung tausend von ihren zweitausend Arbeitern entbehrlich macht, so wird dadurch die Rentabilität der betreffenden Fabrikation bzw. die Absatzfähigkeit ihrer verbilligten Ware so sehr gesteigert, daß, schematisch ausgedrückt, daneben eine zweite gleichartige Fabrik entsteht, welche die tausend entbehrlichen Arbeiter aufnimmt, und wohl noch eine dritte, die weitere tausend aus der Landwirtschaft zuströmende Arbeitskräfte einstellt. Bei der Landwirtschaft dagegen ist die Grundlage der Produktion, der Grund und Boden in einem dichtbevölkerten alten Kulturlande schon nahezu voll in Nutzung genommen und kaum mehr vermehrbar. Wenn hier durch Rationalisierung Arbeitskräfte frei werden, kann mangels unbenutzten Bodens nicht einfach ein neuer Gutsbetrieb daneben gesetzt werden, der die freigewordenen Kräfte aufnimmt. Im letzten halben Jahrhundert haben Mehrbedarf an Arbeitskräften infolge produktionssteigernder Intensivierung und Ersparnis an Arbeitskräften infolge Rationalisierung sich ungefähr die Waage gehalten, so daß die absolute Zahl der landwirtschaftlich Tätigen etwa unverändert blieb und nur der Bevölkerungszuwachs aus der Landwirtschaft abwandern mußte. Es hat den Anschein, als ob künftig die Rationalisierung sich stärker auswirken wird als die Intensivierung, was einen absoluten Rückgang der landwirtschaftlichen Bevölkerung zur Folge hätte. Das einzige Hemmnis bildet die Tatsache, daß der weitaus überwiegende Teil des deutschen Bodens — übrigens entgegen vielfach bestehenden Ansichten auch in Ostpreußen — von Bauern im Kleinbetriebe bewirtschaft wird, welcher zwar, um der Bauernfamilie eine erträgliche Lebenshaltung zu sichern, auch auf Handarbeitsersparnis bedacht sein muß, der aber einer schnellen Rationalisierung naturgemäß minder zugänglich ist, und da der Anteil des Kleinbetriebes sowohl durch natürliche Entwicklung wie durch planmäßige Aufteilung größer Betriebe seitens des Staates ständig zunimmt.

In jedem Falle kann die Industrie für ihren Absatz mit einer zunehmenden Zahl landwirtschaftlicher Käufer kaum rechnen. Aber auch die Kaufkraft des knappen Viertels der Gesamtbevölkerung, das Landwirtschaft treibt, ist für die Industrie von ausschlaggebender Bedeutung. Für uns Landwirte ist es hocherfreulich, zu sehen, wie in führenden Kreisen der Industrie diese Erkenntnis sich immer mehr verbreitet und dahin führt, daß die Überzeugung von der Notwendigkeit einer wirksameren Förderung der deutschen Landwirtschaft selbst unter gewissen Opfern der übrigen Erwerbskreise sich täglich zunimmt. Ein Punkt muß bei Behandlung dieser Frage auf das schärfste betont werden: die städtischen Gewerbe wären nicht zu ihrer heutigen Entwicklung gelangt, wenn sie auf ihren eigenen, an Zahl und zum Teil auch an Qualität ständig zurückgehenden Nachwuchs allein angewiesen geblieben wären. Die kinderreiche Landbevölkerung hat seit sieben Jahrzehnten der Industrie zugute alljährlich immer wieder große Scharen mit Mühe, Sorge und Kosten auferzogen, die, zur vollen Arbeitskraft gelangt, Beruf und Heimat verließen, eine Blutsteuer, die in den Steuertabellen der Finanzämter nicht erscheint, die aber mehr bedeutet als viele Millionen Reichsmark Steuern.

In Zeiten normaler Rentabilität der Landwirtschaft betrifft die Abwanderung nur den Teil des natürlichen Bevölkerungszuwachses der Agrargebiete, der abwandern muß, weil die engere Heimat ihm keine Arbeitsmöglichkeit gibt. In Zeiten schwererer Agrarkrisen, wie der jetzigen, geht die Abwanderung über dieses natürliche Maß hinaus und betrifft auch solche Gruppen von Landarbeitern und von Bauernkindern, deren Hände die heimische Landwirtschaft braucht, die aber abwandern, weil die Industrie, die in der engeren Heimat fehlt, ihnen zeitweilig ein höheres Einkommen bieten kann, als die heimische Landwirtschaft. Rheinland-Westfalen hat heute die größte Anzahl von Arbeitslosen, und doch wandern allmonatlich viele Tausende aus den Agrargebieten dorthin, sie finden als begehrte, kräftige und willige Kräfte dort wohl auch Arbeit, drängen aber eine entsprechende Zahl der Arbeiter aus der Arbeitsstelle in das Riesenheer der Arbeitslosen, ein neues schweres und nicht einmal Nutzen bringendes Opfer der Landwirtschaft für die Industrie.

Grundsätzlich ist zur Frage der Abwanderung folgendes zu sagen. Die Arbeitskapazität der Landwirtschaft in einem alten Kulturlande wie Deutschland ist, wie erwähnt, wegen der Unvermehrbarkeit des Bodens nicht erheblich ausdehnungsfähig; sie wird im Gegenteil in Zukunft infolge der fortschreitenden Rationalisierung eher ab- als zunehmen. Der Handel ist in vielen Gruppen heute schon übersetzt. Seine Tendenz geht gleichfalls auf Menschenarbeit sparende Rationalisierung durch Konzentration und Mechanisierung. Das Handwerk erliegt in vielen seiner Gruppen der Fabrik, so daß seine Arbeitskapazität trotz aller notwendigen Förderungsmaßregeln kaum wesentlich steigen wird. Der erhebliche Teil der Bevölkerung, der von der Büroarbeit in Behörden, halböffentlichen und privaten Berufsvertretungen usw. seinen Unterhalt findet, ist in seiner Arbeitsgelegenheit durch die auf die Dauer unausbleibliche Rationalisierung des öffentlichen Dienstes bedroht.

So ist die Industrie, die Fabrik, heute berufen, wie sie es schon seit 60 Jahren mit Erfolg getan hat, auch weiter den Bevölkerungszuwachs aufzunehmen, und zwar durch eine so starke weitere Expansion. Sie muß nicht nur die durch Rationalisierung und Konzentration gerade bei ihr selbst besonders stark erfolgende und notwendige Einschränkung des Bedarfs an Menschenarbeit im einzelnen bestehenden Betriebe ausgleichen und für die dadurch bei ihr freiwerdenden Kräfte neue Arbeit, sondern darüber hinaus für den größten Teil des künftigen Bevölkerungszuwachses, auch den der landwirtschaftlichen Bevölkerung, Arbeitsplätze schaffen. Das ist der normale Gang der Dinge.

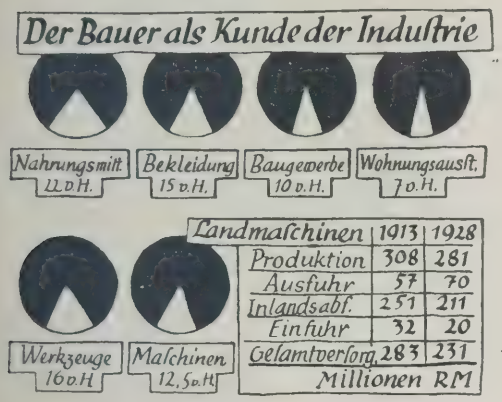
Das Unglückliche der bisherigen Entwicklung liegt darin, daß bisher die neuen industriellen Arbeitsze in immer stärkerer Anhäufung in ganz bestimmGebieten Deutschlands begründet worden sind, und daß den übrigen Gebieten immer wieder der Bevölkerungsrschuß zur Abwanderung in die Industriegebiete gengen wurde. Das geschah nur zum Teil aus ngenden Standortsgründen, weit überwiegend lhalb, weil es privatwirtschaftlich bequemer und renner ist, eine neue Fabrik da zu errichten, wo schon ein mm gelernter Arbeitskräfte am Ort ist und nur die ungernten und anzulernenden Hilfskräfte aus den Agrarbieten angesogen zu werden brauchen. Deren wohnliche l sonstige Versorgung überläßt man dann der Gemeinde l räsoniert über deren hohe Gewerbesteuerzuschläge.

Eine Änderung dieses Systems, eine bessere Mischung schen Landwirtschaft und Industrie über das Reich hin l damit eine allmähliche Ausgleichung der heute völlig resund differenzierten Bevölkerungsdichte im Reiche ist e der wichtigsten deutschen Zukunftsfragen, bei deren sung Industrie und Technik eine ausschlaggebende Rolle plen. Wenn man über wirtschaftliche Beziehungen schen Industrie und Landwirtschaft spricht, darf man dieser Frage nicht vorübergehen.

Die Zeit verbietet mir ein näheres Eingehen darauf. einem in einigen Wochen bei Fischer, Jena, erscheiden Buche werden diese Fragen vom Standpunkt der ch Abwanderung ständig relativ entvölkerten industrieen Agrargebiete von Dr. *Schacht* und mir näher behandelt.

Ein andres Kapitel:

**s leistet die Landwirtschaft als Betrieb und die landrtschaftliche Bevölkerung als Konsument im Verbrauch der industriellen Produkte?**




(Aus der Fachbeilage „Feld und Wald", VDI-Nachrichten vom 19. Juni 1929)

Der Gesamtwert der landwirtschaftlichen Erzeugung d auf 13 Milliarden *RM* geschätzt. Vier Milliarden davon brauchte sie selbst an Nahrung, für neun Milliarden eugnisse bringt sie an den Markt. Der Erlös wird in ßen Zügen etwa wie folgt verwendet:

Für die Erhaltung und Neuherstellung von Wohnr Wirtschaftsgebäuden wird eine halbe Milliarde verdet, welche wohl etwa zur Hälfte der Baustoffindustrie, andern Hälfte dem Bauhandwerk zufließt. (Das sind a 10 vH des Bruttowertes der bauwirtschaftlichen duktion.) Für landwirtschaftliche Maschinen und Ge- ist gleichfalls eine halbe Milliarde *RM* Jahresbedarf usetzen entsprechend etwa 12 vH der Gesamterzeung an Maschinen und Geräten.

Fast zwei Drittel ihrer Produktion gibt die deutsche ngemittelindustrie an die deutsche Landwirtschaft ab. en Bedarf an Produktionsmitteln gewerblicher Herlung wird im ganzen auf zwei Milliarden geschätzt.

Ein etwas größerer Teil der Einnahmen und der Kaufkraft der landwirtschaftlichen Bevölkerung, einschließlich natürlich der Landarbeiterschaft, entfällt auf li Konsumindustrien: Textilien, Nahrungs- und Genußmittel usw. Im ganzen kann man annehmen, daß die landwirtschaftliche Bevölkerung nicht viel unter ihrem prozentualen Anteil an der gesamten Bevölkerung, also reichlich 20 vH des Inlandsabsatzes der deutschen Industrie aufnimmt. Hinzurechnen muß man den erheblichen Verbrauch der für die Landwirtschaft Beschäftigten und von ihr lebenden nicht landwirtschaftlichen Kräfte im Handel und Verkehr und in den freien Berufen sowie der Kreise, welche die Zinsen der leider schnell zunehmenden Schulden der Landwirtschaft beziehen und der öffentlichen Angestellten, die aus dem leider auch unerfreulich hohen Steueranteil der Landwirtschaft besoldet werden.

Das nächste Kapitel:

**Was leistet die landwirtschaftliche Produktion für die Volkswirtschaft und insbesondere für die weiterverarbeitende Industrie?**

Dr. *Claassen* berechnet in einem Aufsatz im „Reichslandbund" vom 18. Mai dieses Jahres auf Grund der Ergebnisse der Steuerveranlagung den Wert der Industrieprodukte im engeren Sinne auf 12,8, den der Agrarproduktion im engeren Sinne auf 9 Milliarden, übereinstimmend letzteres mit Direktor *Lange*[2]), der sonst in vieler Hinsicht von *Claassen* abweicht. Im einzelnen schätzt *Claassen* den Wert der Bodenerzeugnisse auf nicht ganz 10 Milliarden, wovon aber der landwirtschaftliche Betrieb selbst als Futter und Saat den größten Teil verbraucht, so daß nur 2,5 Milliarden Warenwert auf den Markt kommt. Den Hauptteil der landwirtschaftlichen Markterzeugnisse bringt die Viehhaltung mit nach *Claassen* 10 Milliarden, davon die starke Hälfte auf Fleisch entfallend. *Lange* schätzt diese Beträge etwas niedriger. Ein Eingehen auf diese Frage ist mir nicht möglich, ich wollte Ihnen nur einen ungefähren Begriff von der Größenordnung der Zahlen geben.

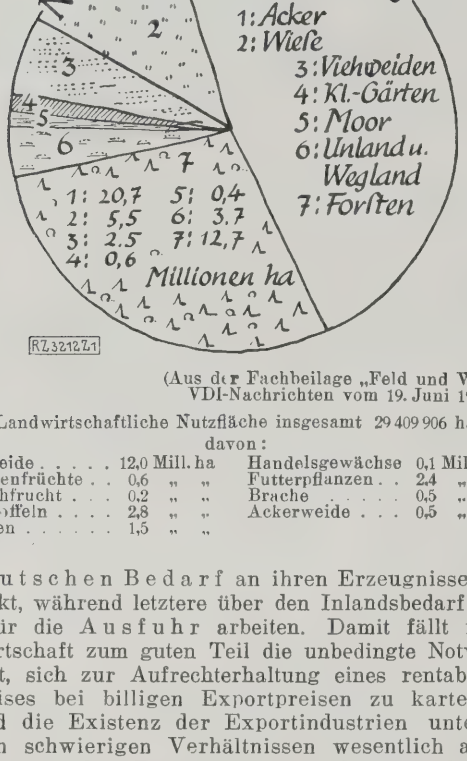
Wichtig zur Beurteilung der in den genannten Absatzzahlen steckenden Produktionsleistung ist folgender Gesichtspunkt: Die Landwirtschaft ist ausschließlich Veredlungsbetrieb. Ihre Rohstoffe sind der Boden mit seinen natürlichen Nährstoffen (der Regen und die Sonne). Die natürlichen Nährstoffe wären in älterem Kulturboden längst erschöpft, wenn sie nicht immer wieder durch Stalldung und Kunstdung ergänzt worden wären. Betriebsmittel sind Bodenverbesserungen, Gebäude, Vieh, Maschinen und Geräte. Die Erzeugung ist in hohem Grade vertikal aufgebaut, nicht ganz so umfassend wie etwa der ideale Vertikalkonzern von Stinnes, der vom Baum im Wald bis zur Zeitung und womöglich bis zum Hotel reicht, in dem die Zeitung, selbstverständlich nur die Deutsche Allgemeine, ausliegt.

Der Gang bei der Landwirtschaft ist etwa folgender: Aus Boden, Dung, Regen, Sonne, Saat und sehr viel menschlicher, tierischer und neuerdings immer mehr motorischer Arbeit entstehen Getreide, Kartoffeln, Rüben, Heu und Weidegräser. Ein mäßiger Teil geht vom Getreide an die Mühlenindustrien, ein größerer von der Hackfrucht geht in die Zuckerfabrik, die Brennerei, Brauerei und Stärkefabrik, ein kleiner Teil als Saat und als Stallmiststroh wieder in den Acker, alles übrige in den Magen der Zugtiere und des Nutzviehes. Die Erzeugnisse des letzteren: Fleisch, Milch, Wolle, Federn, Eier werden zum erheblichen Teil, namentlich was die Milch angeht, von den Landwirten selbst durch Verarbeitung weiter veredelt, im übrigen gehen sie den beteiligten Industrien und Gewerben zur Weiterverarbeitung zu, von dem Teile abgesehen, der zum Frischverbrauch direkt an den Konsumenten geht. Sonderzweige, wie den Gemüsebau für den Frischverbrauch und die Konservenfabrik, den ähnlich liegenden Obstbau, den Bau von Ölfrüchten und Gespinstpflanzen, die industrielle Verwendung von Stroh kann ich nur kurz aufzählen.

**Grundlegende Unterschiede der Landwirtschaft und Industrie**

Ein grundlegender Unterschied bezüglich der wirtschaftlichen Stellung der Landwirtschaft und der meisten Industrien in Deutschland ist der, daß erstere heute

[2]) „Deutsche Wirtschaft", 22. März 1928.




(Aus der Fachbeilage „Feld und Wald" VDI-Nachrichten vom 19. Juni 1929)

Landwirtschaftliche Nutzfläche insgesamt 29 409 906 ha

davon:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Getreide | 12,0 Mill. ha | Handelsgewächse | 0,1 Mill. ha |
| Hülsenfrüchte | 0,6 „ „ | Futterpflanzen | 2,4 „ „ |
| Mischfrucht | 0,2 „ „ | Brache | 0,5 „ „ |
| Kartoffeln | 2,8 „ „ | Ackerweide | 0,5 „ „ |
| Rüben | 1,5 „ „ | | |

den deutschen Bedarf an ihren Erzeugnissen nicht voll deckt, während letztere über den Inlandsbedarf hinaus stark für die Ausfuhr arbeiten. Damit fällt für die Landwirtschaft zum guten Teil die unbedingte Notwendigkeit fort, sich zur Aufrechterhaltung eines rentablen Inlandpreises bei billigen Exportpreisen zu kartellieren, während die Existenz der Exportindustrien unter den heutigen schwierigen Verhältnissen wesentlich auf der preisregulierenden Kontingentierung des Inlandabsatzes beruht. Diese Maßregel ist für die einen großen Teil der Produkte exportierenden Industrie nötig, wenn der Schutzzoll ihr nützen soll, während dieser der Landwirtschaft, deren Preise sich wesentlich nach denen der Einfuhrware richten, die preiserhöhende Wirkung des Schutzzolls auch ohne Kontingentierung ihres Inlandabsatzes genießt. Daraus folgt, daß die neuerdings der Landwirtschaft dringend empfohlene Nachahmung der industriellen Zusammenschlüsse zur Absatz- und Preisregelung lange nicht den durchschlagenden Erfolg haben würde wie bei der Industrie.

Und nun ein letzter Unterschied: Die Kapazität der Landwirtschaft, zumal in einem Lande mit dichter Bevölkerung, ist verhältnismäßig eng begrenzt. Der Boden, die Grundlage der Produktion, ist, wie schon gesagt, in einem alten Kulturlande nicht wesentlich vermehrbar. In der Industrie dagegen geht heute die Kapazität vielfach in nachteiligstem Maße über die Absatzmöglichkeiten im Inlande und Auslande hinaus und diese Kapazität ist, soweit Kapital und Arbeitskräfte vorhanden sind, fast beliebig vermehrbar. Aber trotzdem kann die Landwirtschaft bei ihrer heutigen technischen Entwicklung ohne weiteres binnen kurzer Frist auf der gegebenen Bodenfläche ihre Erzeugung wenigstens so weit vermehren, daß sie den Bedarf des Landes in den Grundnahrungsmitteln voll deckt und das deutsche Volk von der Nahrungsmitteleinfuhr unabhängig macht. Dazu gehört nur, daß die große Masse der landwirtschaftlichen Betriebe ihren Wirtschaftsertrag durch Betriebsverbesserungen auf die Höhe bringt, den die gut geführten Wirtschaften schon heute erreicht haben. Solcher Fortschritt aber kann bei bestem Willen und größtem Fleiße nicht von Landwirten erreicht werden, die infolge der allgemeinen Unrentabilität den Betrieb nur durch ständig wachsende Verschuldung aufrecht erhalten können und zum guten Teil, wenn es so weiter geht, ihren wirtschaftlichen Zusammenbruch binnen weniger Jahre vor Augen sehen.

Heute nährt sich ein guter Teil der deutschen Industriebevölkerung von Waren, die vom Ausland eingeführt und mit vom Auslande immer neu geborgtem Gelde bezahlt werden. Wenn einmal dies Borgen auf läng Zeit ein Ende nimmt und bis dahin die deutsche Landw schaft nicht zur wesentlichen Steigerung ihrer Erzeug instand gesetzt ist, dann können, ohne feindliche Block für den deutschen Städter auf dem Ernährungsgebiet stände entstehen, welche an die schlimmsten Zeiten, wir durchgemacht haben, erinnern.

### Zusammenfassung

Ich habe Ihnen in großen Zügen ein Bild von der deutung zu geben versucht, welche eine gesunde Landw schaft für die gesamte Volkswirtschaft hat und von Verflechtungen der landwirtschaftlichen Produktion Konsumtion mit der übrigen Wirtschaft. Sie haben sehen, daß das knappe Viertel der Deutschen, das in Landwirtschaft tätig ist, einen größeren Anteil an der samtproduktion hat, als seiner Zahl entspricht. Sie hal ferner gesehen, daß die deutsche Landwirtschaft als ferantin an das Gewerbe und als Kunde des Gewerbes gesamt weit mehr bedeuten als der Auslandsabsatz uns Industrie, ganz abgesehen von deren vielfach unrentab Exportpreisen. Sie haben gesehen, welche Gefahren heute von geborgter Einfuhr lebenden Industriebevölker drohen, wenn einmal die Anleihen aufhören, ehe deutsche Landwirtschaft die Versorgung dieser V brauchermasse aus eigenem erreicht hat. Sie hal schließlich gesehen, welche Bedeutung der durch Ar in freier Luft und in ständiger Berührung mit der orga schen Natur körperlich und seelisch gesunde Übersch der Landbevölkerung für die die Menschenmassen schn verbrauchende Großstadt besitzt, zumal bei unserer engem Gebiet zusammengepferchten und dadurch zur V städterung gezwungenen deutschen Bevölkerung.

### Ostpreußens Lage

Nun noch wenige Sätze über die Verhältnisse mein engeren Heimat, der vom Reich abgeschnürten Provi Ostpreußen, welche Sie, ähnlich wie damals Le bei der Fahrt nach Rußland, durch den polnischen Kor dor nur im plombierten Eisenbahnwagen haben erreich können.

Von den landschaftlichen Reizen, welche O preußen dem, der auf hohe Berge verzichtet, bietet, werd Sie sich hoffentlich recht zahlreich in den nächsten Tag selbst überzeugen.

Der landwirtschaftliche Boden ist bei uns dur schnittlich erheblich besser als im deutschen Durchschn Der kurze Sommer und der lange arbeitsarme Win verteuern freilich aufs äußerste die Produktion. Fleiß und Tüchtigkeit steht der ostpreußis Landwirt seinen Berufsgenossen im Reiche sicherlich ni nach. Züchterisch ist er in Deutschland führe das haben noch dieser Tage die ostpreußischen Rind Schweine und Schafe auf der Münchener Ausstellung wiesen. Aber Ostpreußen wird mehr als andre Bezir von dem Wettbewerb getroffen, den seiner Landwi schaft Polen und die Oststaaten dadurch bereiten, d ihre elend lebenden Bauern und Arbeiter entspreche billig produzieren. Unsre abgeschnürte Lage hält d Kapital aus dem Reich von der Anlage in Ostpreuß fern, das wir bei unsrer schweren Kapitalnot so dri gend brauchen. Dazu kommen seit dem kritisch Jahre 1924 fast ständige Mißernten, die die Frucht d Fleißes immer wieder zum großen Teil vernichtet habe

Aber wir werden in Ostpreußen, wenn uns vom Reic her tatbereites Verständnis für unsere besondere Not e gegengebracht wird, auch die gegenwärtige Kri wie so viele vor ihr, siegreich überwinden, damit ein wi schaftlich gesundes deutsches Ostpreußen seine geschic liche Aufgabe als Vorburg Deutschlands geg den Osten und als Brücke zum Osten v erfüllen kann. Wenn auch Sie von Ihrer Fahrt i Ostland heimgekehrt jeder an seiner Stelle das Verstän nis für unsre nationale Aufgabe, unsere wirtschaftlic Notlage und die mit ihr verknüpfte politische Gefa verbreiten helfen, werden Sie dazu beitragen, daß Os preußen wieder gesund und stark wi zum Segen des gesamten Vaterlande

# Wirtschaftliche Wechselbeziehungen zwischen Forstwirtschaft und Industrie

*Von Dr.-Ing. E. h. L. WAPPES, Ministerialdirektor a. D., Vorsitzender des deutschen Forstvereines. München*

Vorgetragen in der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Königsberg am 23. Juni 1929

***Bedeutung des Waldes sowie der stofflichen und wirtschaftlichen Grundlagen des Forstbetriebes. — Es wird dargelegt, in welcher Art die Forstwirtschaft durch die Erzeugung des wichtigen Werkstoffes „Holz" als „Lieferantin" der Industrie zu betrachten ist und wie sie sich auf der andern Seite durch immer weiter ausgedehnte Verwendung von Maschinen und Geräten zu einer wertvollen Verbraucherin der Industrie entwickelt. — Fast alle Arbeitsgebiete der Forstwirtschaft können heute schon maschinell bewältigt werden. — Von dem Zusammenarbeiten von Forstwirtschaft und Industrie sind für beide Teile große Vorteile zu erwarten.***

Wenn heute zum ersten Male durch das Zusammenarbeiten unsrer Tagungen die deutsche Forstwirtschaft und die deutsche Industrie verbandmäßig in nähere Beziehungen zueinander treten und wenn überhaupt, vielleicht angeregt und gefördert durch diese Tage, diese beiden Gebiete menschlichen Denkens und Schaffens zu einer tieferen Gemeinschaftsarbeit kommen, so müssen wir uns klar sein, daß das nur eine Phase tausendjähriger Entwicklung ist und daß deren weiterer Verlauf uns weiter zusammen, vielleicht aber auch wieder einmal auseinander führen kann.

Für uns vom Forstwesen steht es heute so, daß wir allen Anlaß haben, dieses Zusammengehen zu begrüßen und darauf Hoffnung für die Zukunft zu setzen. Und darum freut es mich, daß mir Gelegenheit gegeben ist, Ihnen darzulegen, was wir sind und was wir möchten, daß S i e bei uns finden. Ich hoffe, daß Sie aus der Holzschau, aus dem Buch „Holz" und aus verschiedenen Verhandlungen erkennen, daß heute auch der Mann des grünen Waldes i n g e n i e u r m ä ß i g denken k a n n und m u ß.

Ich gestatte mir, zunächst mit einigen Worten auf die

**Bedeutung des Waldes und der Forstwirtschaft im ganzen**

zu kommen, von der Auffassung ausgehend, daß doch dem größten Teile von Ihnen die Verhältnisse im Forstwesen fremd sind. Einiges Zahlenmäßige gibt Ihnen unser Buch „Holz"[1]) und geben die verschiedenen graphischen Darstellungen[2]), die Ihnen überreicht wurden.

Dabei darf zunächst von den F l ä c h e n v e r h ä l t n i s s e n ausgegangen werden.

Unsere Erde ist bekanntlich zum größten Teil mit Wasser bedeckt. Von der festen Landoberfläche sind nur rd. zwei Fünftel ertragfähiger Boden, das übrige ist Eisfläche, Ödland, Felsen usw. Wir Menschen haben also etwas Pech gehabt mit unserm Stern. Vom ertragfähigen Boden ist nicht ganz die Hälfte landwirtschaftlich benutzt, der größere Teil aber trägt Baumgewächse, entweder Strauchwald oder — weitaus überwiegend — höheren Baumwuchs. Sie erkennen daraus ohne weiteres die Bedeutung der Forstwirtschaft und namentlich ihre Zukunftsbedeutung; denn nur ein kleiner Teil des Waldes steht heute in technischer Behandlung, hauptsächlich in den Ländern germanischen Stammes; die weitaus größere Fläche ist noch unberührt oder nur wenig auf einzelne Holzsortimente ausgebeuteter Urwald. Wir dürfen mit einigem Stolz sagen, daß die A n f ä n g e d e r m o d e r n e n F o r s t w i r t s c h a f t und F o r s t w i s s e n s c h a f t vorwiegend deutscher Arbeit entstammen und daß wir deutschen Forstleute hier ein kostbares Erbe zu verwalten haben.

W e r t s c h ä t z u n g u n d B e n u t z u n g des Waldes haben im Laufe der Jahrhunderte vielfach gewechselt. Jagdbetrieb, Weide und Früchtenutzung haben in früheren Zeiten häufig mehr gegolten als der Baum; heute steht es vielfach so — namentlich in Städten und in vielbesuchten Gebirgen —, daß die ethische und ästhetische Wirkung des Waldes hoch geschätzt wird. Aber trotzdem — und da müssen wir eben real denken — ruht gegenwärtig die Hauptbedeutung des Waldes in seinem wirtschaftlichen Nutzen und vor allem im Holz, das wir heute als sein Haupterzeugnis betrachten und auf dessen Erzeugung wir uns vornehmlich einstellen.

Aus der Lehrschau „Holz". „Grundlagen der Forstwirtschaft". Die graphischen Darstellungen zeigen Waldverteilung, Besitzverhältnisse, Betriebsarten u. a. m. Musterstücke geben eine Übersicht über die wichtigsten ostpreußischen Hölzer.

Nun müssen wir allerdings bescheiden zurückstehen, wenn andre Wirtschaftszweige mit Milliarden von Erzeugungswerten kommen; auch v o n d e r B o d e n k u l t u r selbst haben wir in dieser Beziehung nur einen verhältnismäßig kleinen A n t e i l, etwa $^1/_{14}$, wenn man, wie vorher *v. Batocki* ausgeführt hat, die landwirtschaftliche Erzeugung mit 13 Milliarden *RM* bewertet. Aber soviel ist dabei doch sicher, daß dieser Anteil, der nicht ganz auf e i n e M i l l i a r d e M a r k zu schätzen ist, weder als Stoff noch nach seinem Wert in der deutschen Volkswirtschaft zu entbehren ist; und so ist es wohl von allgemeiner Bedeutung, wenn wir heute sagen müssen, daß auch die deutsche Forstwirtschaft, gleich der Landwirtschaft, wirtschaftlich leidet und daß sie willens ist, soweit irgend möglich, vor allem durch S e l b s t h i l f e, durch Vermehrung, Verbesserung und Verbilligung ihrer Erzeugnisse aus ihrer Notlage herauszukommen.

**Die Maßnahmen gegen die Notlage der Forstwirtschaft**

Diese S e l b s t h i l f e wird — und diese Erkenntnis glaube ich, dringt mehr und mehr in die Fachkreise ein — am raschesten wirksam d u r c h V e r m e h r u n g und V e r b e s s e r u n g d e s A b s a t z e s.

Unser Hauptmarkt ist die Industrie in weitestem Sinne. Und da sind wir der Meinung, sie kann es noch in weit größerem Umfang sein als bisher. Wir möchten darum, daß sich jeder I n g e n i e u r, der seither — d. h. seit der neuen Entwicklung der Technik — vorwiegend in anderen Stoffen als Holz zu denken gewohnt war, mehr an diesen Werkstoff — ich darf sagen den „Jugendstoff der Technik" — erinnere.

Dieses Erinnern soll nach zwei Richtungen gehen: nach der erhöhten Ausnutzung der bekannten und bewährten Verwendungsweisen des Holzes und nach dem Finden neuer Verwendungsweisen.

Sache und Sorge der F o r s t w i r t s c h a f t wird es dabei sein, g e m e i n s a m m i t d e n T e c h n i k e r n d i e t e c h n i s c h e n E i g e n s c h a f t e n d e s H o l z e s tiefer zu e r f o r s c h e n. Daß auf diesen beiden Gebie-

[1]) „Das Holz." Gemeinfaßliche Darstellung seiner Erzeugung, Gewinnung und Verwendung. Herausgeg. im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure in Gemeinschaft mit dem Deutschen Forstverein von *J. A. von Monroy*. Berlin 1929, VDI-Verlag.

[2]) Vergl. VDI-Nachrichten 19. Juni 1929, Beilage „Feld und Wald Lebensquellen deutscher Wirtschaft".

ten des Erforschens und Erfindens noch sehr viel zu erreichen ist, vermag ich allerdings nicht zu beweisen, aber wer einigermaßen aus dem Beispiele andrer Gebiete seine Schlüsse zu ziehen weiß, kann doch keinen Zweifel haben, daß hier gewaltige Möglichkeiten gegeben und lohnende Erfolge mit Sicherheit zu erreichen sind.

Wenn wir hier zurückgeblieben sind, so tragen nicht allein innere Gründe die Schuld, sondern vor allem auch äußere Hemmungen, die aus der Form des Besitzes entspringen. Von den inneren Gründen wäre vor allem der zu nennen, daß bei der Forstwirtschaft Raum und Zeit eine ganz andere Rolle spielen als bei allen übrigen Wirtschaftszweigen. Das Holz braucht bis zur Reife einen Erzeugungszeitraum von mehreren Menschenaltern; die gewöhnliche Art kaufmännischer Kalkulation und Bilanzierung ist sonach nicht anwendbar. Um das forstliche Denken richtig zu würdigen, müssen Sie erwägen, daß wir heute Bestände nutzen, die zur Zeit Friedrichs des Großen und Napoleons begründet wurden und daß unsere Kulturen nur zum Teil unseren Kindern und Enkeln, meist aber unseren Urenkeln schlagbare Bäume liefern werden. Wie wird da die Welt sein? Aus dieser langen Erzeugungszeit aber ergibt sich die Notwendigkeit eines großen Vorrats, damit eines Raumes, die im allgemeinen nur Großbetrieb zuläßt.

Aber auch technisch bestehen Schwierigkeiten. Das Holz ist ein sehr ungleichmäßig gebauter Körper, man kann mit ihm technisch nicht so rechnen, wie mit den anorganischen Stoffen, die meist in großen Mengen und mit genau festzulegenden Eigenschaften angeboten werden können. Aber war es bei diesen letzteren früher nicht auch ebenso oder wenigstens ähnlich, wie beim Holz? Was ist z. B. für ein gewaltiger Unterschied zwischen Gußeisen und den feinen Stahlformen, während man ursprünglich doch nur allgemein von „Eisen“ sprach! Alle diese im Stoff allein liegenden Schwierigkeiten wären ebenso zu überwinden wie die zur Zeit bestehenden Mängel in der Bereitstellung und Lieferung. Wenn gegenwärtig noch das Holz nicht genügend erforscht, nicht genügend bekannt und nicht genügend verwendet ist, so hängt das hauptsächlich daran, daß seine Erzeugung infolge geschichtlicher Entwicklung und betrieblicher Eigenart zum größten Teil in der Hand des Staates, der Gemeinden und ererbten, mehr oder minder — bisher wenigstens — gebundenen Großbesitzes liegt, denen aus naheliegenden Gründen die Beweglichkeit und der Wagemut des privaten Unternehmers fehlt.

Diese Besonderheiten unseres Wirtschaftszweiges müssen in Erwägung gezogen werden, wenn der Wald als Lieferant der Industrie betrachtet, seine Erzeugung als Stoff für industriell-technische Arbeit bezogen und verwendet werden soll.

Es würde zu weit führen, wollte ich geschichtlich oder wenigstens nach dem heutigen Stand die Verwendung und Verwendbarkeit der Erzeugnisse des Waldes oder auch nur seines Haupterzeugnisses, des Holzes, durch Anführung der unzähligen Arbeitsgebiete darzustellen versuchen. Für den mit Holz vertrauten Techniker könnte ich damit an sich nichts Neues bringen, denn er weiß, was Holz ist und wozu man es brauchen kann und in vielen Fällen früher gebraucht hat.

Aus der „Lehrschau Holz“. Holz im Flugzeugbau. Schul-, Sport- und Übungsflugzeuge werden größtenteils in Holz gebaut. Bauteile, Lichtbilder und Schautafeln geben einen Überblick über Auswahl, Prüfung und Verwendung von Holz und Sperrholz im Flugzeugbau.

Die Holzschau[3]) wird als ausgezeichnetes Anschauungsmittel weit besser wirken als Worte vermöchten. Immerhin möchte ich nur ein Beispiel nennen, daß die Holzeigenschaften nicht überall in der Technik hinreichend bekannt sind, und zwar hauptsächlich, weil gerade dieses Gebiet von der Holzschau nicht erfaßt ist, nämlich die Verwendung des Holzes für den Bau von Futtersilos. Ich glaube, der gegenwärtige Streit im Silobau, bei dem Stein, Eisen und Holz rivalisieren, würde wesentlich beeinflußt, wenn die Eigenschaften einer amerikanischen, heute vielfach bei uns angebauten Holzart, der Weymouthkiefer, bekannt wären; denn diese dürfte sich für diesen Zweck ganz besonders eignen.

Viel wichtiger als eine Einzelaufzählung erscheint mir, hier nochmals die bereits eingangs erwähnte Auffassung zu unterstreichen, daß in der Holztechnik noch ein weites Feld der Betätigung offen steht, und ich möchte das insofern noch erweitern, als ich der Meinung Ausdruck gebe: Wenn die technische Kultur von organischem Stoff ausgegangen und von da zum anorganischen vorgeschritten ist, so muß die Logik der Entwicklung dazu führen, die vielen Vorteile des aufgegebenen organischen Stoffes in der Weise auszunutzen, daß ihm durch entsprechende Umformung die Eigenschaften des anorganischen — die Gleichmäßigkeit und die genaue Bestimmbarkeit seiner Eigenschaften — verliehen werden und daß daraus ein Stoff entsteht, der noch weit wertvollere technische Eigenschaften besitzt als der anorganische. Als Beispiele solcher Möglichkeit nenne ich nur den Zellstoff und seine weitere Verarbeitung, die Kunstseide sowie die Holzverzuckerung.

Ich kann hier weiteres nicht entwickeln, das ginge ja auch über mein Fachgebiet hinaus, aber ich möchte doch sagen, so gut ein glücklicher Gedanke die technische Vereinigung von Zement und Eisen ermöglicht hat, so gut kann es auch sein, Holz oder umgeformtes Holz in bessere Verbindung mit anderen Stoffen zu bringen oder konstruktiv anders zu verwenden als bisher. Ansätze dazu sind ja schon vorhanden. Ich glaube — und das liegt vielleicht an organisatorischen Mängeln auf unserer Seite —, wenn mehr Forschungsanstalten geschaffen würden, wenn mehr Geld bereitgestellt würde für die Förderung von Erfindungen und wenn hoher Verdienst für gute Gedanken in Aussicht stände, wie auf anderm Gebiete, würde eine fruchtbringende Entwicklung nicht lange ausbleiben.

### Die weitere Gestaltung der Forstwirtschaft

Wenn ich nun so nur schlaglichtartig das Gebiet aufgezeichnet habe, auf dem wir sozusagen die aktive Rolle des Erzeugers spielen, so darf ich vielleicht auch noch darstellen, was die Forstwirtschaft der letzten Zeit und

[3]) Die „Lehrschau Holz“ in Königsberg wurde am 22. Juni 1929 anläßlich der Hauptversammlung eröffnet; s. a. S. 1085 dieses Heftes.

ıamentlich in ihrer mit Sicherheit sehr bald zu erwarten-
n weiteren Gestaltung als Verbraucherin
ırstellt.

Den meisten von Ihnen wird die Forstwirtschaft
ekannt sein als eine Technik, die in der Hauptsache mit
n natürlichen Kräften und Stoffen des Waldes arbeitet,
zu keine Maschine braucht und in hergebrachter
eise altüberlieferte Formen von Geräten benutzt. So
ar die Lage tatsächlich noch bis in die letzten Jahre.
enn man von Waldbahnen und einigen kleineren Kon-
ruktionen absieht, brauchten wir kaum Maschinen und
e forstlichen Erfinder — deren hat es merkwürdiger-
eise stets in großer Zahl gegeben — trieben im allge-
einen eine recht brotlose Kunst.

Die Not der Zeit hat auch hier einen Umschwung
ebracht, der um so rascher einsetzen konnte, als bei
m verwandten Zweige der Bodenkultur, der Landwirt-
haft, organisatorisch wie technisch nachahmenswerte
uster gegeben waren und wir sowohl vom Reichskura-
rium Technik in der Landwirtschaft wie auch von der
rbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft stets
äftig unterstützt wurden.

Die treibende Not kam von zwei Seiten her: Die
infuhrinvasion aus den östlichen Ländern, ins-
sondere aus Polen, drückte auf den deutschen Holz-
arkt und damit auf den Preis, gleichzeitig stiegen die
orstarbeiterlöhne, die sich mehr und mehr
nen der Landwirtschaft und oft darüber hinaus jenen
r Stadt anpaßten; so wurde die Spanne zwischen Ein-
hmen und Ausgaben immer geringer. Der „Betriebs-
effizient" stieg zu einer Höhe an, daß vielfach eine
einablieferung kaum mehr zu erreichen war.

Naturgemäß mußte man an zwei Stellen einsetzen,
der Hebung des Roherlöses und in der Minderung der
usgaben.

Von der Hebung des Erlöses durch bessere und ver-
ehrte Verwendung habe ich schon gesprochen.

Zwei Wege gibt es vor allem, die für den Zweck
r Ausgabenminderung dienlich sind, die Rationali-
erung der Arbeit und die Mechanisierung.
eide wurden mit Erfolg beschritten.

Es hat sich ergeben, daß die forstliche Arbeit durch
eitstudien und Einführung zweckmäßig geformter,
us bestem Werkstoff hergestellter Arbeitsgeräte
eheblich rascher, besser und billiger geleistet werden
nn als bisher. Noch mehr schlugen Maschinen ein, die
ren Grundgedanken nach entweder von der Landwirt-
haft übernommen oder völlig neu konstruiert wurden.
eute können wir für die Hauptgebiete der forstlichen
etriebsarbeit sagen, daß wir sie maschinell bewältigen
önnen, daß in vielen Fällen auch die Wirtschaftlichkeit
reits gegeben ist und daß wir von der weiteren Ent-
icklung und organischen Durchbildung eine mehr oder
inder tief greifende Umwälzung unseres ganzen Arbeits-
triebes erwarten dürfen.

Ich gestatte mir, nur das Wichtigste aufzuzählen:

Die Bodenvorbereitung, für die der land-
irtschaftliche Pflug, auch bei „forstlicher" Umgestal-
ng, im allgemeinen wenig geeignet ist, wird mit
roßem Vorteil durchgeführt durch Wühlgrubber, Boden-
äsen und einfache Umreißvorrichtungen, die unter
nstigen Umständen die Kosten auf ein Viertel bis ein
ünftel der Handarbeit herabzudrücken vermögen; das
en erfolgt durch Sämaschinen, das Stockroden durch eine
nze Reihe zweckmäßig ausgebildeter Konstruktionen.
ach vielen Mühen ist es nun auch gelungen, motorisch
triebene Sägen zu bauen, die bei geringem Gewicht und
roßer Beweglichkeit in jedem Gelände die maschinelle
aumfällung und Baumzerlegung gestatten, zugleich das
ehrfache der Handarbeit leistend. Eine lange Entwick-
ng hat die Bewältigung der Holzabfuhr hinter sich.
as Ausziehen und Abfahren der schweren Stämme, häufig
f steilen, felsigen, mit Baum- oder Strauchwuchs bedeck-
n Gelände, bietet weit mehr Schwierigkeit als die Ab-
hr der landwirtschaftlichen Ernte. Auch hier darf man
gen, daß die größten Schwierigkeiten der Konstruktion
erwunden sind. Neue Schlepper, die Rad und Raupe ver-
nigen, kommen über Gelände, das man früher für un-
befahrbar gehalten hätte. Auch das Drahtseil wird für forstliche Transporte immer mehr benutzt.

Nicht unerwähnt möchte bleiben, daß zur Zeit die Insektenvertilgung vielfach durch Flugzeug und durch Motorbestäubung erfolgt, indem leicht haftende Giftstoffe ausgestreut oder zur Vernebelung gebracht werden, ferner daß auch die Abwehr der Waldbrände durch Konstruktion neuer Zerstäubungsapparate in nicht zu ferner Zeit voraussichtlich einer glücklichen Lösung zugeführt werden wird. Um welche Umsätze es sich dabei handelt, dafür möchte ich nur erwähnen, daß die preußische Staatsforstverwaltung für Holzwerbung, Kulturen und Wegbauten jährlich 61 Mill. *RM* ausgibt.

Daß bei der heutigen Intensität des forstlichen Betriebes ein besonderes Augenmerk der Raumbeherrschung zugewendet werden muß, ist klar. Und so kommt auch das Kraftfahrzeug mehr und mehr in den Wald.

Schließlich möchte ich noch erwähnen, daß das Schreibwerk, das ein richtiger Forstmann so sehr haßt, durch die Verwendung der modernen kaufmännischen Technik viel von seiner Unannehmlichkeit verlieren kann und daß auch auf diesem Gebiet viel gearbeitet wird, um diese Errungenschaften der Eigenart unseres Betriebes anzupassen und sie so nutzbar wie möglich zu machen.

**Was der Forstmann vom Ingenieur erwartet**

Wenn ich Ihnen so ein Bild gegeben habe von dem weiten Gebiet, das dem Eindringen der Technik in die Forstwirtschaft offen steht, so möchte ich noch zwei Gesichtspunkte betonen, die mir von besonderer Wichtigkeit erscheinen: Wir erwarten von den Ingenieuren, daß sie uns helfen, wenn wir bestrebt sind, uns mit unseren Arbeiten ingenieurmäßig einzustellen, nicht nur technisch in der Exaktheit des Konstruierens, sondern auch in der Großzügigkeit des Planens, in der Schärfe des Rechnens, in der Methodik des Schaffens und in der Unerbittlichkeit der Personenauswahl für die organisatorische Gestaltung.

Wir hoffen aber, uns dann auch durch eine Gegengabe erkenntlich zeigen zu können, indem wir das, was wir in Führung auf unserm Fachgebiet geschaffen haben, über unser Land hinaus tragen und so für das, was auf deutschem Boden in gemeinsamer Arbeit geschaffen wurde, auch Ihnen ein Betätigungs- und Lieferungsgebiet auf der ganzen Welt öffnen. —

Bisher habe ich nur vom Standpunkt des kühlen Rechners gesprochen, ich glaube, daß Sie eine solche Behandlung gewöhnt sind und fordern. Ich darf mir aber doch nicht versagen, Ihre Gedanken auch noch darüber hinaus zu leiten auf einige

**allgemeine Gesichtspunkte,**

von der Auffassung ausgehend, daß auch der Technik und der Industrie eine solche Betrachtungsweise nicht fremd ist: die vorhin gehörten, von hohem Idealismus getragenen Ausführungen Ihres Herrn Vorsitzenden gaben mir das Recht zu dieser Annahme.

Der deutsche Wald ist ein Volksgut, dessen Wertung nicht rein nach stofflichen und noch weniger nach rein finanziellen Maßstäben erfolgen darf. Was auf so ferne Zeiten hinaus wirken soll, muß in seiner Abwägung auf den tiefsten Gründen des Volkstums ruhen. Aus dem Walde zieht die deutsche Volksseele eine Fülle von Kraft, vielleicht auch heute schon etwas für soziale Gesundung. Denn dadurch, daß der Wald vorwiegend öffentlicher Besitz ist, daß auf diese Weise ein großer, namentlich für das Landleben einflußreicher Wirtschaftszweig in der Hauptsache auf einer Beamtenschaft ruht, daß der Betrieb ein strenges Bilanzieren nicht möglich macht und daß durch die Eigenart der Beschäftigung Betriebsleiter, Aufsichtsführender und Arbeiter in ein viel näheres persönliches Verhältnis zueinander treten müssen als sonst die Regel, sind Keime gegeben zur Anbahnung einer Versöhnung der sozialen Gegensätze und vielleicht sogar eines Ausgleiches zwischen Kapital und Arbeit.

Wenn es durch gemeinsames Arbeiten gelingt, auf der einen Seite den Wald der höchsten Nutzbarkeit zuzuführen und auf der andern Seite ihn für alle seine ethischen Aufgaben zu erhalten, so dürfen wir von der heutigen Einleitung zu diesem Werk einen schönen Lohn erhoffen. [B3237]

# Die deutschen Ingenieure in Danzig und Königsberg

## Verlauf der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, 21. bis 24. Juni 192

Zum ersten Male in seiner nunmehr 73jährigen Geschichte hatte der Verein deutscher Ingenieure seine Hauptversammlung nach Ostpreußen verlegt. Dieses Land, das durch seine Lage im äußersten Osten des Reiches von jeher dem Blick der deutschen Allgemeinheit ein wenig entrückt war, schien bislang für die Zusammenkunft der deutschen Ingenieure zu ihrer größten repräsentativen Tagung des Jahres keine besonders günstigen Voraussetzungen zu bieten. Die politische Gestaltung des gesamten Weltbildes im letzten Jahrzehnt hat sie gewiß nicht zum Vorteil verändert. Ostpreußen ist heute eine Insel im Staatenverband des Reiches, sein äußerer Zusammenhang mit diesem ist durch eine neue Grenzziehung zunichte gemacht worden.

Eben daraus ergibt sich in jetziger Zeit dringender als zuvor die Notwendigkeit, die inneren Bande zu allen, die auf jener Insel verblieben, enger zu knüpfen und den unzerstörbaren geistigen Zusammenhang mit ihnen zu pflegen und weiter zu entwickeln. Unter diesen Umständen war es für den Verein deutscher Ingenieure eine besonders angenehme Pflicht, seinen Fachgenossen in dem vom Mutterlande abgetrennten Ostpreußen in diesem Jahre einen sichtbaren Beweis dafür zu geben, daß ungeachtet der Schranken, die den Zugang zu der schönen Provinz im Osten erschweren, die Beziehungen zu ihr unverändert erhalten geblieben sind.

Ein weiteres kam hinzu:

Die gleichzeitige Jahrestagung des Deutschen Forstvereines in Ostpreußen bot Gelegenheit, sich mit einem andern großen Fachverband zu gemeinsamer Arbeit auf einem Gebiete zusammenzutun, das zu pflegen der Verein deutscher Ingenieure schon immer angestrebt hatte und dessen vertiefte Behandlung durch die bodenständige Industrie Ostpreußens besonders nahegelegt wurde, die Holzindustrie. Indem die Ingenieurtage dieses Jahres unter einen großen gemeinsamen Leitgedanken, nämlich das Zeichen des Holzes, gestellt wurden, erhielten sie neben ihrem idealen einen besondern sachlichen Gehalt durch die Ergebnisse der fachwissenschaftlichen Verhandlungen.

Nicht zuletzt liegt der unbestrittene Wert großer Tagungen darin, daß sie durch den ständigen Wechsel der Orte die Möglichkeit bieten, neue Teile des deutschen Vaterlandes kennenzulernen, neue Eindrücke von den Lebensbedingungen ihrer Bevölkerung und ihrem Einfluß auf das produktive Schaffen zu gewinnen. Dies scheint vorzugsweise wichtig bei einer Körperschaft, die, wie der Verein deutscher Ingenieure, ihr Wirken auf einer umfassenden Gemeinschaft aufbaut und somit auf gegenseitiges Verstehen der Fachgenossen in hohem Maß angewiesen ist. Die starke Bedingtheit der wirtschaftlichen und kulturellen Entwicklung Ostpreußens durch die Ungunst seiner geographischen und politischen Lage aber machte den Einblick in die dortigen Verhältnisse besonders notwendig und ersprießlich.

Aus der Lehrschau „Holz“.
Die Abteilung „Holzschutz“. Beispiele von Zerstörungen durch tierische Holzschädlinge.

Zugleich war durch die Fahrt nach dem Osten Gelegenheit gegeben, mit einem Besuch von Königsberg auch den des benachbarten Danzig zu verbinden, dessen Technische Hochschule in diesen Tagen ihr 25jähriges Bestehen feierte. Der Verein hatte so die Freude, der ihm durch viele Beziehungen nahestehenden Anstalt im Rahmen eines Festaktes gemeinsam mit der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen seine Glückwünsche darzubringen. Mit dieser Feier wurde am 21. Juni die diesjährige Hauptversammlung des Vereines eingeleitet, die nach wissenschaftlichen Sitzungen in der schönen Hansestadt am folgenden Tage in Königsberg ihren Fortgang nahm und am 24. Juni mit einer gemeinsamen Fahrt nach dem ebenfalls heiß umstrittenen Flecken deutschen Landes, der Marienburg, eindrucksvoll endete.

### Der Festakt in der Technischen Hochschule Danzig

Der äußere Anlaß für die Danziger Veranstaltungen, der Festakt in der Technischen Hochschule in Langfuhr zur Feier ihres 25jährigen Bestehens, vereinte am Morgen des 21. Juni zahlreiche Mitglieder und Ehrengäste mit dem Lehrkörper und andern der Anstalt nahestehenden Persönlichkeiten. Dr.-Ing. E. h. *Köttgen* stellte in seiner Ansprache neben der wissenschaftlichen Sendung der Hochschule ihre große nationale Aufgabe in den Vordergrund, eine Aufgabe, deren Tragweite das letzte Jahrzehnt so recht erkennen ließ und deren Wichtigkeit auch die sorgsame Pflege nichttechnischer Fächer im Rahmen des Hochschulunterrichts nahelegt. Nachdem Prof. *Paul Meyer* herzliche Grüße und Wünsche der niederländischen Technischen Hochschule in Delft übermittelt hatte, entwarf der Rektor der Danziger Technischen Hochschule. Prof. Dr. *Stremme*, ein Bild vom Werdegang der Anstalt in den ersten 25 Jahren ihres Bestehens, in denen die Zahl der Studierenden von 700 auf 1600, die der Dozenten jedoch nur von 62 auf 73 gestiegen ist. Nach einem zeitweiligen Rückgang belaufe sich die Zahl der Besucher deutschen Stammes wieder auf rd. 1200. An die Bitte um rege geistige und materielle Förderung der mit besondern Schwierigkeiten kämpfenden Hochschule schloß der Rektor die Mitteilung von der Verleihung der Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber an das Vorstandsmitglied des Vereines. Direktor *Friedrich Dorfs*, Rheinhausen, für seine Verdienste um die Einführung der auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebauten Kraft- und Wärmewirtschaft im Betrieb der Hochofen- und Stahlwerke.

### Die Eröffnung der „Lehrschau Holz“

Am Vormittag des 22. Juni wurde im Haus der Technik in Königsberg die Lehrschau Holz eröffnet, die gewissermaßen den Leitgedanken der diesjährigen Hauptversammlung verkörpert und den Hintergrund für alle weiteren Fachberatungen zu bilden bestimmt war. Die Ausstellung wurde in Verbindung mit dem Deutschen Forstverein, der Fachgruppe Sägeindustrie und Holzhandel, dem Wirtschaftsverband der deutschen Holzindustrie, dem Verein deutscher Chemiker und dem Meßamt Königsberg geschaffen, um in gedrängter Form ein Bild vom heutigen Stand der Holzforschung und Holzverwendung sowie über die weiteren Entwicklungsmöglichkeiten des Holzes darzubieten. Sie soll die Forderungen der Technik an die Forstwirtschaft und, umgekehrt, die der Forstwirtschaft an die Technik klarstellen und dadurch ihrer Erfüllung näherbringen.

Daß man eine so erschöpfende und lehrreiche Schau zum erstenmal in der Hauptstadt Ostpreußens ver-

anstaltet hat, bezeichnete Stadtbaurat *Mast*, Königsberg, in seiner Eröffnungsrede als ein Verdienst, das Königsberg zu besonderem Dank verpflichte, weil diese Stadt am Werkstoff Holz besonders interessiert sei. Prof. Dr.-Ing. E. h. *Matschoß*, Berlin, begründete das Eintreten des größten Ingenieurverbandes für das Holz mit der Bedeutung, die dieser Werkstoff ungeachtet der Massenerzeugung an Eisen noch heute für die Technik hat, eine Bedeutung, die ursprünglich bereits im Rahmen der Werkstoffschau gewürdigt werden sollte. Die Lehrschau habe den seinerzeit zurückgestellten Plan befriedigend zu verwirklichen gestattet und sei das Beispiel einer großzügigen Gemeinschaftsarbeit, die zum Gemeingut des deutschen Volkes werden möge. Ministerialdirektor Dr. *Wappes*, München, Vorsitzender des Deutschen Forstvereines, kennzeichnete den Einfluß der Forst- und Holzwirtschaft auf das Erwerbsleben Ostpreußens, und zum Schluß beleuchtete Fabrikbesitzer *Berger*, Wiesbaden, Vorsitzender des Wirtschaftsverbandes der Deutschen Holzindustrie, an einem Beispiel aus der Abfallwirtschaft des Holzes die Vorteile, die der holzverarbeitenden Industrie aus dem innigen Zusammengehen mit der Wissenschaft, der Technik und der Forstwirtschaft erwachsen.

Der Rundgang durch die Lehrschau überzeugte davon, daß hier überraschend gute Anschauungsmittel zusammengetragen waren, die den Werkstoff Holz nach Entstehen, Eigenschaften und Verwendung der breiten Allgemeinheit wirksam nahebringen, auch dem Fachmann wertvollen Aufschluß zu bieten und seine weiteren Arbeiten zu befruchten vermögen. Für die Güte des Gezeigten spricht es, daß sich bereits am ersten Tage nach der Eröffnung mehrere deutsche Großstädte um die Gewinnung der Lehrschau bemühten. Eine besondre Besprechung der Ausstellung folgt auf S. 1085 dieses Heftes.

### Die Fachsitzungen

Mit einer „Verkehrstagung", die zum erstenmal unter Führung des Vereines in Gemeinschaft mit der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen einen größeren Kreis von Ingenieuren und Wissenschaftlern vereinte, begann die wissenschaftliche Arbeit. Obering. Dipl.-Ing. *Wolff*, Hamburg, hat sich um das Zustandekommen dieser Veranstaltung besonders verdient gemacht, die der Zusammenarbeit aller am Verkehr interessierten Stellen den Boden bereiten und die Voraussetzungen für die Lösung der noch offenen Fragen schaffen soll. Die Fachtagung „Wärmetechnik" brachte Vorträge über wärmewirtschaftliche Probleme in der Zellstoffindustrie und über Versuche auf dem Gebiete des Wasserumlaufs in Dampfkesseln. In der Fachsitzung „Schweißtechnik" wurden die Anwendungsmöglichkeiten der Stumpfschweißung im Schiffbau, Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte, Untersuchungen im Lichtbogen und Rohrleitungsschweißungen erörtert.

Bei den Fachsitzungen in Königsberg trat bewußt das Holz fast überall in den Vordergrund der Betrachtungen. Die Fachsitzung „Betriebstechnik" war einer allgemeinen Würdigung des Holzes als Werkstoff und den bedeutsamen Aufgaben und Verfahren der Holztrocknung gewidmet. Die Fachsitzung „Landwirtschaftstechnik" wurde dem Gesamtthema durch Behandlung forsttechnischer Probleme gerecht. Die Fachsitzung „Staubtechnik" lieferte Aufschluß über Holzmehl und Holzstaub sowie über Staubbeschädigungen und ihre Verhütung.

Auch die dem Verein von jeher wichtige Frage des „Ausbildungswesens" wurde diesmal ausschließlich vom Standpunkt der Holztechnik behandelt; man erfuhr in diesem Zusammenhang manches Wissenswerte über Lehrmittel, die bei der Ingenieurausbildung die Kenntnis des Werkstoffes Holz und seiner zweckmäßigen Behandlung fördern sollen. Vorträge über chemische und physikalische Eigenschaften des Holzes und ihre Prüfung waren der Gegenstand einer besonderen Fachsitzung „Holzprüfung". Die Wichtigkeit rechnerischer Erfassung der Herstellungs- und Vertriebsvorgänge wurde einem größeren Kreis von Ingenieuren zum ersten Male in einer Fachsitzung „Industrielles Rechnungswesen" vor Augen geführt. Sie brachte Vorträge über Grundzüge der Plankostenrechnung und Analyse der Vertriebskosten und wurde ergänzt durch die Fachsitzung „Vertriebstechnik", deren Vorträge die Zusammenhänge zwischen Saisonschwankungen und Vertriebsplanung sowie die Einflüsse von Verpackung und Versandkosten auf die Höhe der Warenpreise behandelten.

Aus der Lehrschau „Holz".
„Biegeholz". Ein nach patentiertem Verfahren kalt biegbar gemachtes Holz, das in gebogenem Zustand durch Einwirkung trockener Hitze zur Erstarrung gebracht werden kann.

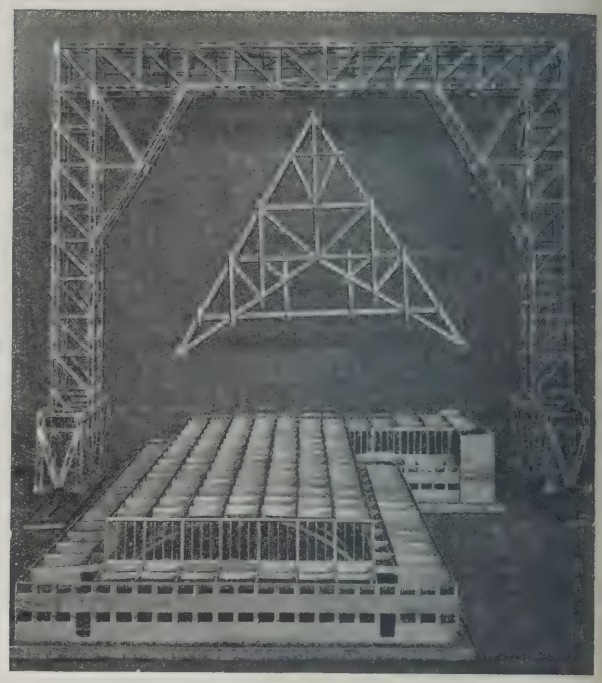
Zeitrücksichten hatten leider auch in diesem Jahr dazu gezwungen, Fachsitzungen gleichzeitig abzuhalten, was sich gelegentlich im schwachen Besuch einzelner Vorträge bemerkbar machte. Immerhin zeugt die Anwesenheit von fast 200 Zuhörern und die lebhafte Aussprache bei einigen dieser Veranstaltungen von dem regen Interesse, das einzelne Gegenstände erweckt hatten. Über die Fachsitzungen soll, wie in andern Jahren, im einzelnen noch berichtet werden.

### Die wissenschaftlichen Verhandlungen

Nach den geschäftlichen Verhandlungen[1]) fand die eigentliche Hauptversammlung, der Gipfel der Tagung, am Sonntag vormittag um 10 Uhr in der Börse vor zahlreichen Vertretern der Regierung, der Behörden und Verbände statt. Die Begrüßungsansprache Dr. *Steinhoffs*, des Vizepräsidenten von Ostpreußen, war ein dankbares Bekenntnis zur Arbeit des Ingenieurs als des Trägers der gesellschaftlichen und kulturellen Entwicklung. Sie kennzeichnete den höheren Sinn der Maschine, die Naturkräfte mobilisiere, um den Lebensspielraum zu verbreitern, und die gerade in Ostpreußen noch lohnende Aufgaben vorfinde, wenn sie mithelfe, die Landwirtschaft schnell und durchgreifend zu technisieren. Temperamentvoll deutete sodann Prof. *Schulze-Pillot*, indem er den Dank der Gäste an die Veranstalter übermittelte, auf den Geist der diesjährigen Tagung, in der sich Technik, Land- und Forstwirtschaft zu gemeinsamer Arbeit

[1]) Vergl. Heft 26 S. 943.

Aus der Lehrschau „Holz".
Verschiedene Arten der Verdübelung von hölzernen Eisenbahnschwellen. Durch Einsetzen von Hartholzdübeln an Stelle der Schwellenschrauben kann die Lebensdauer der Schwelle um 50 vH erhöht werden. Zu unterst: Eisenschwelle mit Pappelholzlagen zwischen Schwelle und Unterlagplatte zur Dämpfung der Stöße.



Aus der Lehrschau „Holz".
Der Holzbau. Modell eines fahrbaren Portalkranes von 70 m Höhe und 35 m Breite. Davor ein Modell des Breslauer Messehofs.

zusammengefunden hätten. Prof. *Paul Meyer*, Delft, übermittelte Grüße der holländischen Ingenieure, Dipl.-Ing. *Trettler*, Moskau, die der deutsch-russischen Gesellschaft „Kultur und Technik".

Dr.-Ing. E. h. *Köttgen* hielt sodann die Ansprache, die am Beginn dieses Heftes abgedruckt ist. Im Anschluß daran beschloß die Versammlung unter großem Beifall, dem ausscheidenden Kurator des Vereines, Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h. *Lippart*, der in der Zeit der schlimmsten Inflation sein schwieriges Amt übernommen hatte und sich als Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirats sowie besonders durch seine aufopferungsvolle Arbeit auf dem Gebiete des technischen Ausbildungswesens Verdienste um den Verein erworben hat, zum Ehrenmitglied zu ernennen. Ferner wurde die goldene Grashof-Denkmünze an Dr. phil. Dr.-Ing. E. h. *Ludwig Prandtl*, Professor für angewandte Mechanik an der Universität Göttingen und Leiter des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Strömungsforschung, verliehen. Der Verein ehrt hiermit die Leistungen *Prandtls* für die Entwicklung der Strömungslehre und der Lehre von Elastizität und Festigkeit, die er durch seine wissenschaftlichen Arbeiten richtunggebend beeinflußt hat.

Die beiden Vorträge der wissenschaftlichen Hauptsitzung hatten einen gemeinsamen Gedanken: „Die Bedeutung der organischen Produktion für Technik und Industrie". Oberpräsident a. D. Wirkl. Geh. Rat Dr. jur. h. c. Exz. *v. Batocki* umriß diese Beziehungen im Hinblick auf die Landwirtschaft, Min.-Dir. Dr.-Ing. E. h. *Wappes* stellte seine Ausführugen auf die Forstwirtschaft ab. Beide Redner zeigten das Wesentliche jener Zusammenhänge, deren Erfassung für den Ingenieur so wichtig ist, wenn er die Möglichkeiten der Technik in Land- und Forstwirtschaft nutzen will. Die Vorträge, die in diesem Heft der Zeitschrift abgedruckt sind, wurden durch Rundfunk verbreitet.

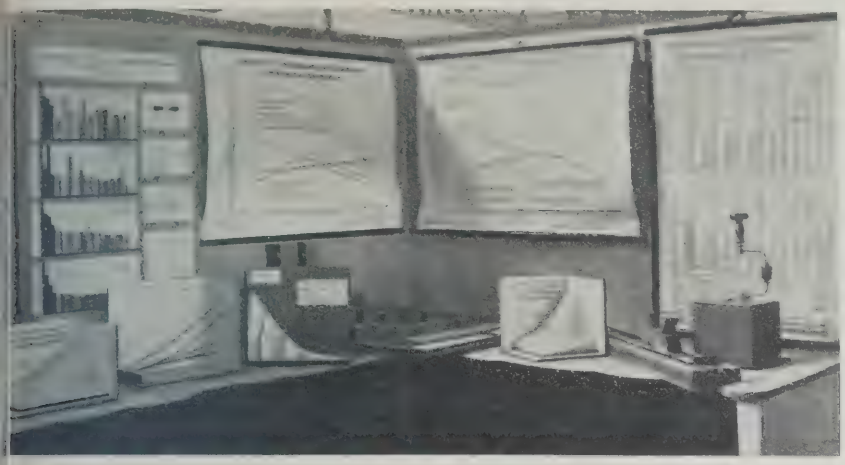
### Die gesellschaftlichen Veranstaltungen

Es lag in der Ostpreußentagung begründet, daß den gesellschaftlichen Veranstaltungen eine besondere Bedeutung zukam; waren sie doch der gegebene Anlaß, neben den sachlichen Zielen der diesjährigen Hauptversammlung ihre nationale Note zum Ausdruck zu bringen.

Für den feierlichen Auftakt in Danzig war ein stimmungsvollerer Rahmen kaum denkbar, als die prachtvollen Räume des Artushofes. Dieser gegen Ende des 15. Jahrhunderts errichtete gotische Profanbau scheint ein Sinnbild des architektonischen Formenreichtums, der Danzig mit seinen engen Gassen, schmalen Giebeln und ragenden Türmen ein so reizvolles mittelalterliches Gepräge verleiht. Senatspräsident Dr. *Sahm* bezeichnete unter dem Beifall aller Anwesenden in seiner Ansprache am Begrüßungsabend Danzig als ideale Kongreßstadt, weil sie neben dem praktischen Anschauungsunterricht in Verkehrs-, Paß-, Zoll- und Währungsangelegenheiten und außer dem geistigen Zusammenhang mit den tagenden Verbänden ihren Besuchern Schönheiten in überreichem Maße bieten könne. Dieser Eindruck dürfte sich bei den Besuchern durch die herrliche Umgebung Danzigs und insbesondere durch die landschaftlichen Reize Zoppots noch verstärkt haben. Ein gemeinsamer Imbiß in den schönen Räumen des Studentenhauses, wo Prof. *Behrens* und ein Vertreter der Studentenschaft die Gäste begrüßten, gab Gelegenheit, auch die der Erholung und sportlichen Betätigung dienenden Einrichtungen der Technischen Hochschule kennenzulernen.

Als sich die Teilnehmer am Abend des 22. Juni zur Begrüßungsfeier der Stadt Königsberg in den geschmückten Sälen der Stadthalle wieder zusammenfanden, war ihre Zahl auf rd. 800 angestiegen. So viele Fachgenossen hatten das zum Teil erhebliche Opfer der weiten Reise gebracht. Zwei große Landkarten, die eine vom früheren, die andre vom heutigen Ostpreußen, gaben den Grundton für die Stimmung des Abends. Oberbürgermeister Dr. *Lohmeyer*, Königsberg, schilderte die Lage der Menschen, die dort leben und kämpfen, und dürfte jeden davon überzeugt haben, daß die wirtschaftliche und kulturelle Stärkung der dem industriellen Deutschland so notwendigen „Kornkammer des Reiches" der ganzen deutschen Allgemeinheit am Herzen liegen muß. Zündende Worte sprachen Prof. Dr.-Ing. *Foedisch*, Vorsitzender des Ostpreußischen Bezirksvereines, und Kommerzienrat Dr. *H. Röchling* als Vertreter der Westmark.

Das gemeinsame Essen am Sonntag mittag im Anschluß an die wissenschaftlichen Verhandlungen bot noch einmal Gelegenheit, die herzliche Verbundenheit mit den Fachgenossen in Ostpreußen zu betonen. Dr.-Ing. E. h. *Köttgen* und Dr.-Ing. E. h. *Dorfs* bekannten die Dankesschuld gegenüber diesem Land, das im Gefühl politischer Verantwortung zum Vorteil Deutschlands schon manche schweren Opfer gebracht habe. Dr.-Ing. E. h. *Brehm*, Königsberg, sprach über das Wirken des Vereines deutscher Ingenieure für die Entwicklung deutscher Technik und Wirtschaft mit dem Wunsch, daß gleich früheren Hauptversammlungen, von denen oft ein neuer Fortschritt aus-



Aus der Lehrschau „Holz“.
etriebswissenschaftliche Untersuchungen der Technischen Hochschule Dresden
ber die Bearbeitbarkeit des Holzes. Festigkeits-, Härte- und Bearbeitungs-
erte für 28 Holzarten, Darstellungen über den Einfluß verschiedener Bohrer-
rmen und Bohrverfahren auf die Bohrleistungen in Tafeln und Raumdiagrammen.
Anlerngeräte für Bohren und Hobeln.

egangen sei, auch die diesjährige Holztagung der deut-
hen Technik neue Wege weisen möge.

Dank der großen Gastlichkeit des West- und Ost-
reußischen Bezirksvereines war den Damen während
er Tagung durch Führungen und Rundfahrten reichliche
elegenheit geboten, die vielen landschaftlichen und
rchitektonischen Schönheiten des Ostens kennenzulernen.
ie haben einen weit vollständigeren Eindruck von der
igenart der beiden besuchten Städte gewonnen als die
erren, die sich infolge ihrer beruflichen Inanspruch-
ahme auf die Besichtigung bemerkenswerter In-
ustriebetriebe und sonstiger Anlagen beschränken mußten.

Was den Ingenieuren in dieser Hinsicht geboten
urde, war überaus lohnend. Neben einer ansehnlichen
ießerei, einer Eisenbahnwagenfabrik und dem Königs-
erger Hafen mit den größten Silospeichern Deutsch-
nds galt das Interesse naturgemäß den für Ostpreußen
ennzeichnenden Unternehmungen der Zellstoff- und
olzwarenindustrie und nicht zuletzt den staatlichen
ernsteinwerken, die in der Welt ihresgleichen nicht haben

**Ausklang**

Eine gemeinsame Fahrt der Teilnehmer in die alte
rdensstadt Marienburg gab dem Ingenieurtage im
sten noch einen besonders stimmungsvollen und fest-
lichen Abschluß. Die Burg ist ein Wahrzeichen des deutschen Geistes, der sich allen Anfechtungen zum Trotz bis heute hier erhalten hat. Der Rundgang durch das herrliche Bauwerk, dieses größte Denkmal mittelalterlicher Profanbaukunst, das der deutsche Ritterorden im 13. Jahrhundert errichtet hat, zeigte die Fülle architektonischer Schönheit und Gestaltungskraft früherer Zeiten. Für die Ingenieure war es von besonderem Reiz, die Mittel kennenzulernen, mit denen man heute die alten, bei späterer Restaurierung zum Teil verschwundenen Bauformen wiederherzustellen und damit manche Geschmacksverirrungen einer überwundenen Zeit wiedergutzumachen bestrebt ist.

Eine kleine, von Vorträgen eines gemischten Chores umrahmte Feier vereinte nach Schluß der Führung die Teilnehmer im großen Remter. Aus jedem der Worte von Oberbürgermeister *Pawelcik*, der die Gäste bereits am Abstimmungsdenkmal bewilkommnet hatte konnte man die glühende Hingabe heraushören, mit der Marienburgs Bewohner für die Erhaltung des Deutschtums ihrer Stadt eintreten; konnte man zugleich den heißen Wunsch erkennen, daß man im Reich Verständnis und tatkräftige Hilfe für sie aufbringen möge. Der Vorsitzende des Ostpreußischen Bezirksvereines, Prof. Dr.-Ing. *Foedisch*, und der Bevollmächtigte Ostpreußens zum Reichsrat, Freih. *v. Gayl*, verliehen dieser Erwartung beredten Ausdruck.

Die Mahnung wird nicht ungehört verhallen. Die Teilnehmer der Hauptversammlung haben von der vortrefflichen Aufführung des Freilicht-Festspiels „Volk in Not“ am Montag abend das Bewußtsein mitgenommen, daß die Tage im Osten in mehr als einer Hinsicht reich gewesen sind. Sie schieden von dem schönen Land mit den Gefühlen aufrichtigen Dankes an die liebenswürdigen Gastgeber, zugleich aber, wie der stellvertretende Vorsitzende des Vereines, Geh. Baurat Dr.-Ing. E. h. *de Thierry*, am Abstimmungsdenkmal namens aller Versammelten zusicherte, mit der Erkenntnis, daß sie diesen Dank am besten bekunden können, indem sie die Eindrücke im Interesse Ostpreußens und damit der ganzen deutschen Heimat nützen.

[B 3321] *W. Landsberg*

## Die „Lehrschau Holz“ in Königsberg

Im ersten Augenblick wundert man sich wohl ein
enig darüber, daß gerade der Verein deutscher Ingenieure,
ne Holzlehrschau ins Leben gerufen hat. Man konnte aber
hr bald in den einzelnen Abteilungen feststellen, daß für
ichtige Arbeitsgebiete, wie Holzfällung, Stockrodung,
odenvorbereitung, Holzabfuhr, Zerfaserung, Zerlegung und
ersetzung des Holzes u. a., Maschinen erschaffen worden
nd, die durchaus wirtschaftlich arbeiten und erhebliche
rsparnisse gegenüber den bisherigen Arbeitsverfahren er-
arten lassen. Man erkannte weiterhin sehr bald, welch
ne Fülle von Beziehungen sich um den Begriff „Holz“
nkt. Ein unmittelbarer Vergleich dieser Lehrschau mit
r Werkstoffschau des Jahres 1927 in Berlin ist allerdings
cht gut möglich. Es handelt sich aber auch beim Holz
n einen Werkstoff, dessen wissenschaftliche Bearbeitung
i weitem noch nicht den Höhepunkt erreicht hat, den man
hon heute beim Eisen und bei den andern Metallen fest-
ellen kann. Die Ausstellung sollte deshalb aufklärend
id werbend wirken. Das Eisen benötigt keine weitere
rbearbeit, wohl aber das Holz, bei dem noch mancherlei
orurteile zu beseitigen sind. Es findet auf Ausstellungen
id auf Messen, soweit es sich um die Verwendung für
auzwecke handelt, noch zu wenig Berücksichtigung. Der
rund hierfür ist wohl in der Hauptsache darin zu suchen,
ß die in Frage kommenden Organisationen, vielfach
ch zu wenig fortschrittlich eingestellt, nicht über die
nötigen Mittel zu einer großzügigen, dabei aber objektiv angepackten Werbetätigkeit verfügen. Eine kleine Ausnahme machte die Münchener Ausstellung „Das Bayerische

Aus der Lehrschau „Holz“.
Verwendung von Sperrholz zu Flugzeugteilen, Kraftwagenaufbauten, Fernsprechzellen, Möbeln usw.

Das Haus der Technik in Königsberg, worin die „Lehrschau Holz“ gezeigt wurde.

Handwerk“; hier hatte man es gut verstanden, den Werkstoff Holz anschaulich und überzeugend in den verschiedenen Arbeitsbetrieben, in fertigen Erzeugnissen und in vielen Modellen namhafter Bauausführungen zu zeigen.

In den einzelnen Abteilungen der Königsberger Lehrschau wurden behandelt: Die Grundlagen der Forstwirtschaft, die Bestandsbegründung und Bestandspflege, der Forstschutz, die Technik in der Forstwirtschaft, die Forstbenutzung, der biologische und chemische Aufbau des Holzes, die Oberflächenbehandlung, die Eigenschaften und die Anwendung technisch wichtiger Hölzer und der Holzschutz. Weiterhin fand man in der Abteilung „Holzverarbeitung und Holzverwendung“ berücksichtigt: Säge-, Furnier- und Sperrholzindustrie, Grubenholzverwendung, Erd-, Wege- und Wasserbau, Holzhäuser, freitragende Bauten, Dielen, Leisten und Türen, Parkettindustrie, Möbel, Musikinstrumente, künstlerische Holzverarbeitung, Maschinen- und Flugzeugbau, Holzwagen, Holzverarbeitung im Handwerk usw.

Auf Einzelheiten soll hier nicht eingegangen werden. Man konnte sich jedenfalls restlos über die übersichtliche Anordnung des Stoffes, über die leichtfaßliche und anschauliche Erklärung des einzelnen und über die geschickte Auswahl der Anschauungsbeispiele freuen. Man konnte erkennen, daß die Industrie, wie Ministerialdirektor *Wappes* ausführte, die Forstwirtschaft von zwei Seiten betrachten muß: Einmal ist die Forstwirtschaft die Lieferantin der Industrie; der Wald erzeugt den benötigten Bau- und Werkstoff. Andererseits ist die Forstwirtschaft aber auch Abnehmerin der Industrie, weil ja zur Erziehung des Holzes industrielle Erzeugnisse notwendig werden. Gerade diese Wechselbeziehungen, deren Wesen und Bedeutung von der Allgemeinheit noch nicht in ganzem Umfange erkannt und gewürdigt werden, sind durch die Lehrschau überzeugend gekennzeichnet worden.

Man fand, um nur einiges herauszugreifen, Hinweise auf die Brauchbarkeit kleiner Holzhäuser. Die Vorzüge solcher Häuser, nach den neuen Gütevorschriften ausgeführt, können nicht bestritten werden. Jede erprobte Bauweise ist da anzuwenden, wo sie in ihrer Eigenart zweckmäßig ist. Bei gleicher Eignung wird die Wirtschaftlichkeit zumeist maßgebend sein müssen.

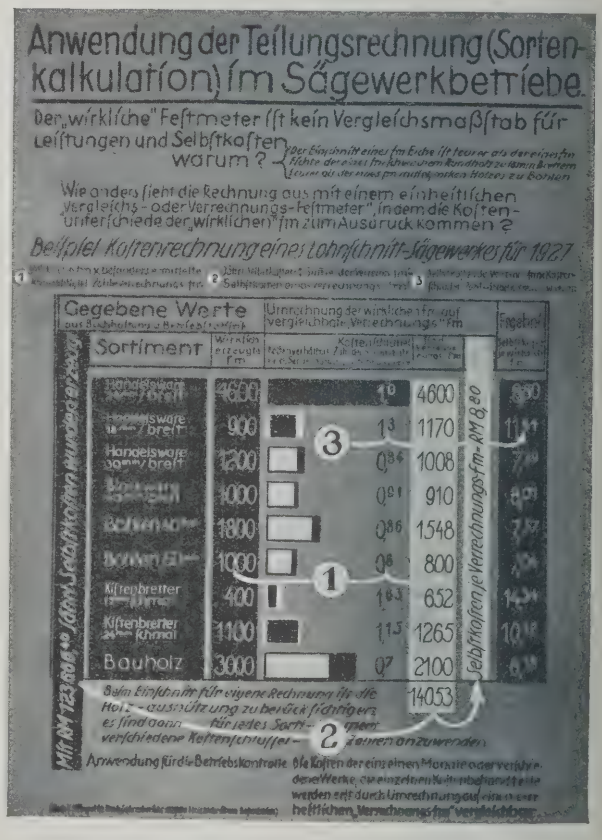
Man fand weiterhin Hinweise auf die neuzeitlichen, freitragenden Holzbauten. Das Ziel ist hier in diesem Falle, bei geringstem Stoffaufwand eine größtmögliche Sicherheit zu erzielen und dabei den altbewährten Regeln des Zimmerers weitgehend zu folgen. Man trägt dem Aufbau des Holzes in höherem Maße Rechnung als das bei den bekannten Zimmererkonstruktionen der Fall ist. Die Allgemeinheit soll aber sehen, daß immer noch Leben und Geist im deutschen Zimmererhandwerk steckt. Der Bund Deutscher Zimmermeister unterstützt nach besten Kräften alle Bestrebungen, die auf eine Veredelung des Handwerkes hinzielen. Schwer genug wird ihm der Kampf gegen die Stahlindustrie gemacht. Der Stahl wird seine Bedeutung für Hallen, Hochhäuser, Brücken, Förderanlagen, Kranbauten usw. immer behalten. Es wäre ein falsches Beginnen, im Holzbau an Aufgaben heranzugehen, die der Eigenart des Werkstoffes nicht entsprechen, wie es ja auch falsch wäre, kurzlebige Ausstellungs- und Festhallen in Stahl oder ganz in Eisenbeton zu errichten. Man soll aber dem ingenieurmäßig behandelten Holzbau diejenigen Rechte vorurteils- und neidlos einräumen, die ihm zukommen.

Ich erwähne weiterhin die prächtig gelungene Sonderausstellung des Stuttgarter Materialprüfungsamtes. Leider stehen in Deutschland finanzielle Mittel für solche Versuchsarbeiten nicht in dem Maße zur Verfügung, wie in andern Ländern. Nur durch Gemeinschaftsarbeit aller beteiligten Kreise können wir mit dem Ausland Schritt halten.

Von ganz besonderer Überzeugungskraft war schließlich die Ausstellung des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen. Man lernte hier auch den Lehrplan zweier Holzfachschulen kennen. Diese Anstalten bezwecken, der Holzindustrie technisch und kaufmännisch geschulte Betriebsmänner und technisch gebildete Holzkaufleute zur Verfügung zu stellen.

Alles in allem: Es wurde in Königsberg gute Aufklärungsarbeit geleistet. Veranstaltungen nach Art dieser Lehrschau sind gerade jetzt für die Bauindustrie von allergrößter Bedeutung. Von verschiedenen Seiten wurde bereits der Wunsch geäußert, daß es gelingen möge, die Ausstellung zusammenzuhalten und später an einem andern Orte erneut zu zeigen, der für die Allgemeinheit leichter zu erreichen ist. Für diesen Fall möchte ich mir den Vorschlag erlauben, die Abteilungen für Werkzeuge und Maschinen der Holzbearbeitung reichhaltiger auszugestalten und auch der Technik des Holzhauens und der freitragenden Konstruktionen einen größeren Platz einzuräumen.

Berlin [M 3331] *C. Kersten*




Aus der Lehrschau „Holz“.
Vertriebswissenschaft und Kalkulation: Selbstkostenrechnung in der Holzindustrie.

# Neuere Bestrebungen im amerikanischen Lokomotivbau

*Von Baurat Dr.-Ing. E. h. E. METZELTIN, Hannover*

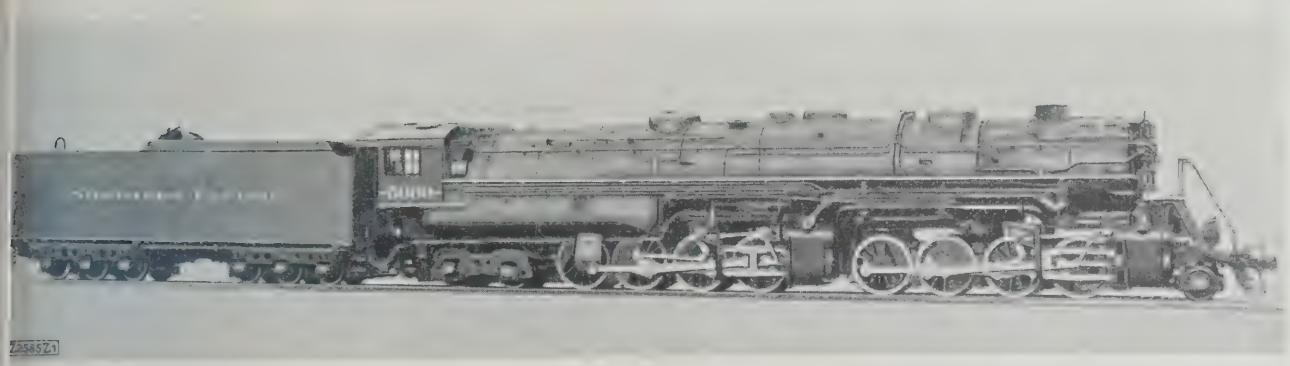


Abb. 1
1 D - D 2 - Mallet-Vierlingslokomotive der Great Northern-Bahn.

Hauptabmessungen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Zylinder | 4 × 660/813 mm | Reibungsgewicht | 250,8 t |
| Treibrad-Dmr. | 1600 „ | Dienstgewicht | 325,2 „ |
| Achsstand | 20 320 „ | Zugkraft (0,8) | 62 000 kg |
| Dampfdruck | 17,6 at | „ der Zusatzmaschine | 6 100 „ |
| Heizfläche (wasserberührt): | | Tender 6achsig: | |
| Feuerbüchse | 56,7 m² | Wasserraum | 80,3 m³ |
| Wasserkammern | 24,3 „ | Kohlenraum | 27,3 „ |
| Heizrohre | 110,5 „ | Dienstgewicht | 182 t |
| Rauchrohre | 521,6 „ | Lokomotive und Tender: | |
| Kleinrohrüberhitzer | 299,1 „ | Achsstand | 30 378 mm |
| Gesamtheizfläche | 1012,2 m² | Dienstgewicht | 507 t |

***Gründe für die Zunahme der Größe der amerikanischen Lokomotive mit dem Verkehr. — Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Kessels, große Feuerbüchsen, Verbrennungskammern, Wasserkammern, selbsttätige Feuerungen, Lochroste, Rütteleinrichtungen. — Nickelstahlbleche, Aschenkasten und Rauchkammern aus Stahlguß. — Neuere Blasrohrformen, Unterwindfeuerung, Vielfachregler, Vorwärmer. — Stahlgußrahmen mit angegossenen Zylindern. Zylinder mit verkürzter Füllung, Rückdruckmesser, gegabelte Stangenköpfe, Starrschmierung der Lager, neue Achsbuchsform. — Tender mit Zusatzmaschine.***

## Schwere Zugeinheiten, größere Umgrenzungsmaße, hohe Achsdrücke

Der amerikanische Eisenbahnbetrieb steht seit Jahrzehnten im Zeichen der Beförung möglichst weniger, dafür aber um so schwerer Zugeinheiten, um die Selbstkosten je Tonnenkilometer möglichst herabzudrücken.

In Europa weisen die schweren Schnellzüge auf den verkehrsreichen Strecken Zuggewichte[1]) von etwa 400 bis 500 t auf, mehr als 550 t kommt nur ausnahmsweise gelegentlich vor, obgleich nach der neuen Betriebsordnung vom 7. Juli 1928 in Deutschland größere Zuglasten zugelassen sind[2]). In Amerika haben die großen schweren Schnellzüge, die man bei Verkehrsandrang oft in mehreren „sections" mit Blockabstand fährt, etwa 600 bis 800 t Gewicht. Die Great Northern fährt gelegentlich Züge bis 1100 t über die langen Steigungen von 22 vT im Cascadegebirge, die Denver Rio Grande-Eisenbahn Schnellzüge von 750 bis 800 t über 14 vT durch die Sierra Nevada, über Steigungen von 33 vT sogar Personenzüge bis 1250 t. Deshalb sind auch Schnellzuglokomotiven mit vier gekuppelten Achsen mit Achsanordnung 2 D 1 (Mountain Type) und neuerdings auch 2 D 2 sehr häufig.

Noch größer sind die Unterschiede gegen Europa im Güterverkehr. In Deutschland ergeben voll ausgelastete Kohlenzüge Zuggewichte von 1500 bis 1800 t. Die Achsenzahl ist auf 150 beschränkt. In Amerika legt man sich in dieser Beziehung keine Beschränkung auf, man fährt unbedenklich Züge mit 400, bisweilen sogar mit 600 Achsen. Die amerikanische Mittelkupplung gestattet, ganz andere Zugkräfte aufzunehmen als die europäische Schraubenkupplung. So widersinnig es klingen mag, tatsächlich wird die Größe der europäischen Lokomotive durch die Schraubenkupplung beschränkt, deren Abmessungen von der Maulweite der Zughaken und ihrem Eigengewicht (der Kuppler muß die Kupplung noch heben können) bestimmt werden. Diese Ansicht wird neuerdings sogar für amerikanische Verhältnisse von dortigen Fachleuten geäußert.

Amerikanische Güterzugleistungen seien durch einige Beispiele gekennzeichnet. Es befördern:

Pennsylvaniabahn: Züge von 4800 t mit einer 1 E-Lokomotive auf 16 km langer Steigung; von 10 vT schieben zwei Lokomotiven nach;

Baltimore-Ohiobahn: Züge von 5500 bis 7250 t mit einer 1 D 1-Lokomotive, auf 8 vT schiebt eine Malletlokomotive nach;

Chicago-Burlington-Quincybahn: Züge von 7250 t über 3 vT Steigung mit einer 1 E 2-Lokomotive;

Virgian-Bahn: Züge von 8450 t auf rd. 20 vT Steigung mit einer elektrischen 3 × 1 D 1-Lokomotive und zwei gleichen Schiebelokomotiven.

Unter günstigen Verhältnissen (namentlich bei schwachen Gefällen) scheut man sich auch nicht, Züge von 10 000 t und mehr zu fahren. Die Greath Northern-Bahn, deren neueste Lokomotiven, Abb. 1, bis zu 70 000 kg Zugkraft hergeben, hat schon Züge bis 13 000 t (150 Wagen, 600 Achsen) befördert. Das mittlere Gewicht der Güterzüge betrug in Amerika im ersten Halbjahr 1928 1603 t ohne Lokomotive. Die 2 F 1-Lokomotive der Union Pacific erreichte 4900 PS indizierte Leistung.

Nicht unwesentlich erleichtert wird dem Amerikaner der Bau besonders leistungsfähiger Lokomotiven durch das meist etwas größere Umgrenzungsmaß. Einheitsmaße hierfür gibt es in Amerika nicht. Alle Bahnen haben ihre eigenen Maße, oft nur für einen Teil ihrer Strecken. Während in Deutschland nur 3150 mm Breite und 4280 mm Höhe (4650 mm nur für Teile, deren Höhe auf 4280 mm zurückführbar sein muß) zulässig sind, weist

[1]) Alle nachfolgenden Zuggewichte sind in metrischen Tonnen und ausschließlich Lokomotivgewicht angegeben.

[2]) Nach § 54 darf die Achsenzahl der deutschen Personenzüge $x = 170 - V$ betragen, worin $V$ die im Fahrplan zugelassene Höchstgeschwindigkeit beträgt, also bei $V = 100$ km/h sind 70 Achsen = rd. 700 t zulässig.

das schmalste amerikanische Umgrenzungsmaß (u. a. New York Central-Bahn) 3175 mm, das breiteste 3505 mm auf. Es betragen z. B. bei Lokomotiven der

| | Breite mm | Höhe mm |
|---|---|---|
| Baltimore-Ohio-Bahn . . . . . | 3327 | 4708 |
| Chicago-Burlington-Quincy-Bahn . . . . | 3340 | 4826 |
| Atchison-Topeka-Bahn . . . . . | 3353 | 4874 |
| St. Louis – San Francisco-Bahn . . . . . | 3353 | 4927 |
| Western-Maryland-Bahn . . . . . | 3404 | 4927 |
| Southern-Pacific-Bahn . . . . . | 3251 | 4972 |

Auch im unteren Teil sind die Umgrenzungsmaße größer. Zylinder von über 1000 mm Dmr., wie sie bei amerikanischen Verbundlokomotiven vorkommen, sind in Europa nicht ausführbar. Allerdings haben sich in Amerika beim Versand solcher Lokomotiven auch öfters nennenswerte Schwierigkeiten ergeben. In Europa kann man bei kleinen Rädern meist den Kolbenhub nicht über den halben Raddurchmesser steigern, weil die Stangenköpfe und Gegenkurbeln in die Umgrenzung ragen; in Amerika dagegen findet man Kolbenhübe von 711 mm bei 1295 mm-Rädern ($s = 0{,}55\,D$) und von 762 mm bei 1320 mm-Rädern ($s = 0{,}58\,D$). Noch vorteilhafter für den amerikanischen Lokomotivbauer ist aber der zulässige größere Achsdruck. Zahlreiche größere Bahnen lassen 30 t, vereinzelt auch 33 t (Denver – Rio Grande und Lehigh-New England), ja 37,5 t (Western Maryland), in einem Sonderfall sogar 39 t[3]) zu.

### Kessel und Feuerung

Die hohen amerikanischen Leistungen werden erreicht durch stärkere Inanspruchnahme als in Europa üblich ist, sowohl des Kessels als auch der Maschine, aber man ist jetzt auch sehr bestrebt, nachdem in früheren Jahrzehnten mit ziemlicher Kohlenverschwendung gearbeitet wurde, die Wirtschaftlichkeit des Kessels und der Maschine zu heben, zumal der Preis der Lokomotivkohlen ständig steigt[4]).

Die Erkenntnis, daß bei den hohen Rostbelastungen von 600 bis 700 kg/m²h und darüber der Wirkungsgrad des Kessels stark abnimmt[5]), haben vor allem zu dem

Bestreben, die Rostflächen größer zu machen,

geführt. Trotz der manchmal recht gezwungenen Form des Stehkessels war der Achsdruck der hinteren Laufachse häufig größer geworden als der des vorderen Drehgestelles. Die vorkommenden Achsdrücke bis beinahe 30 t erforderten Achsschenkel von meist 220 mm Dmr. und 356, auch bis 406 mm Länge. Seit 1923 sind daher die Lima-Lokomotiv-Werke dafür eingetreten,

[3]) s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 3 S. 107.

[4]) Während die Bahnen 1902 für 1 t im Mittel 4,70 ℳ bezahlten, betrug der Preis 1926 9,28 ℳ. Eine amerikanische Lokomotive verbrennt im Mittel im Jahr für mehr als 38 000 ℳ Kohle.

[5]) Bei der 1927 von den Baldwin-Werken gebauten 1 E 2-Lokomotive F. Nr. 60 000 ging bei Rostbelastung von 700 kg/m²h und einer Heizflächenbelastung von allerdings 88 kg/m² h der Kesselwirkungsgrad auf 52 vH herunter. Vgl. Z. Bd. 71 (1927) S. 402.

Abb. 5
Feuerbüchse der 1 D - D 2 - Lokomotive der Northern Pacific-Bahn. Gesamtanordnung der fünf Wasserkammern in der auf die Seite gelegten 6760 mm langen Feuerbüchse.

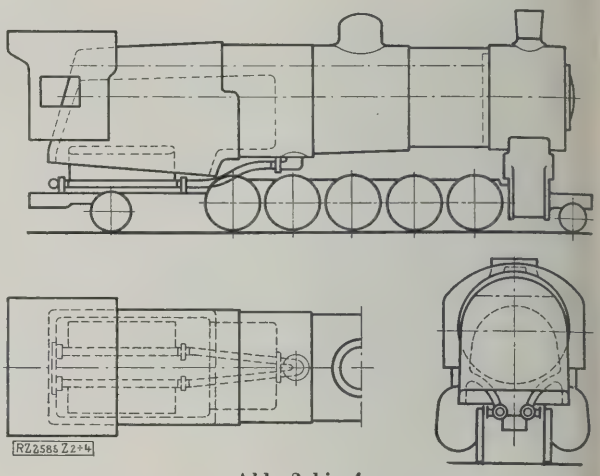


Abb. 2 bis 4
Feuerbüchse für Ölfeuerung mit Martinschen Wasserkammern für die Texas-Pacific-Bahn.

die hintere Laufachse, wie es *Gölsdorf* bereits 1908[6]) bei seiner 1 C 2-Schnellzuglokomotive getan hat, durch ein Drehgestell zu ersetzen. Erst als sie Februar 1925 auf eigene Verantwortung eine solche 1 D 2-Lokomotive bauten und diese zur Ausprobierung zur Verfügung stellten, hat das hintere Drehgestell zuerst langsam, dann aber schnell, und zwar bei den verschiedensten Achsanordnungen, Anwendung gefunden. Heute laufen in Amerika mindestens 241 1 D 2-, 113 1 E 2-, 255 2 D 2- und 184 2 C 2-Lokomotiven bei 26 verschiedenen Bahnen.

Auch bei Malletlokomotiven, bei denen die meist nicht allzu großen Treibräder der Ausbildung einer über den Rädern liegenden Feuerbüchse weniger hinderlich sind, findet man bereits hintere Drehgestelle, s. Abb. 1. Malletlokomotiven mit gleicher Achsanordnung, die allerdings mit dem Führerhaus voranfahren (bei der angewendeten Ölfeuerung konnte man den Tender hinter dem Rauchkammerende der Lokomotive folgen lassen), besitzt auch die Southern-Pacific-Bahn[7]).

Bei den großen, sich mehr und mehr der Würfelform nähernden Feuerbüchsen nimmt das Verhältnis zwischen Rostfläche und unmittelbarer Heizfläche stark ab. Da aber gerade die unmittelbare Heizfläche wegen Aufnahme der Strahlungswärme besonders wertvoll ist, sucht man diese möglichst zu vergrößern. Zu den ersten Hilfsmitteln gehörten, wenn man von den seit Jahrzehnten benutzten Wasserrohren absieht,

Verbrennungskammern,

die außer großer unmittelbarer Heizfläche gleichzeitig den wesentlichen Vorteil bringen, daß der Schwerpunkt sich nach vorn verschiebt. Die Verbrennungskammern sind meist 1 bis 2 m lang, doch findet man auch solche bis 3,8 m Länge. Sie bedürfen allerdings, weil ihr Querschnitt nicht rund sein kann, ausgiebiger Verankerung mittels Stehbolzen, und diese müssen, wenn sie nicht sehr lang sind, beweglich sein, weil die Verschiebung der Feuerbüchse gegen den äußeren Kessel mit der Länge dieser Teile zunimmt.

Als weiteres Hilfsmittel gelten die *Nicholsonschen* Feuerbuchswasserkammern[8]), die sich sehr rasch einführen. Es laufen zur Zeit in den Vereinigten Staaten und Kanada bei 107 Bahnen 4609 Lokomotiven mit 9747

[6]) Frühere Lokomotiven mit hinteren Drehgestellen:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 1900 | 2 C 3-Thuile Versuchslokomotive, | | |
| | 1904 | 2 B 2-Lokomotive der | Preußischen | Staatsbahnen, |
| | 1906 | 2 B 2- | ,, | ,, Bayerischen Staatsbahnen, |
| sowie später | 1909 | 2 B 2- | ,, | ,, Französischen Nordbahn, |
| | 1911 | 2 C 2- | ,, | ,, ,, |
| | 1915 | 2 B 2- | ,, | ,, Philadelphia-Reading-Bahn, |
| | 1916 | 1 C 2- | ,, | ,, Südafrikanischen Staatsbahn |

(Umbau aus 1 C 1)

sind nur einzelne Versuchsausführungen gewesen, während von den *Gölsdorfschen* 1 C 2-Lokomotiven über 100 Stück gebaut sind. In Weiterentwicklung dieser Achsanordnung haben die Österreichischen Bundesbahnen kurz vor Schluß des Jahres 1928 auch eine 1 D 2-Schnellzuglokomotive herausgebracht, vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 441.

[7]) Vergl. „Railway Age" Bd. 85 (1928) S. 1180, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 3 S. 106.

[8]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 595.

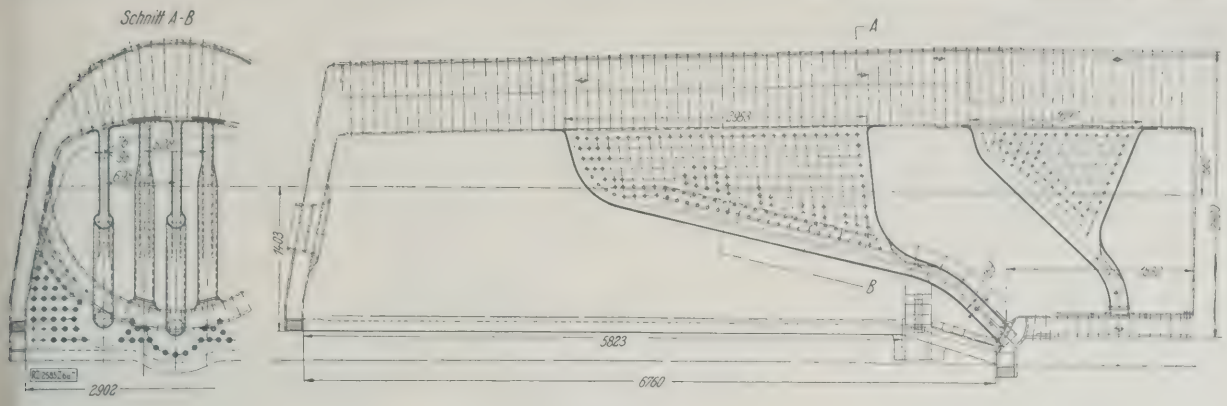



**Abb. 6 und 7**
Schnitte durch die Wasserkammern.

Heizfläche: Feuerbüchse und Verbrennungskammer . . . . . 56,7 m²
3 große Feuerbuchswasserkammern, zusammen . . 18,9 „
2 kleine „ „ „ . . 5,5 „

### Wasserkammern.

Man baut sie nicht nur in die Feuerbüchse, sondern auch in die Verbrennungskammern ein, und es gibt Lokomotivkessel, die vier und auch fünf solcher Kammern aufweisen, wie z. B. die Lokomotiven nach Abb. 1. Wasserkammern Bauart *Martin* nach Abb. 2 bis 7 benutzt die Texas- und Pacific-Bahn. Die etwa viertelkreisförmigen Kammern werden mit den Flanschen in die Seitenwände der Feuerbüchse eingeschweißt und durch Rohre mit dem Unterteil des Langkessels verbunden. Sie erheben, abgesehen von der zusätzlichen Heizfläche, einen starken Wasserumlauf und gewähren infolge des langen Schlitzes den Seitenwänden der Feuerbüchse eine gewisse Ausdehnungsmöglichkeit. Solche Kammern sind aber nur bei Ölfeuerung zweckmäßig, da bei festen Brennstoffen ihre Wirksamkeit durch Rückstände, die sich nach unten absetzen, stark beeinträchtigt würde. Die Versuche der genannten Bahn haben eine Erhöhung der Verdampfzahl um 14 vH und eine Verringerung des Ölverbrauches je 1000 tkm von 20,3 auf 18,2 l, d. h. um etwa 11 vH ergeben[9]).

[9]) Vergl. „Railway Age" Bd. 85 (1928) S. 1325.

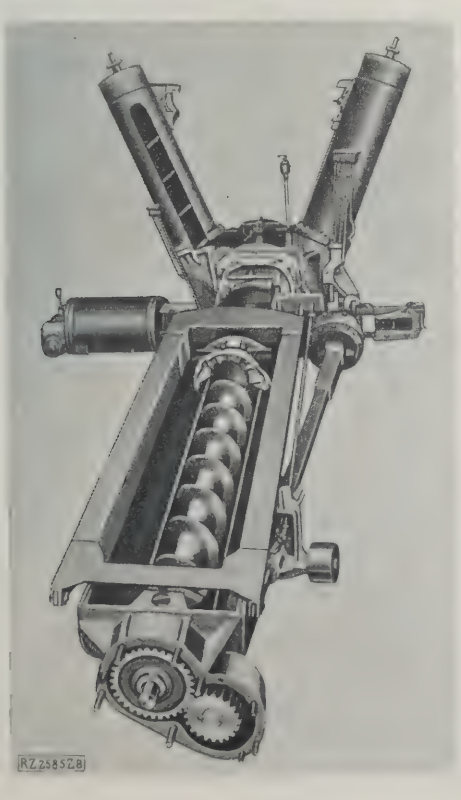


**Abb. 8**
Duplex-Stoker Bauart D 1, Gewicht 3850 kg, davon auf Lokomotive entfallend 2260 kg.

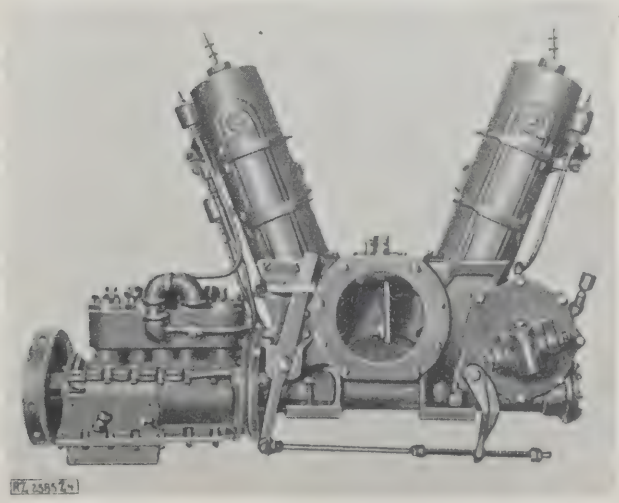
Ölfeuerung findet sich fast nur bei den Bahnen, die sich im Ölgebiet oder in dessen Nähe befinden. Ende 1925 waren von insgesamt 67 000 Lokomtiven 7112 mit Ölfeuerung versehen. Geklagt wird über die steigenden Ölpreise. Die Texas- und Pacific-Bahn hat in den letzten Jahren nach Entdeckung von Braunkohlenlagern auf ihrem eigenen Besitz die Ölfeuerung zu Gunsten der Braunkohlenfeuerung eingeschränkt.

### Die Anwendung hoher Dampfdrücke nimmt ständig zu.

War vor fünf Jahren noch etwa 14 at Überdruck die Regel, so geht man jetzt vielfach wesentlich darüber hinaus; es laufen heute schon über 1100 Lokomotiven mit 17,6 at und darüber bis 18,6 at ohne grundsätzliche Änderung der Feuerbuchsbauart. Bei Hochdrucklokomotiven, von denen erst drei Stück bekannt sind[10]), ist man erst schrittweise von 25 auf 28 at gegangen. Eine weitere Hochdrucklokomotive für 35 at ist fertiggestellt, eine solche *Schmidtscher* Bauart für 60 at ist soeben in Auftrag gegeben. Die benutzte Kesselbauart *Mc Clellan* ist aus dem in Europa bekannten Brotankessel entwickelt. Diese Hochdrucklokomotiven haben übrigens drüben Veranlassung zur Wiedereinführung der Verbundwirkung gegeben, die man in den letzten Jahren auch bei Malletlokomotiven nur noch selten fand. Es wurden vielfach häufig Verbundlokomotiven auch der Bauart *Mallet* auf einfache Dampfwirkung umgebaut.

[10]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 1331 und Bd. 71 (1927) S. 1237.

**Abb. 9**
Duplex-Stoker Bauart D 4, Gewicht 3400 kg, davon auf Lokomotive entfallend 910 kg.



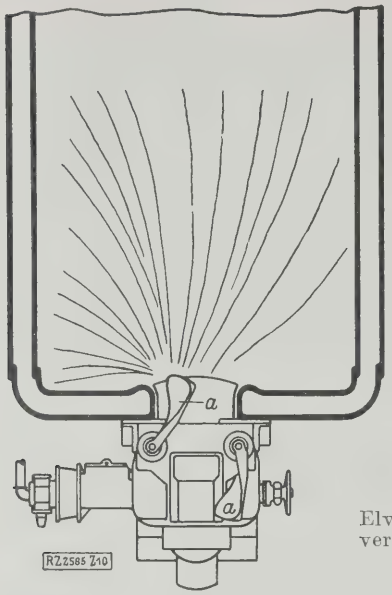



Abb. 10
Elvin-Stoker; Kohlenverteilung mittels Wurfschaufeln *a*.

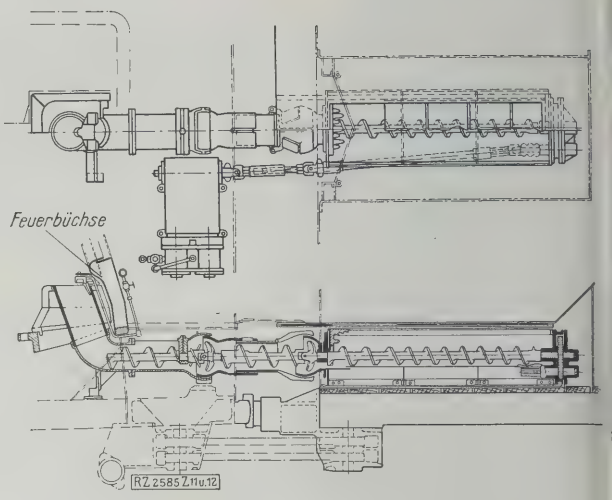



Abb. 11 und 12.
Dupont-Simplex-Stoker der Standard Stoker Co.

Die Heizrohre werden bei neuen Lokomotiven in der hintern Rohrwand meist noch in der üblichen Weise mit eingelegtem Kupferdichtring (ferrule) eingewalzt, die Rauchrohre aber fast stets eingeschweißt. Doch gehen die Bahnen vielfach dazu über, auch die Heizrohre nach spätestens einjähriger Betriebszeit ohne den Kupferring einzuschweißen.

Die Feuertüren öffnet und schließt man häufig mittels Druckluft, die durch einen dem Heizer beim Feuern bequem liegenden Fußhebel gesteuert wird[11]). Die großen Rostflächen in Verbindung mit der hohen Rostbeanspruchung haben in Amerika schon frühzeitig zum Versuch der

selbsttätigen Beschickung des Rostes

geführt. Die Schwierigkeiten lagen neben der notwendigen gleichmäßigen Verteilung der Kohle über dem Rost vor allem in der Regelung des in kurzen Zeiträumen häufig von Null bis zum Höchstwert schwankenden Bedarfes. Von den zahlreichen seit 1901 versuchten Ausführungen haben sich nach beinahe zwei Jahrzehnte langem Kampfe wenige Bauarten endgültig durchgesetzt, die nunmehr in jeder Beziehung durchaus zufriedenstellend arbeiten, so daß in Amerika schon häufig Bestrebungen auftreten, auch kleinere Lokomotiven, bei denen die körperliche Arbeit noch zu schaffen ist, auch mit Beschickern zu versehen. Unterschubfeuerungen, von denen sich der Crawfordstoker am meisten bewährt hatte, sind verschwunden. Gebaut werden nur noch über der Feuerfläche arbeitende Einrichtungen, und zwar von der Locomotive Stoker Co., Pittsburg, der Duplexstoker und der Elvinstoker, und von der Standard Stoker Co., New York, der du Pont-Simplexstoker.

Die Stoker müssen in verschiedenen Größen gebauf werden, um sich den Bauverhältnissen der Lokomotive anzupassen. Insbesondere wurde bei der immer recht reichlichen Belastung der Hinterachse der Lokomotive gefordert, daß der auf die Lokomotive entfallende Gewichtsanteil möglichst gering wurde. Er ist z. B. bei dem Duplexstoker von 2260 kg schließlich auf 900 kg verringert worden. Heute gibt es auch Stoker, deren Gewicht fast ganz von dem Tender getragen wird. Das Wesen des Duplexstokers[12]), Abb. 8 und 9, besteht in zwei Hubtürmen, die rechts und links neben der Feuertür liegen und in denen die durch Schnecke vom Tender zugeführten Kohlen ebenfalls mittels Hubschnecken gehoben werden. Oben angekommen bläst sie ein Dampfstrahl von etwa 0,7 bis 1 at über Leitschaufeln, Abb. 10, in die Feuerbüchse, deren Rückwand mit entsprechenden Durchführungsöffnungen versehen ist. Förder- und Hubschnecken werden von einer Dampfmaschine von 279 mm Zyl.-Dmr. ohne Schwungrad angetrieben, jedoch so, daß die Schnecken nur bei dem Hinwege des Kolben bewegt werden; diese arbeiten also aussetzend. Die Hubzahl der Maschine wird durch Veränderung der Dampfzufuhr geregelt, doch können alle drei Triebteile einzeln abgekuppelt werden. Gebrochen werden die etwa zu großen Kohlenstücke am Ende der Schnecke. Es wird von allen Stokern verlangt, daß sie alle Kohlenmischungen fördern. Bei andern Ausführungen läßt man die Maschine beim Hinweg die linke, beim Rückweg die rechte Hubschnecke antreiben, erreicht also ein abwechselndes Beschicken des Rostes. Die Verteilung nach rechts und links kann ferner mittels einer verstellbaren Ablenkplatte, in Abb. 9 in der Mündung gut erkennbar, geregelt werden. Auch hat man den Zylinderdurchmesser, um Gewicht zu ersparen, auf 203 mm verringert und drosselt dafür den zugeführten Dampf statt auf 14 nur auf etwa 2,8 at.

Die weitere Entwicklung brachte den Antrieb mittels einer stehenden vierzylindrigen einfach wirkenden Maschine, s. Abb. 9, und die Führung des Schneckentroges auf Rollen, s. Abb. 8. Die Rolle ersetzt die lose Stopfbüchse mit Kugelgelenkverbindung, s. Abb. 9, die wegen des Spieles zwischen Lokomotive und Tender sonst notwendig ist. Für kleinere Rostflächen benutzt man eine vereinfachte Bauart mit einem Hubturm ohne Hubschnecke, der in die untere Hälfte der Feuertür einmündet.

Bei dem Elvinstoker schleudern zwei abwechselnd arbeitende Schaufeln die hochgehobenen Kohlen, s. Abb. 10, über den Rost. Die Menge läßt sich von etwa 0,2 bis 2,7 kg je Schaufel regeln. Die Zahl der Würfe einer Schaufel beträgt bis etwa 20 in 1 min. Die schwungradlose zweizylindrige Dampfmaschine leistet etwa 6 PS. Zugeführt werden die Kohlen zum Brecher mittels endloser Kettenbänder, deren Fördermenge mit der Hand geregelt wird. Alsdann werden sie zunächst von einer Hubschnecke und dann von einem Kolben unmittelbar vor die Wurfschaufel weiterbefördert.

Eine gleiche Bewerfung des Rostes weist auch die Duplex-Bauart auf. Diese Stoker werden aber mit zwei Dampfmaschinen ausgerüstet. Eine vierzylindrige Maschine treibt die Schnecke auf dem Tender, eine zweizylindrige die Hubschnecke und die Schaufeln an, so daß sowohl die Kohlenzufuhr als auch die Wurffeuerung getrennt für sich bequem geregelt werden können.

Der Dupont-Simplexstoker, Abb. 11 und 12, besitzt nur einen Förderturm und fördert darin die Kohle durch den von der Förderschnecke ausgeübten Druck. Die breite Mündung liegt dicht unter der Feuertür, und die Kohlen werden über dem Rost durch fünf Dampfstrahlen, die vom Heizer nach Bedarf geregelt werden können, verteilt. Im Gegensatz zu den vorerwähnten Ausführungen liegt aber der Förderturm

[11]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1338.
[12]) Vergl. a. Z. Bd. 72 (1928) S. 940.

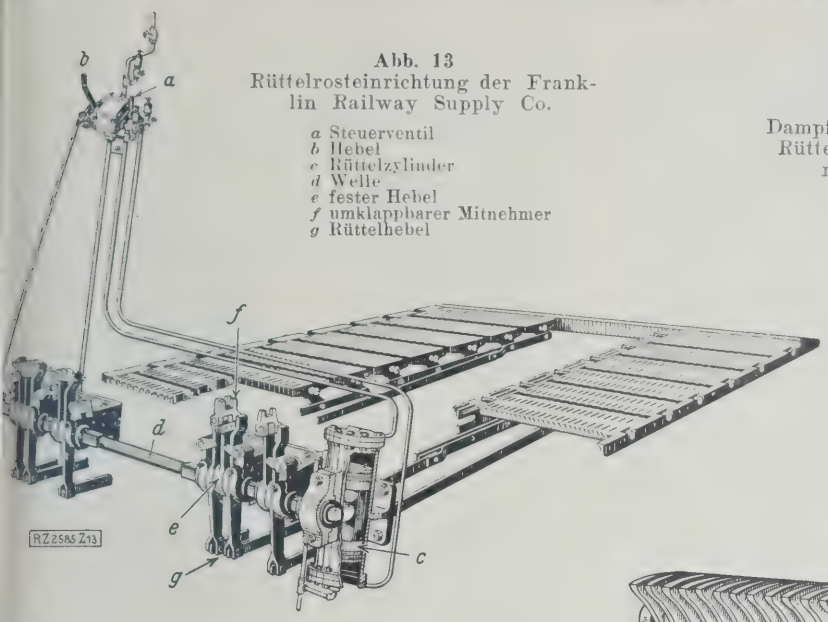



Abb. 13
Rüttelrosteinrichtung der Franklin Railway Supply Co.

*a* Steuerventil
*b* Hebel
*c* Rüttelzylinder
*d* Welle
*e* fester Hebel
*f* umklappbarer Mitnehmer
*g* Rüttelhebel

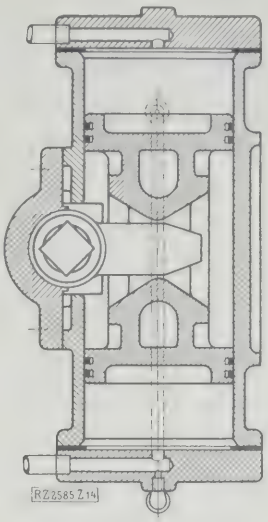



Abb. 14
Dampfzylinder zur Rütteleinrichtung nach Abb. 13

der Feuerbüchse, verkleinert also die Rostfläche und ß gegen Verbrennen durch eine große Haube mit ftschlitzen geschützt werden. Die Unterkante der Haube gt in Rosthöhe und entnimmt die gleichzeitig mit zur rbrennung dienende Kühlluft aus dem Aschenkasten. m Antrieb der Schnecke dient eine zweizylindrige lie- nde Dampfmaschine. Diese ist bei neueren Ausfüh- ngen auf den Tender verlegt worden, um die Loko- tive hinten zu entlasten.

Die Zahl der mit Stokern ausgerüsteten Lokomotiven rfte z. Zt. etwa 10 000 betragen. Der Stoker der Loko- tive in Abb. 1 kann 20 t/h verfeuern.

### Rostbauarten

Rüttelroste sind fast allgemein üblich. Das tteln erfolgt durch kleine Dampfzylinder, deren Ge- nge nach Belieben mit den einzelnen Feldern des stes verbunden wird. Abb. 13 zeigt die von der anklin Ry Supply Co. gebaute Einrichtung. Von dem uerventil *a* aus wird durch Hebel *b* Dampf in den ttelzylinder *c*, s. a. Abb. 14, abwechselnd oben und en eingeleitet und dadurch die Welle *d* hin und her wegt. Auf ihr sitzen eine Reihe fester Hebel *e*, deren chlitzter Kopf *f* umklappbar ist, so daß er die auf der elle lose sitzenden Rüttelhebel *g*, die die angekuppel- Rostfelder rütteln, nach Bedarf mitnimmt.

Eine besondre Rostbauart, einen Hulson-Fin- rrost, zeigt Abb. 15. Die einzelnen Roststäbe nger genannt) sind nicht feldweise zusammen- gossen, sondern aufgesteckt. Die gekrümmten Ober- chen heben beim Rütteln die Feuerschicht nicht an, ndern sollen nur die Schlacken- und Aschenteile zer- ißen und abreiben. Die Handhabung soll leichter sein, ch ist der Ersatz einzelner Finger möglich. Die Ein- lherstellung der Finger ergibt auch die Möglichkeit, e Seitenflächen der Finger in Trommeln besser zu inigen und glatter zu machen als bei der Herstellung s ganzen Rostfeldes in einem Stück, so daß Asche und hlacken besser durchfallen, auch die Luft bessern Zu- tt hat.

Vielfach wird in Amerika über die großen Verluste unverbrannter Kohle geklagt, die durch die Rost- alten fällt. Einzelne Bahnen haben daher versucht, e Roststäbe durch gelochte Platten zu ersetzen. Die chison Topeka-Bahn ist hierin bei ihren neuen 2 D 2- hnellzuglokomotiven von 10 m² Rostfläche soweit ge- ngen, daß die freie Rostfläche nur noch 16 vH[13]) be- igt. Die kegligen Löcher haben etwa 19 mm Dmr. s Brennstoff benutzt man minderwertige Colorado- rderkohle.

[13]) Vgl. „Railway Age" Bd. 84 (1928) S. 1285.

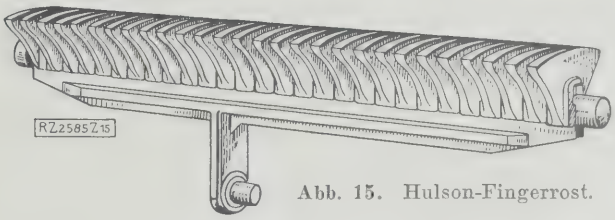



Abb. 15. Hulson-Fingerrost.

Die Northern Pacific-Bahn hat versucht, ihre Roste mit 19 mm Spaltenweite durch Roste mit Löchern von 16 und 13 mm zu ersetzen, wobei die freie Rostfläche von 36 vH auf 13½ vH herabgesetzt wurde. Bei den verwendeten Kohlensorten,

Rosebud-Braunkohle von 4850 kcal/kg und 26 vH Feuchtigkeit,
Red Lodge-Braunkohle von 5500 kcal/kg und 25 vH Feuchtigkeit und
Roslyn-Steinkohle von 6630 kcal/kg und 4 vH Feuchtigkeit,

haben die Lochroste fast die gleichen oder ein wenig bessere Verdampfung ergeben[14]). Es ist allerdings zweifelhaft, ob nicht dasselbe Ergebnis mit etwas größerem Blasrohr und entsprechend geringerer Luftleere erreichbar gewesen wäre. [B 2585] (Schluß folgt).

[14]) Vgl. „Railway Age" Bd. 84 (1928) S. 1284.

## Lokomotivreinigung

Die Säuberung der Lokomotiven nach beendigter Fahrt in den Lokomotivschuppen kostet viel Lohn und Betriebstoffe. Sie darf aber nicht vernachlässigt werden, denn nur an sauberen Triebwerken kann man Anbrüche und Schäden entdecken. In den Vereinigten Staaten sind viele Bahnen dazu übergegangen, die Lokomotiven nach einem von der Delaware Lackawanna and Western-Bahn entwickelten Verfahren mit einem Strahl von Druckwasser, Öl und Druckluft abzuspritzen. In einem kleinen Kessel wird Öl mit Wasser von etwa 57 ° und 7 at Druck gemischt und in Leitungen der Abspritzstelle zugeführt. Die Spritze besteht nun aus zwei Rohren, von denen das eine an die Gemischleitung, das andere an eine Druckluftleitung angeschlossen wird. In dem gemeinsamen Mundstück wird das Gemisch zerstäubt. Der milchige Strahl entfernt alles Öl und allen Schmutz von den Lokomotivteilen, und zwar gründlich und schnell, so daß selbst bei den großen amerikanischen Lokomotiven zwei Mann eine Lokomotive in 10 bis 15 min säubern. Bedingung für das wirksame Arbeiten ist die Verwendung eines Öles, das sich bei der Mischung kolloidal zerstäubt, da die Wirkung des Verfahrens auf das Bestreben der kolloidalen Ölteilchen zurückgeführt wird, sich mit fremden Teilen, also insbesondere dem anhaftenden Schmutz, zu verbinden. („Baldwin-Locomotives" Bd. 8 (1929) S. 63.) [N 3351] *M.*

# „St. Louis“ und „Milwaukee“

## Die beiden neuen Zweischrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe der Hamburg-Amerika-Linie

/ *Von Dipl.-Ing. E. GÖDECKEN und Dipl.-Ing. B. BLEICKEN, Hamb*

(Schluß von S. 1015)

## Maschinenbaulicher Teil

### Hauptmaschinen

#### Dieselmotor oder Dampfturbine

Bei den Vorarbeiten für „St. Louis“ und „Milwaukee“ wurde die Frage, ob Dieselmotoren oder Dampfturbinen zum Antrieb gewählt werden sollten, eingehend geprüft. Für Leistungen von 12 bis 13 000 WPS, wie sie für diese Schiffe in Betracht kommen, war bisher von der Hamburg-Amerika-Linie stets der Dampfantrieb bevorzugt worden. Die hohe Wirtschaftlichkeit neuzeitlicher Turbinen- und Kesselanlagen, der ruhige Lauf der Turbinen, das einwandfreie Arbeiten der Zahnrädergetriebe und die geringen Ausbesserarbeiten und -kosten, lassen es verständlich erscheinen, daß man nur ungern von dieser Maschinenart abging. Ferner tritt bei den Dampfturbinen noch der weitere Vorteil der niedrigen Bauhöhe hinzu und daß die über dem Maschinenraum liegenden wertvollen Räume sich gut ausnutzen lassen. Die etwas größere Länge des Maschinenraumes bei Turbinenschiffen im Vergleich zu Motorschiffen ist nicht von ausschlaggebender Bedeutung, Abb. 33 und 34.

Wenn man sich trotzdem jetzt für die Dieselmotoren entschieden hat, so war zunächst die noch größere Wirtschaftlichkeit des Dieselmotorantriebes auch unter Berücksichtigung des teuren Treiböls und des höheren Preises der Maschinenanlage ausschlaggebend. Vorher mußten aber auch die andern Bedenken zerstreut sein. Die Praxis hat ferner gezeigt, daß sich auch Dieselmotorenanlagen im Schiff schwingungsfrei herstellen lassen, was freilich voraussetzt, daß die Bauwerft über reiche wissenschaftliche und praktische Erfahrungen verfügt. Die Ausbesserkosten für Dieselmotoren waren und sind heute noch teilweise recht hoch. Doch gibt es anderseits Motorschiffe, die sogar günstiger in dieser Hinsicht dastehen, als Dampfschiffe gleicher Größe.

Die Entwicklung des Dieselmotors hat zudem zu einer Vereinfachung des Motors geführt, so daß mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, daß sich das Ausbesserkonto senken wird.

#### Bauart der Dieselmotoren

Um den Vorteil niedriger Bauhöhe auch bei Dieselmotoren zu erlangen, mußte man den Schritt zum Schnellläufer mit einer mittleren Kolbengeschwindigkeit von 5,6 m/s wagen. Um eine zu große Zylinderzahl zu vermeiden, durch die die Überholungsarbeiten zu umfangreich und die Baulängen der Motoren zu groß werden, wählte man den doppeltwirkenden Zweitakt, mit dem schon ausreichende Erfahrungen gesammelt worden sind. Die hier eingebauten Dieselmotoren laufen mit 230 U/min und die Schraubenwellen mit 110 U/min. Wenn auch die Spülzeit nur sehr kurz ist, so läßt sich mit einem Spülluftdruck von 1000 bis 2000 mm W.-S. doch eine einwandfreie Spülung erzielen.

Den mittleren Druck hat man absichtlich mit $p_{im}$ = 5,6 at recht niedrig festgelegt, weil nach den Erfahrungen der Reederei hierdurch die Lebensdauer des Motors maßgebend beeinflußt wird und weil man zu einer vielleicht möglichen Leistungssteigerung durch Erhöhung des mittleren Druckes nur schrittweise übergehen wollte. Die gute Wärmeabfuhr ist hierbei von ausschlaggebender Bedeutung.

#### Maschinenanlage

Die Hauptmaschinenanlage besteht bei jedem der Schiffe aus vier Sechszylinder-Motoren, die paarweise auf eine Welle geschaltet sind. Die Leistung jedes Motors beträgt bei 225 U/min 3100 WPS.

Die Zylinderabmessungen sind für „St. Louis“ 485 mm Dmr. und 660 mm Hub und für „Milwaukee“ 500 mm Dmr. und 640 mm Hub.

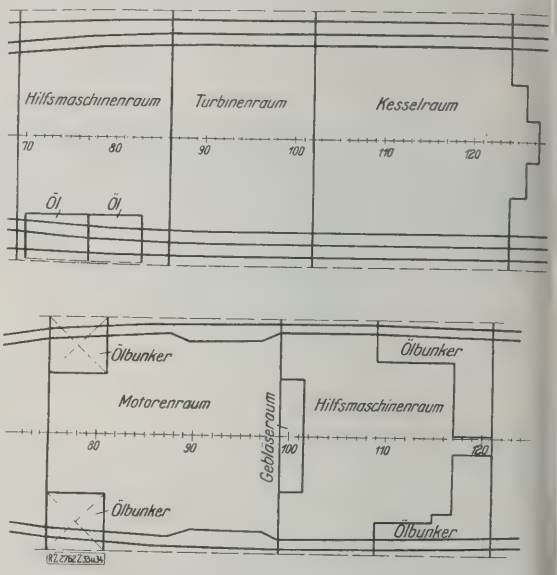



**Abb. 33 und 34**
Maschinenraumlänge bei Verwendung von Turbinen und Motoren.

Jeder Motor hat am vorderen Ende einen dreistufig Einblaseluftverdichter üblicher Bauart. Für die Lu kühlerrohrbündel sind Kupfer-Nickel-Rohre mit 20 v Nickelgehalt benutzt worden, da die gewöhnlichen Kupfe rohre häufig nach kurzer Zeit Anlaß zu Beanstandung ergaben.

Der Brennstoff wird durch zwei Pumpen für jed Zylinder geführt. An jedem Deckel ist eine und an jed Bodenseite sind zwei Düsen vorgesehen. Die Kühlung d Kolbens sowie des Zylindermantels und des Deckels durc Frischwasser wird durch Kreiselpumpen mit 900 t/ Leistung versorgt. Zur Rückkühlung des Frischwasse dienen die Seewasserpumpen von gleicher Leistung un ähnlicher Bauart. Die Spülluftgebläse sind von Brow Boveri & Co. geliefert und fördern 800 m³/min Luft gege einen Druck von 1700 mm W.-S.

Die Abgaswärme wird in den Abgaskesseln ausgenutz die gleichzeitig auch mit Ölfeuerung versehen sind, und b stillstehender Maschine in Betrieb genommen werden. De erzeugte Dampf dient für die Schiffsheizung, für Koch zwecke, Warmwasserbereitung und dergleichen.

Es hat sich allerdings im Betriebe herausgestellt, da eine völlige Trennung von Abgaskesseln und gesonde geheizten Kesseln wünschenswert ist. Bei Liegen mi klarer Maschine, wie es im Nebel vorkommt, ist es nich zu vermeiden, daß die Spülluftgebläse durch die teilweis offenen Spülluftschlitze dauernd kalte Luft durch Moto und Kessel drücken, so daß der Kessel entsprechend abge kühlt wird. Da das Schiff meistens auch bei Nebel stark ge heizt werden muß, ist diese Abkühlung durch die Luft rech störend. Selbstverständlich ist die Auspuffleitung s geschaltet, daß der Kessel umgangen werden kann, abe die Abschlußorgane halten erfahrungsgemäß doch s wenig dicht, daß besser dauernd getrennte Wege gewähl werden.

Die Schmierölpumpen sind als Zahnradpumpen aus gebildet. Für das hydraulische Getriebe auf „St. Louis“ wird ebenfalls Öl als Kupplungsflüssigkeit benutzt, wofü jedoch ein besonderer Kreislauf mit eigenen Pumpen Kühlern und Sieben vorgesehen ist. Die hydraulische Kupp lung bedeutet allerdings einen Verlust am Wirkungsgra von etwa 2 bis 3 vH. Die Werft hat diesen dadurch aus

leichen versucht, daß die Schrauben eine sogenannte gflügelform erhalten haben, wodurch eine Verbesseg des Antriebwirkungsgrades erhofft wird.

### Kühlung und Schmierung

Die Hamburg-Amerika-Linie ist schon seit längerer t ganz zur Frischwasserkühlung übergegangen. Angs wurde Seewasser oder Öl als Kühlmittel benutzt. ses hat den Vorteil, daß sich etwaige Undichtheiten für Lagerschmierung nicht ungünstig auswirken. Doch die spezifische Wärme und die Wärmeübergangsl im Vergleich zu Wasser bedeutend schlechter. Ein koken des Öls an den heißen Kolbenböden ist nicht ner ausgeschlossen, und auch bei dickflüssigem Öl mit em Brennpunkt reicht in einigen besonders krassen len die Kühlung gerade eben noch aus. Die Rückiung des Öls ist immer schwierig und wird mit der t schlechter, da sich die Kühlrohre mit einer zähen Ölicht belegen.

Seewasser ist für die Kühlung der Motoren natürlich nächstliegende. Sie wird auch vielfach benutzt. Unntheiten sind dann aber häufig recht unangenehm, da Schmieröl seine Schmierfähigkeit stark einbüßt und h das Öl mitunter so dickflüssig wird, daß die Pumpigkeit in Frage gestellt wird. Noch bedenklicher ist es, mit der Zeit — besonders bei den Zylinderdeckeln — sselsteinartige Ablagerungen eintreten, was zur Rißlung führt und die Auswechselung vieler Deckel nötig nacht hat.

Diese Erwägungen und Erfahrungen führten zu dem tschluß, als Kühlmittel Frischwasser zu benutzen, das in onderen Kühlern mittelst Seewasser zurückgekühlt wird. eichzeitig hat man hierbei den nicht zu unterschätzenden rteil, daß das Kühlwasser zu allen Zeiten und an allen en gleichschnell fließt und die gleiche Anfangs- und dtemperatur behält. Sind doch gerade häufig nach zen Stoppzeiten, wie z. B. beim Lotsennehmen, bei kaltem wasser plötzlich Rißbildungen eingetreten. Es soll jeh nicht verhehlt werden, daß sich auch bei der Frischsserkühlung Schwierigkeiten gezeigt haben. Besonders ab sich, daß das Wasser aus den Posaunen, die für die sserzuführung zum Kolben nötig sind, und die im rbelraum liegen, recht beträchtliche Mengen Öl mitßt. Dieses lagerte sich z. T. auf den Kühlrohren des ckkühlers ab, fand sich aber auch an den Wandungen Zylindermäntel und der Deckel vor. Besondere Ölscheider, die sich als sehr wirksam gezeigt haben, sind ner nötig. Auch kann man durch richtige Anordnung Posaunen erreichen, daß sich das Mitreißen von Öl in räglichen Grenzen hält.

Durch Verwendung der doppeltwirkenden Zweitakttoren und die bessere Abdichtung des Kurbelgehäuses t der Schmierölverbrauch für die Einheitsstung ganz wesentlich zurück, außerdem nimmt der Ölnst im Maschinenraum ab.

### Stopfbuchsen

Die Konstruktion der Kolbenstangen-Stopfbuchsen muß m doppeltwirkenden Zweitaktmotor besonders sorgfältig rchgeführt werden. Wenn auch teilweise Schwierigten entstanden sind, so hat sich doch ergeben, daß die chsen dauernd dicht gehalten werden können. Allerdings ssen hierzu die Brennstoffdüsen im Unterdeckel so anordnet werden, daß die Kolbenstange nicht von dem Ölahl getroffen und nicht einseitig erwärmt wird, sonst ein Dichthalten nicht möglich. Ein Auseinandernehmen Unterdeckels ist immer schwierig und zeitraubend. Es aber zu hoffen, daß diese Arbeit durch richtige Wahl Baustoffes und der Bauart zu den ganz seltenen geren wird.

### Zahnrädergetriebe

Die Einschaltung eines Getriebes zwischen Motor d Schraubenwelle war nötig, um einen günstigen Prolerwirkungsgrad zu erhalten. Die Werft von Blohm & ß, gestützt auf die langjährigen wissenschaftlichen Unsuchungen und Erfahrungen des Direktors Dr. *Frahm*, bekanntlich zuerst Rädergetriebe bei Dieselmotoren einführt. Die gefürchteten kritischen Drehschwingungen in n aus Motormasse, Schraube und Wellenleitung bestehenden System lassen sich rechnerisch erfassen und beherrschen. Bei dem von Blohm & Voß gebauten Motorschiff „Milwaukee“ sind daher auch Motor, Rädergetriebe und Welle starr gekuppelt. Bei „St. Louis“ ist dagegen, da aus besonderen Gründen ein gleiches Getriebe für dieses Schiff von Blohm & Voß nicht geliefert werden konnte, das sogenannte Vulkangetriebe eingebaut, bei dem zwischen Motor und Rädergetriebe noch eine hydraulische Kupplung eingeschaltet wird. Hierdurch wird die gegenseitige Beeinflussung von Motor- und Propellermassen restlos ausgeschaltet, wenn auch beim Motor selbst die Schwingungsrechnung gründlichst durchgeführt werden muß.

Das Vulkangetriebe verteuert selbstverständlich die Anlage, nimmt auch mehr Platz ein und erhöht den Ölverbrauch für 1 PS Leistung um einige Hundertteile, dafür bietet es aber den besonders vom Betriebe sehr hoch bewerteten Vorteil, zu jeder Zeit einen Motor auskuppeln zu können, ohne daß man die andern Maschinen stillegen muß. Ein rechtzeitiges Eingreifen ist häufig sehr wertvoll und erspart große Ausbesserkosten. Bei Fahrgastschiffen scheut man sich sehr, die Maschinenanlage auch nur für kurze Zeit stillzusetzen, um die Fahrgäste nicht zu beunruhigen. Entscheidend für die Berechtigung der einen oder andern Bauart ist natürlich, wie häufig derartige Störungen vorkommen. Bisher hat sich ein zeitweises Stillsetzen der Motoren auf der Fahrt noch nicht ganz vermeiden lassen, es wird aber hoffentlich mit der Zeit immer seltener werden.

### Die Verdichter

Die Hauptmotoren arbeiten auf diesen Schiffen mit Einblaseluft, die in je zwei angehängten Kompressoren verdichtet wird. Für die Kühler der drei Verdichtungsstufen hat man Rohre aus Kupfer-Nickellegierung mit 80 vH Cu und 20 vH Ni gewählt, um mit Sicherheit die störenden Undichtigkeiten an Rohren zu vermeiden. Diese Legierung hat sich auch bei den Kondensatorrohren für Dampfmaschinen bisher als seewasserbeständig erwiesen. Wichtig ist auch, daß die Luft nicht aus dem Maschinenraum, sondern unmittelbar von Deck her angesaugt wird, da sonst starke Ölablagerungen, die zu heftigen Explosionen führen können, an den Rohrböden der Luftkühler stattfinden. Die Motoren mit Einblaseluft haben sich bis zu einer gewissen Grenze als unempfindlich gegen Unterschiede der Treibölsorten gezeigt. Trotzdem geht das Bestreben mit Recht dahin, den Verdichter, der einen nicht unerheblichen Teil der Leistung verzehrt, und der häufig zu Störungen Anlaß gibt, auszuschalten. Bei diesen Schiffen hat man die Hilfsdieselmotoren auch schon kompressorlos ausgeführt.

### Bauliche Verschiedenheiten beider Schiffe

Die Abmessungen der vier Hauptmaschinen sind bei den beiden Schiffen nicht ganz gleich. Wenn die beiden Bauwerften Blohm & Voß und Bremer Vulkan auch Lizenznehmer der MAN sind, so hätte sich eine völlige konstruktive Übereinstimmung nur erreichen lassen, wenn die eine Werft die Zeichnungen der andern übernommen hätte. Das verbot sich schon deshalb, weil hierdurch die rechtzeitige Fertigstellung der Schiffe in Frage gestellt worden wäre. Auch erscheint es richtiger, dem technischen Wettstreit keine unnatürlichen Fesseln anzulegen. So haben sich bei getrennter Durchbildung der Konstruktion einige Verschiedenheiten ergeben, die zur Klärung gewisser Fragen hinsichtlich der Ausbildung der Kolben und Kolbenringlage beitragen werden.

## Hilfsmaschinen

### Pumpen und Motoren

Wegen des fehlenden Dampfes ist bei Motorschiffen der elektrische Antrieb der Hilfsmaschinen der gegebene. Damit gewinnt die Kreiselpumpe für solche Schiffe erhöhte Bedeutung. Wo es erforderlich ist, müssen diese Pumpen jedoch, weil sie nicht selbst ansaugen, mit besonderen Luftpumpen versehen werden, die sich im allgemeinen auch gut bewährt haben. Selbstverständlich müssen sich die Maschinisten zunächst etwas an die neue Betriebsart gewöhnen, die von der der früheren Kolbenpumpen abweicht. Das Ansaugen bei geschlossenem Druckschieber und die Gefahr der Überlastung des Motors bei

zu geringem Gegendruck sind dem an Kolbenpumpen gewöhnten Maschinisten etwas Ungewohntes. Bei der Konstruktion der Pumpen ist auf gutes, dauerndes Dichthalten der Wellenstopfbuchse zu achten. Die Welle selbst wird am besten aus V 2 A-Stahl hergestellt, der sich am seewasserbeständigsten gezeigt hat. Bei den dauernd laufenden Motoren besteht die Gefahr, da sie stets mit Luftkühlung gebaut werden, daß besonders die Ankerwicklung durch Öldünste bald derart verschmutzt wird, daß die Isolierung darunter leidet. Daher sind diese an ein besonderes Frischluftkanalsystem angeschlossen, was sich als sehr nützlich gezeigt hat. Besonders in den Tropen macht sich dies bemerkbar.

Für den Hilfsmaschinenbetrieb sind auf „St. Louis" drei Diesel-Stromerzeuger von 450 kW und einer von 225 kW, und auf „Milwaukee" vier Diesel-Stromerzeuger von 380 kW Leistung vorgesehen. Die Spannung beträgt 220 V. Das Leitungsnetz der Kraft- und Heizungsanlage ist zweipolig, das der Lichtanlage, die mit 110 V Spannung arbeitet, einpolig verlegt. Die Dieseldynamos sind parallel geschaltet und haben die *Meiersche* Sicherheitsschaltung, damit man bei plötzlichem Ausfall eines Stromerzeugers die nicht unbedingt zum Antrieb, Manövrieren oder zur Beleuchtung erforderlichen Stromverbraucher abschalten kann.

Für den Schiff- und Maschinenbetrieb sind nur Krei pumpen vorgesehen worden. Soweit es erforderlich ist, s sie selbstansaugend ausgeführt, d. h. sie sind an ei Ende mit einer kleinen Luftpumpe versehen, die ei Unterdruck in der Saugeleitung von 7 bis 8 m W.-S. zeugen kann. Für alle wichtigen Hilfsmaschinen und räte ist eine reichliche Reserve vorhanden.

Die Deckshilfsmaschinen werden sämtlich, wie b Motorschiff üblich, elektrisch angetrieben. Das Ankers ist mit einer Senkbremsschaltung ausgerüstet, um größeren Wassertiefen den Anker durch das Ankers langsam herablassen zu können. Es hat sich nämlich ausgestellt, daß bei Wassertiefen über 40 m ein Abbrem des fallenden Ankers nicht möglich ist, da das Gewi der Kette zu groß ist, so daß man, wenn man den An fallen läßt, mit Verlust von Kette und Anker rechnen m Bei der Senkbremsschaltung wird Strom durch den An in entgegengesetzter Richtung geschickt, so daß trotz großen Belastung ein langsames Senken bis auf den Gr möglich ist.

Die Rudermaschine ist im elektrischen Teil von AEG geliefert und mit der bekannten *Krömer*-Schalt ausgerüstet, die sich in jahrelangem Betrieb gut bewä hat. Jedes Schiff erhält 17 Ladewinden, wobei auf gr Hubgeschwindigkeiten besonderes Gewicht gelegt wu

[B 2762

## Zur Kenntnis der gegossenen Zinn-Kupfer-Legierungen

Diese Arbeit von Dr. *W. Claus* und Dipl.-Ing. *H. Goeke*[1]) beschäftigt sich mit Untersuchungen der genormten Legierungen:

Walzbronze 6 = WBz 6 mit 94 vH Cu und 6 vH Sn,
Gußbronze 10 = GBz 10 „ 90 „ „ „ 10 „ „ ,
„ 14 = „ 14 „ 86 „ „ „ 14 „ „ ,
„ 20 = „ 20 „ 80 „ „ „ 20 „ „ .
(Glockenbronze)

**Größe, Erscheinungsformen und Gesetzmäßigkeiten der umgekehrten Blockseigerung bei den einzelnen Legierungen**

In der ersten Versuchsreihe wurde die umgekehrte Blockseigerung der Legierungen beim Vergießen unter gleichen Bedingungen (trockene Sandform) untersucht, Zahlentafel 1.

Von den Gußknüppeln wurden Schichtanalysen entnommen, deren Ergebnisse die Grundlage für die Beurteilung der Größe der Entmischungen bildeten. Die Maße der Knüppel, sowie die Aufteilung für die Schichtanalysen sind für alle angewendeten Gußarten aus Abb. 1 bis 3 ersichtlich (liegender Guß entsprechend).

1. Die umgekehrte Blockseigerung der unter gleichen Bedingungen vergossenen Legierungen.

An den Werten der Zahlentafel 1 ist zu erkennen, daß Entmischung sowohl in waagerechter als auch senkrechter Richtung auftritt. Die Legierung GBz 20 scheint weniger zu seigern als die andern Legierungen, doch läßt sich an der Hand der verlorenen Köpfe nachweisen, daß nur eine

[1]) „Die Gießerei" Bd. 16 (1929) Heft 4 S. 73 u. f.

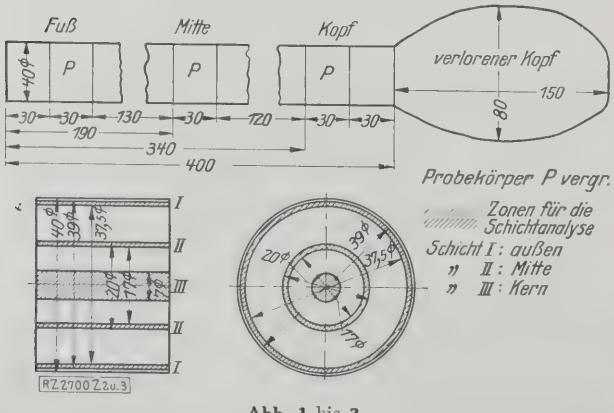



**Abb. 1 bis 3**
Aufteilung eines Gußknüppels für die Schichtanalyse. Plan der Probenentnahme.

**Zahlentafel 1**
Umgekehrte Blockseigerung der bei 200 °C oberhalb ihres Schmelzpunktes vergossenen Zinnbronzen (stehender Guß).

| Trockenguß der Bronze | Gießtemperatur °C | Schicht | I | II | III | Zinngeha unterschi zwischen K und auß (I bis II |
|---|---|---|---|---|---|---|
| WBz 6 . . | 1220 | Kopf | 6,6 | 6,0 | 5,8 | 0,8 |
| | | Mitte | 6,6 | 6,1 | 6,0 | 0,6 |
| | | Fuß | 6,8 | 6,2 | 6,1 | 0,7 |
| GBz 10 . . | 1200 | Kopf | 10,7 | 9,7 | 9,5 | 1,2 |
| | | Mitte | 10,5 | 10,1 | 9,7 | 0,8 |
| | | Fuß | 10,7 | 10,0 | 9,8 | 0,9 |
| „ 14 . . | 1150 | Kopf | 14,7 | 14,0 | 13,5 | 1,2 |
| | | Mitte | 15,1 | 14,6 | 14,3 | 0,8 |
| | | Fuß | 15,0 | 14,8 | 15,0 | 0,0 |
| „ 20 . . | 1080 | Kopf | 20,5 | 20,1 | 20,0 | 0,5 |
| | | Mitte | 20,5 | 20,1 | 20,0 | 0,5 |
| | | Fuß | 20,5 | 20,0 | 19,8 | 0,7 |

Störung eingetreten ist. Diese hat die die Entmischu bedingende Verschiebung der Restschmelzen nach Stel örtlicher Überhitzung hin gelenkt und an diesen Stel zu sogenannten Schilpenbildungen Anlaß gegeben.

2. Abhängigkeit der Größe der Blockseigerung Formstoffen und Formkonstruktion.

Den Einfluß der verschiedenen Formstoffe (Unt suchung an GBz 10 über den Einfluß der Abkühlun geschwindigkeit auf die umgekehrte Blockseigerung) ze Zahlentafel 2.

**Zahlentafel 2**
Umgekehrte Blockseigerung der bei 1200 °C in verschied Formstoffe vergossenen Legierung GBz 10 (stehender Gu

| Formstoff | Schicht | I | II | III | Zinngeha unterschi zwischen K und auße |
|---|---|---|---|---|---|
| Trockensand . | Kopf | 10,7 | 9,7 | 9,5 | 1,2 |
| | Mitte | 10,5 | 10,1 | 9,7 | 0,8 |
| | Fuß | 10,7 | 10,0 | 9,8 | 0,9 |
| Naßsand . . . | Kopf | 10,7 | 9,2 | 9,8 | 0,9 |
| | Mitte | 10,9 | 9,7 | 9,6 | 1,3 |
| | Fuß | 10 9 | 10,8 | 10,5 | 0,4 |
| Kokille . . . . | Kopf | 11,2 | 10,0 | 9,3 | 1,9 |
| | Mitte | 10,9 | 9,5 | 9,0 | 1,9 |
| | Fuß | 11,5 | 10,0 | 9,5 | 2,0 |

Den Einfluß der Formkonstruktion (Untersuchungen n stehend und liegend gegossenen Trocken- und Naß-Gußnüppeln der GBz 10) zeigt Zahlentafel 3.

Der liegende Guß verhält sich in bezug auf die umgekehrte Blockseigerung günstiger.

**Zahlentafel 3**
Umgekehrte Blockseigerung der bei 1200 °C in verschiedene Formstoffe und Formen verschiedener Konstruktion vergossenen Legierung GBz 10.

| Formkonstruktion | Formstoff | Schicht | I | II | III | Zinngehaltunterschied zwischen Kern und außen |
|---|---|---|---|---|---|---|
| stehend | Trockensand | Kopf | 10,7 | 9,7 | 9,5 | 1,2 |
| | | Mitte | 10,5 | 10,1 | 9,7 | 0,8 |
| | | Fuß | 10,7 | 10,0 | 9,8 | 0,9 |
| liegend | | Kopf | 10,3 | 9,9 | 9,9 | 0,4 |
| | | Mitte | 10,2 | 10,0 | 9,8 | 0,4 |
| | | Fuß | 10,1 | 9,6 | 9,7 | 0,4 |
| stehend | Naßsand | Kopf | 10,7 | 9,2 | 9,8 | 0,9 |
| | | Mitte | 10,9 | 9,7 | 9,6 | 1,3 |
| | | Fuß | 10,9 | 10,8 | 10,5 | 0,4 |
| liegend | | Kopf | 10,3 | 9,7 | 9,6 | 0,7 |
| | | Mitte | 10,5 | 9,9 | 9,8 | 0,7 |
| | | Fuß | 10,5 | 10,1 | 10,0 | 0,5 |

3. Größe und Art der Seigerungserscheinungen in Abhängigkeit von weiteren thermischen Veränderlichen.

a) Einfluß verschiedener Gießtemperaturen.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde die Legierung WBz 6 bei 1220 und 1100 ° C in stehende Trockensandformen vergossen. Die Schichtanalysen der Knüppel ergaben, daß die höhere Gießtemperatur eine zahlenmäßige entsprechend größere Entmischung bedingt.

b) Untersuchung der Rohgußknüppel auf äußere Ausseigerungen.

An den verlorenen Köpfen der Legierungen GBz 10, 14 und 20 treten Ausseigerungen (Schilpen und Austreibungen) auf, deren Zusammensetzung in jedem Falle und bei jeder Legierung folgende Analyse ergab: 24 vH Sn und 76 vH Cu.

Diese Ausseigerungen werden in ihrer Richtung sowie in Aussehen und Lage durch örtliche Überhitzung (Auftreffen des Gießstrahles auf die Formwand) und übermäßige Stoffanhäufungen (Wärmestau), bei gleichzeitiger Verlagerung des Schwindungslunkers, beeinflußt. Hierdurch erklärt sich das gute Verhalten des liegenden Gusses, da bei der hier verwendeten Formkonstruktion Stellen örtlicher Überhitzung nicht in der eigentlichen Form, sondern nur im Einguß liegen. Es wird also bewiesen, daß für den Zinn-Bronze-Guß die Art der Formkonstruktion nicht gleichgültig ist.

### Die Theorie der umgekehrten Blockseigerung

1. Erstarrungsgefüge.

Legierung WBz 6. Es wird nachgewiesen, daß entgegengesetzt dem Diagramm Cu-Sn diese Legierung nicht nur aus $\alpha$-Mischkristall besteht, sondern zwischen den Primärkristallen noch eine zinnreiche Füllmasse von $\alpha + \delta$-Eutektoid auftritt. Die Legierung GBz 10 zeigt genau das gleiche ungewöhnliche Verhalten wie die Legierung WBz 6. Die Legierungen GBz 14 und GBz 20 zeigen bei einem (dem hohen Zinngehalt entsprechenden) Vorherrschen der zinnreichen Sekundärkristallisation keine Abweichungen vom Zustandsdiagramm.

2. Erstarrungsverlauf.

Die bei den Legierungen mit 6 und 10 vH Zinn auftretenden Widersprüche gegenüber dem Zustandsdiagramm müssen in einem abweichenden Verlauf der Erstarrung der Legierungen begründet liegen.

Eine angenommene Legierung $M$ müßte bei vorbildlichem Erstarrungsverlauf bei der Temperatur $t_3$ mit einer Restschmelze von der Menge null, entsprechend der Temperaturwaagerechten $x_3 - y_3$ als Mischkristall erstarren, Abb. 4.

Ist nun aber der Diffusionsvorgang der B-reichen Restschmelze in die A-reichen Primärkristalle unterbunden, so tritt ein nach Abb. 5 ablaufender, abweichender Erstarrungsvorgang auf, der bei der Temperatur $t_3$ noch nicht abgeschlossen ist, weil noch erhebliche Mengen Restschmelze, entsprechend der Temperaturwaagerechten $x_3 - y_3$,

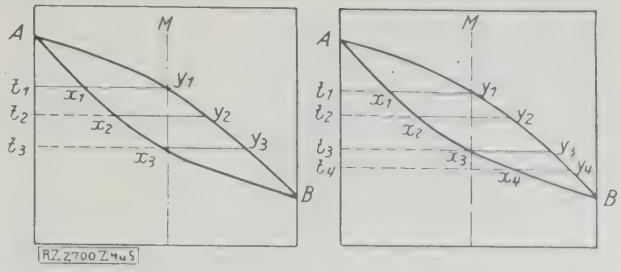



**Abb. 4 und 5**
Erstarrungsverlauf unter homogener Mischkristallbildung erstarrender binärer Legierungen.
Abb. 4 (links) bei vollkommenem Diffusionsablauf,
Abb. 5 (rechts) bei gestörtem Diffusionsablauf.

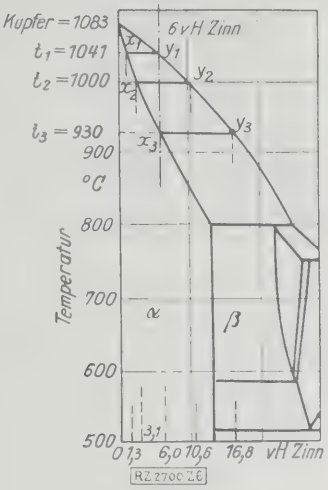



**Abb. 6**
Erstarrungsverlauf der Cu-Sn-Legierungen (Legierung WBz 6 bei vollkommenem Diffusionsablauf).

die nicht in die A-reichen Kristalle hineindiffundieren konnten, vorhanden sind. Der Erstarrungsvorgang verläuft also noch unterhalb der Temperatur $t_3$ weiter und erreicht erst sein Ende bei der Temperatur $t_4$ mit einer Restschmelze von der Menge null, entsprechend der Temperaturwaagerechten $x_4 - y_4$.

Das Gefüge einer derartig abweichend erstarrten Legierung $M$ muß also bei dem als Beispiel gewählten Erstarrungsvorgang gleichartige, schichtkonzentrationsverschiedene Mischkristalle zeigen.

Überträgt man nun diese theoretische Folgerung auf den in Abb. 6 wiedergegebenen Teil des *Cu-Sn*-Zustandsdiagramms, so erkennt man, daß es durchaus möglich ist, daß bei großen Mengen nicht diffundierter Restschmelzen ein Auftreten des $\alpha + \delta$ = Eutektoids oder sogar des $\gamma + \delta$ = Eutektoids stattfinden kann, wie es bei der Legierung WBz 6 und der Legierung GBz 10 tatsächlich auch beobachtet worden ist.

Die umgekehrte Blockseigerung, d. h. Anhäufung des niedrigerschmelzenden Legierungsbestandteiles in den Außenzonen, kann wiederum nur durch eine Verschiebung dieser zinnreichen Restschmelzen nach den Außenzonen hin erklärt werden.

Der verlorene Kopf der Legierung GBz 20, Abb. 7, läßt erklärende Rückschlüsse über die dieses verursachende Kraft zu. Abb. 7 läßt erkennen, daß die Ausseigerung an der durch Wärmestau am längsten glühend erhaltenen Stelle erfolgt ist. Die Porosität, die im eigentlichen verlorenen Kopf diese Austreibung umrahmt, zeigt deutlich, daß Gase ($SO_2$), die beim Erstarren aus dem Metall abgeschieden wurden, als Urheber dieser Restschmelzeverschiebungen zwischen den Primärkristallen anzusehen sind. (Gasdruck bei höheren Temperaturen).

Es wird auf Grund der beobachteten Gesetzmäßigkeiten in der umgekehrten Blockseigerung festgestellt, daß mit wachsender Abkühlungsgeschwindigkeit die Größe der interkristallinen Seigerung anwächst und die dadurch bedingte umgekehrte Blockseigerung in ihren Ausmaßen ebenfalls höhere Werte zeigt. Steigert man jedoch die Abkühlungsgeschwindigkeit weiter, so wächst zwar die interkristalline Entmischung, ein Verschieben der Restschmelze kann jedoch nur in immer geringerem Maße auftreten, da die Erstarrung so schnell vor sich geht, daß keine Zeit zum vollständigen Ablauf dieses Vorganges mehr vorhanden ist. In einer graphischen Darstellung drückt sich diese Gesetzmäßigkeit so aus, daß mit steigender Erstarrungsgeschwindigkeit die Werte der interkristallinen Seigerung stetig einem Höchstwert zustreben, während die der umgekehrten Blockseigerung bis zu einem Höchstwerte ansteigen, um dann wieder auf null abzufallen.

**Abb. 7**
Seigerdorn im Schwindungslunker des verlorenen Kopfes eines Rohgußknüppels aus der Legierung G Bz 20.

Eine rechnerische Kritik der Seigerungswerte erbrachte den Beweis für die Annahme, daß die chemische Analyse der einzelnen Schichten nur relative Werte für die Entmischungsgrößen liefern kann. Es ergibt sich also die Notwendigkeit, ein besonderes Prüfverfahren zum Zwecke der zahlenmäßigen Erfassung, der durch die umgekehrte Blockseigerung bedingten Schädigung von Zinn-Bronze-Gußstücken auszuarbeiten. Dieses Prüfverfahren beruht nun auf der Untersuchung und Bestimmung der Querschnitts-Porositätsgrenzen und wird in einem besonderen Abschnitt der Arbeit ausführlicher behandelt. (Porendruckprobe.)

### Mechanisch-technologische Untersuchungen

In diesem Abschnitt wird der Einfluß der Entmischungserscheinungen (in allen durch thermische Bedingungen geschaffenen Varianten auf die Festigkeitseigenschaften untersucht.

1. Zerreißfestigkeit und Dehnung.

Die Lage der verschiedenen Probekörper im Gußknüppel zeigt Abb. 8.

Es wird festgestellt, daß zentrisch aus dem Gußknüppel gedrehte Probestäbe stets geringere Festigkeits- und Dehnungswerte ergeben, als exzentrisch aus den Randzonen erhaltene. Der Grund hierfür ist in der mit der umgekehrten Blockseigerung stets Hand in Hand gehenden, zentrischen Gasporosität, Abb. 7, zu suchen. Weitere Studien am liegenden Guß der Legierung GBz 10 ergeben bei gleicher Gesetzmäßigkeit die Bestätigung der bei den Entmischungsuntersuchungen gemachten Feststellung, daß die Güte der liegend vergossenen Zinn-Bronzen erheblich besser ist, als die der in stehende Formen vergossenen Legierungen. Es wurden beim liegenden Trockenguß der Legierung GBz 10 (Gießtemperatur 1200 °C, exzentrischer Stab) Zugfestigkeiten bis zu 31 kg/mm² bei einer Dehnung von $\Delta = 62{,}2$ vH erhalten. Die Verfasser glauben, daß es im technischen Betrieb ohne Schwierigkeiten möglich sein wird, ähnliche, wenn auch etwas niedrigere Werte zu erreichen.

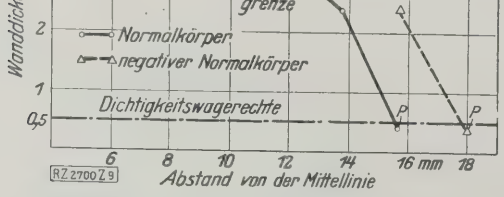



**Abb. 9**
Dichtheits-Diagramm der Legierung G Bz 10. Trockenguß stehend (Fuß).

2. Brinellhärte.

Die Härteuntersuchungen ergeben, daß wegen der Entmischung der Legierungen während der Erstarrung ei ganz ungleichmäßiger Gefügeaufbau entsteht, der sich i den Härtewerten in entsprechender Weise bemerkbar mach Es ist aus diesem Grunde nicht möglich, bei gegossene Bronzen (im Gegensatz zu gekneteten Legierungen) di Härtewerte zu Rückschlüssen auf Zugfestigkeit und Deh nung zu benutzen.

3. Porendruck (Druckwasser-Dichtigkeitsprüfung).

Für die Porendruckprüfung wurden aus den Guß knüppeln Probekörper, Abb. 8, herausgearbeitet und mi Druckwasser (15 at) auf die Porositätsgrenzen hin unter sucht. Hielten die Probekörper dicht, so wurde der posi tive Normalkörper von außen her und der negative vo innen her soweit abgedreht oder ausgebohrt, bis eine Un dichtheit auftrat. So wurde festgestellt, daß Wanddicke unter 0,5 mm, die dem Druck widerstehen, als technisch dicht zu bezeichnen sind. Als maßgebend für die Güte de untersuchten Werkstoffes wurde außer der Wanddicke de Probe auch der Abstand dieser dichten Zone von der Mittel linie erkannt. Auf Grund dieser Erkenntnis wurde da Porendruckdiagramm entwickelt, in dem der Schnittpunk der Dichtigkeitswaagerechten (0,5 mm) mit der Kurve de Wanddicken in Abhängigkeit vom Abstand von der Mittel linie die Querschnittsporositätsgrenze und damit die abso lute Größe der umgekehrten Blockseigerung angibt. Abb. und 10 zeigen die Diagramme für den Fuß des stehend un liegend vergossenen Trockenformknüppels der Legierung GBz 10. Man erkennt an diesen zwei Beispielen deutlich das verschiedenartige Verhalten der in Formen verschiede ner Konstruktion vergossenen Zinnbronzen.

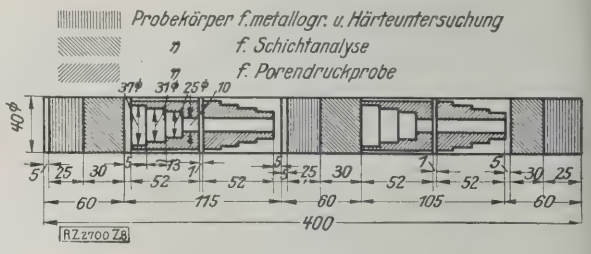



**Abb. 8**
Lage der verschiedenen Probekörper.

Die Porendruckuntersuchungen haben ergeben, daß

1. die Festigkeits- und Härteuntersuchungen in ihren Werten durch die Porendruckprobe vollauf bestätig werden;
2. die Zinngehaltunterschiede der Querschnittszonen von Gußstücken verschiedener Legierungen den absoluten Entmischungsgrad solcher Werkstoffe keinesweg kennzeichnen (jedoch grundsätzlich übereinstimmen mit den Porendruckwerten);
3. sich thermische Veränderliche beim Guß und beim Erstarren der Legierungen deutlich in den Poren druckdiagrammen wiederspiegeln;
4. der Guß in liegende Formen vollkommene Dichtheit der Gußstücke erreichen läßt, womit eine recht erheb liche Steigerung aller mechanisch-technologischen Eigenschaften Hand in Hand geht.

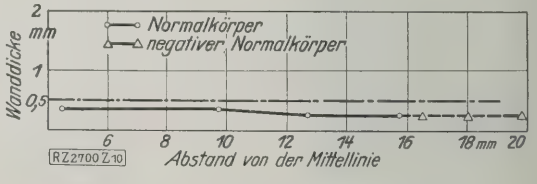



**Abb. 10**
Dichtheits-Diagramm der Legierung GBz 10. Trockenguß liegend (Fuß).
Das Gußstück ist über den ganzen Querschnitt vollkommen dicht, denn die Kurven der Wanddicken verlaufen in ihrer ganzen Ausdehnung unterhalb der Dichtigkeitswaagerechten.

Berlin [M 2700] Dipl.-Ing. *F. Goederitz*

# RUNDSCHAU

## *Wasserbau*

### Die Nordschleusenanlage in Bremerhaven

Im Herbst 1927 wurden die Vorarbeiten und um die ende desselben Jahres die Bauarbeiten an der neuen ordschleusenanlage am Nordende der Bremerhavener äfen wieder aufgenommen, die im Jahre 1916 zum Still- and gekommen waren. Diese Erweiterungsbauten wur- n notwendig, weil die vorhandene „Große Kaiserschleuse“ ihren Abmessungen für Fahrgastdampfer größten Aus- aßes, wie die neuen Dampfer „Bremen“ und „Europa“ s Norddeutschen Lloyd, nicht mehr ausreicht und aus Gründen der Betriebsicherheit eine zweite Ein- und Ausfahrt für die neuzeitlichen Häfen von Bremerhaven, die Kaiserhäfen, vorhanden sein muß.

Der gesamte Bauplan, Abb. 1, umfaßt:

eine K a m m e r s c h l e u s e von 372 m Länge zwischen den Toren und 350 m Länge zwischen den Häuptern, 45 m Breite in den Einfahrten, 60 m Breite in der Kammer;

einen V o r h a f e n von rd. 350 m Länge, 120 m Breite an der Mündung, 80 m Breite an der Einfahrt der Schleuse;

ein W e n d e b e c k e n von rd. 400 m Länge und rd. 240 m Breite;

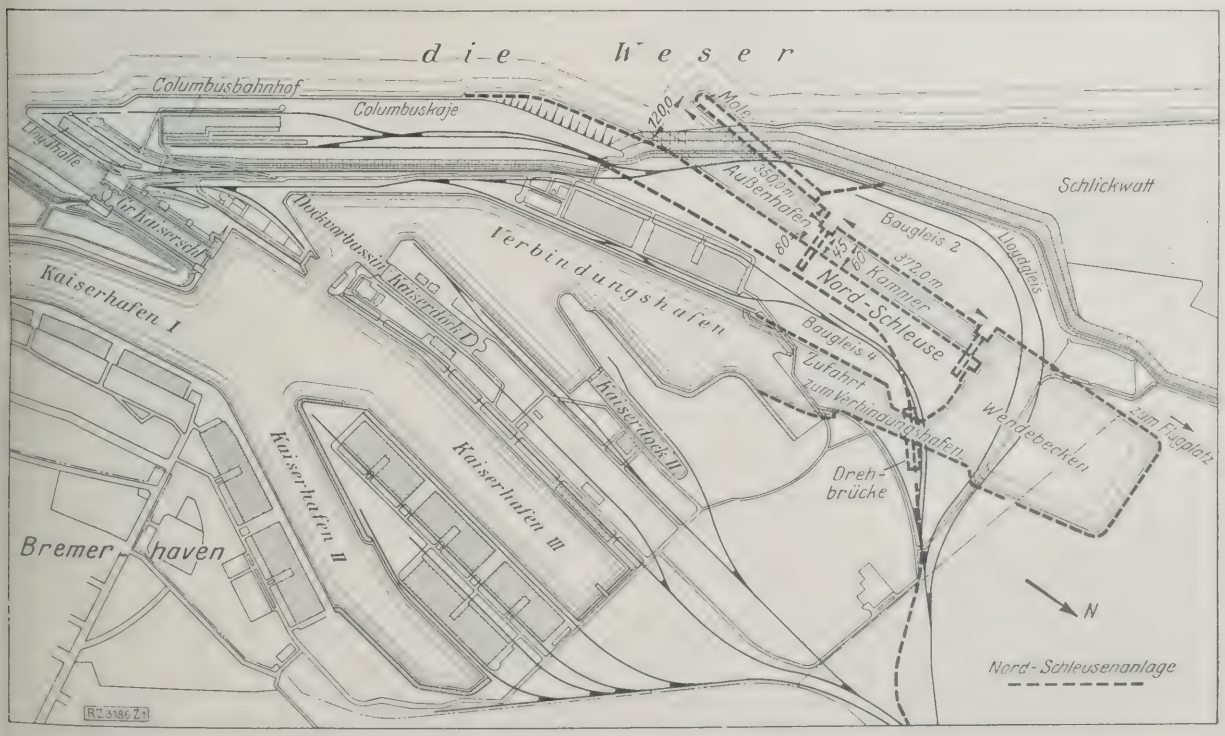



**Abb. 1.** Bauplan der neuen Nordschleusenanlage in Bremerhaven.

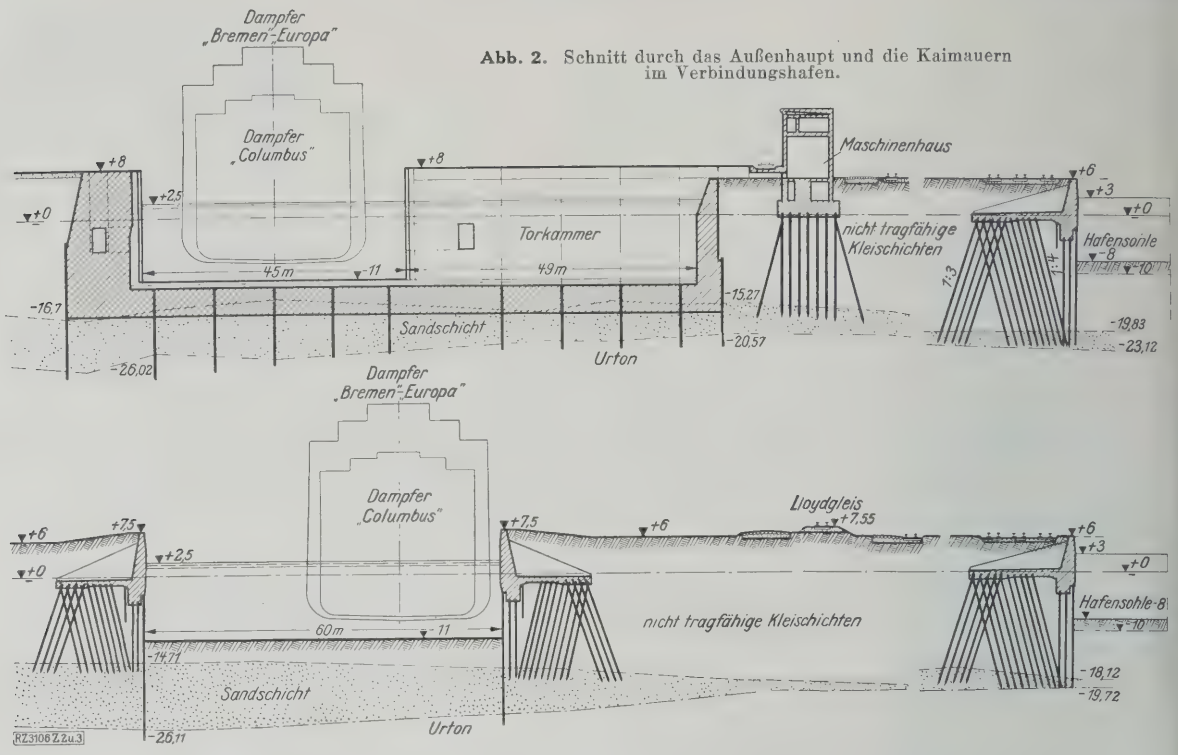



**Abb. 2.** Schnitt durch das Außenhaupt und die Kaimauern im Verbindungshafen.

**Abb. 3.** Schnitt durch die Kaimauern in der Schleusenkammer und im Verbindungshafen.

eine ungleicharmige Drehbrücke von rd. 112 m Länge und rd. 19 m Breite, die über den 45 m breiten Verbindungskanal zu den bestehenden Häfen führt. Über diese Drehbrücke laufen zwei Eisenbahngleise zur Bedienung der Passagierlandungsanlage auf der Columbuskaje und der am Verbindungshafen liegenden Schuppen und eine zweispurige Straße für die Verbindung zwischen Stadt, Columbushof und Flugplatz;

einen Verbindungskanal von 45 m Breite, der die neuen Nordhäfen mit den Kaiserhäfen und den bestehenden Trockendocks verbindet.

An Fahrwassertiefen sind vorgesehen: für Außenvorhafen Ostseite — 11 m Brhv. Null, Außenvorhafen Westseite an der Mole als Liegestelle für Fahrgastdampfer — 12 m Brhv. Null. Bei einem mittleren Hochwasser von + 3,64 m und einem mittleren Niedrigwasserstand von + 0,32 m entspricht dies Fahrwassertiefen von rd. 11,5 bzw. 12,5 m bei Niedrigwasser und rd. 14,5 bzw. 15,5 m bei mittlerem Hochwasser. Der Drempel der Nordschleuse sowohl für das Außenhaupt wie für das Binnenhaupt liegt auf — 11 m Brhv. Null, entspricht also gleichfalls Fahrwassertiefen von rd. 11,5 m bei mittlerem Niedrigwasser und rd. 14,5 m bei mittlerem Hochwasser. Die Hafenbecken erhalten eine Sohle von — 10 m entsprechend Fahrwassertiefen von rd. 12 bzw. 14 m bei niedrigen und hohen Hafenwasserständen.

Um diese Bauwerke zu errichten, bedurfte es der eingehendsten Kenntnis des Untergrundes. Die Untersuchungen erfolgten durch rd. 320 Bohrlöcher, die bis zu 50 m Tiefe in die Erde hineingetrieben wurden. Der Untergrund besteht aus dem alluvialen Ton, dem Klei, Ablagerungen aus der Berührung von See- und Flußwasser von 15 bis 20 m Mächtigkeit, darunter aus der Sandschicht von 35 bis 4000 cm wechselnder Stärke und unter dieser aus dem diluvialen Ton von über 20 m Mächtigkeit. Sowohl die Oberfläche der Sand- wie der Tonschicht zeigen erhebliche Höhenunterschiede von 8 bis 12 m.

Mit den Bauarbeiten hat man um die Wende des Jahres 1927 begonnen. Zuerst wurden die Baugruben für die Kaimauern hergestellt, alsdann die hölzernen, bis zu 26 m langen Pfähle und die eisernen, bis zu 28 m langen Spundbohlen, System Larssen, für die Fundierung der Kajen und für die Umfassung der Häupter gerammt.

Im August 1928 haben die Einrichtungsarbeiten für die Betonierungsanlagen und im Herbst desselben Jahres die Betonierung der Kaimauern im Außenvorhafen, Abb. 2, und in der Kammer, Abb. 3, und der Sohle des Außenhauptes begonnen. Im Jahre 1929 sollen die Betonarbeiten der binnendeichs liegenden Bauwerke — Kajen, Häupter, Drehbrückenfundament — insgesamt rd. 170 000 m³ Beton, fertiggestellt werden.

Im Außenhaupt ist der tiefste Punkt der Nordschle mit rd. 26 m unter Deichoberkante erreicht worden.

Über den Umfang der zu leistenden Arbeiten k man sich ein Bild machen, wenn man sich vor Augen h wieviel an Arbeitskräften und Großgeräten allein im B jahr 1928 bereits notwendig geworden sind:

bis zu 1000 Arbeiter,
„ „ 15 Kreiselpumpen,
„ „ 9 Greifer von ¾ bis 1¼ m³ Inhalt,
„ „ 17,6 km Gleisanlagen,
„ „ 278 Kippwagen,
„ „ 16 Lokomotiven,
„ „ 19 Rammen,
„ „ 4 Turmdrehkrane,
„ „ 6 Förderbänder,
„ „ 3 Gießtürme,
„ „ 6 1500 l-Betonmischmaschinen.

Hiermit sollen folgende Baustoffmengen innerhalb v vier Jahren bewältigt werden:

rd. 25 000 Holzpfähle bis zu 26 m Länge,
„ 15 000 t eiserne Spundbohlen bis zu 28 m Länge
„ 12 600 t Rundeisen und Eisenkonstruktionen,
„ 80 000 t Zement und Traß,
„ 300 000 m³ Kies und Sand,
„ 3 100 000 m³ Bodenbewegung,
„ 220 000 m³ Beton.

Wenn die Witterung einigermaßen günstig bleibt, damit zu rechnen, daß zu Beginn des Jahres 1932 die No schleusenanlage dem Verkehr übergeben werden kann.

Bremen wird alsdann zusammen mit der im vori Jahr in Betrieb genommenen Fahrgastabfertigungsan an der Columbuskaje einen in jeder Beziehung neuzeitl eingerichteten „Wasserbahnhof" auch für die größten Fa gastdampfer des Nordamerikaverkehrs besitzen. Außer zwei Abfertigungsplätzen an der Columbuskaje wer auch an der neuen Nordschleuse zwei weitere gleichwert Liegeplätze vorhanden sein. [B 3186

Bremerhaven Baurat Dr.-Ing. *A. Agat*

## Jahresschau der Technik 1928/29, Elektrotechni

Die Tiroler Wasserkraftwerke-A.-G. teilt zu Z. Bd. (1929) Nr. 25 S. 857 mit, daß das Achensee-Kraftwerk n i c mit einer Pumpspeicheranlage ausgerüstet wurde, sond daß in Achenkirch lediglich ein Pumpwerk für rd. 32 m H höhe errichtet wurde, zwecks Einspeisung der Achenkirch Quellen in den See. [N 3372] *Niethamme*

# Hüttenwesen

## Fortschritte im Betrieb der Eisenhütten

Da wegen der ungeklärten Lage infolge des Arbeitskampfes in der Eisenindustrie der Eisenhüttentag 1928 zur gewohnten Zeit im Dezember ausfiel, fand die Hauptversammlung des Vereines deutscher Eisenhüttenleute am 4. und 5. Mai 1929 in Düsseldorf statt. In den Vorträgen der Gruppensitzungen am 4. Mai wurden metallurgische und technologische Fragen behandelt. In der Gruppensitzung 1 berichtete Dir. Dr.-Ing. *F. Pacher*[1]), Düsseldorf, über

**das Gießen von Stahlblöcken.**

Die einzelnen Stahlsorten verhalten sich beim Gießen und während des Erstarrens sehr verschieden. Neben der chemischen Zusammensetzung üben auch die Blockgröße, die Blockform und die durch die Gußform bedingten Abkühlverhältnisse ihre Einflüsse aus. Die Gießarten sind abhängig von der Ausbildung der Gießpfannen (Guß über die Schnauze durch Kippen der Pfanne oder Entnahme des Stahles aus dem unteren Pfannenteil durch Anordnung eines Ausgusses und Stopfens im Pfannenboden) und der Blockform (fallend, steigend oder beides gleichzeitig). Die thermischen Fragen bei den Gießvorgängen umfassen die Temperatur- und Flüssigkeitsverhältnisse von Stahl und Schlacke, die Vorgänge bei der Abkühlung und der Verfestigung des Metalls in der Gußform. Gute Temperatur- und Zeitmessungen sind hier von Bedeutung.

Die Vorgänge beim Gießen und während des Erstarrens in der Gußform sind thermischer, metallurgischer oder mechanischer Natur. Zu den Gießfehlern, die hauptsächlich auf Wärmevorgänge zurückzuführen sind, gehören die Seigerungen als Folgen der Schwindung und die Verschiedenartigkeit des Primärgefüges. Durch Nachgießen frischen Metalls in erwärmte Hauben, durch Flüssighalten des Blockkopfes oder durch mechanische Preßverfahren kann man die Lunkerbildung vermindern. Fehler metallurgischer Art sind Blasenbildung infolge Gasentwicklung bei unruhigem Stahl oder Einwirken der Feuchtigkeit der Gußform, Mattschweißen infolge Oxydation und Abkühlung durch die atmosphärische Luft, schließlich Schlackeneinschlüsse als Folgen der Desoxydation im Schmelzofen, mitgerissener Ofenschlacke oder verschlackter feuerfester Stoffe. Fehler mechanischer Art, und zwar Bewegungsrisse, Schrumpfrisse, Langrisse, entstehen durch die Kraftwirkung des fließenden und fallenden heißen Strahles und durch die zeitlich verschiedene Erstarrung und Schrumpfung der Einzelteile des Blockquerschnitts. In Gießpfanne und Gießform sollte man nur hochwertige feuerfeste Stoffe verwenden.

Dann sprach Prof. *H. Hoff*[2]), Aachen, über

**die Beschickanlagen der Hochöfen und ihren Einfluß auf die Betriebsführung.**

Um die Leistung der Hochöfen zu steigern, hat man in den letzten Jahrzehnten den Ofeninhalt vergrößert, das Ofenprofil verbessert und maschinelle Beschickanlagen verschiedener Bauart mit möglichst wenig Bedienungsmannschaft geschaffen. Bevorzugt werden Schrägaufzüge mit großen Fördergefäßen, die als Kippkübel oder als Trichterkübel ausgebildet sind. Beim Beschicken der Hochöfen mit Trichterkübeln wird der Koks geschont, da er nur einmal gestürzt wird. Beim Beschicken mit Kippkübeln muß der Koks zunächst in die Bunker entladen werden. Bis er in den Ofen gelangt, muß er noch viermal gestürzt werden. Auf eine schonende Behandlung des Kokses wird aber nicht mehr so großer Wert gelegt; man hat Siebvorrichtungen eingebaut. In einzelnen Anlagen wird der Koks sogar in Brechern zerkleinert und der Kleinkoks und Staub abgesiebt.

Der Gefäßinhalt der Kippkübel beträgt bei den größten Öfen etwa 5 m³. Das Füllen und Entleeren dauert nur wenige Sekunden. Bei Trichterkübeln ist man schon auf 13 m³ bei 2 m/s Seilgeschwindigkeit gegangen. Während der Gichtverschluß für Trichterkübel einfach ist, muß für Kippkübel wegen der einseitigen Entleerung des Fördergefäßes ein Verteiler eingebaut und der Gasfang sorgfältig durchgebildet werden. Die Wirtschaftlichkeit der einen oder andern Bauart ist vom Koksverbrauch abhängig.

In den letzten 25 Jahren hat man im Ruhrbezirk 20 Hochöfen mit Kippkübelaufzügen und 42 Hochöfen mit Trichterkübelaufzügen ausgerüstet; im Minettebezirk entschied man sich bei 37 Öfen für Trichterkübel und nur bei einem Ofen für Kippkübel. Veranlaßt durch örtliche Verhältnisse haben einige Werke Senkrechtaufzüge mit Trichterkübeln gebaut. Seit 1904 haben die deutschen Maschinenfabriken 179 Hochöfen mit neuen Aufzügen ausgerüstet. Hiervon erhielten 106 Öfen Schrägaufzüge mit Trichterkübeln, 29 Öfen Schrägaufzüge mit Kippkübeln, 21 Öfen Steilaufzüge für Trichterkübel, 20 Öfen Steilaufzüge für Karren und 3 Öfen Schrägaufzüge für Karren.

Hierauf hielt Dir. Dr.-Ing. *E. Herzog*, Hamborn, einen Vortrag über

**die Entwicklung der Bauart und Betriebsweise der Roheisenmischer in der Nachkriegzeit.**

Die Mischer müssen beim Leerstehen und Füllen kräftig beheizt werden, damit das Roheisenbad in nennenswertem Maße weder Speicherwärme an das Mauerwerk abgibt noch Abstrahlverluste erleidet. Bei geeigneter Beschaffenheit des Thomasroheisens speichert man ohne fühlbare Benachteiligung des Thomasbetriebes die ganze Sonntagserzeugung an Roheisen von 24 h. Mischer, die für eine bestimmte Augenblickerzeugung zu groß sind, bringen in weiten Grenzen keinen fühlbaren Temperaturverlust des Roheisens, wenn nur die Heizung zur Deckung der Abstrahlverluste ausreicht. Auch die Mischerform, d. h. das Verhältnis von Durchmesser zu Länge, ist innerhalb der praktisch in Frage kommenden Verhältninsse in bezug auf Temperaturverlust des Roheisens nur von geringer Bedeutung.

Um das Roheisen genügend zu durchmischen, sollte man wieder zum seitlichen Versetzen von Einguß- und Ausgußöffnung zurückkehren. Die zweckmäßigste Mischerform liegt in der Mitte zwischen dem bisher üblichen langgestreckten und dem neuzeitlichen kurzen Mischer, bei dem die Länge gleich dem Durchmesser ist.

In der Gruppensitzung 2 behandelte Dr.-Ing. *G. Bulle*[3]), Düsseldorf,

**Öfen für Betriebe mit fließender Fertigung (Fließöfen).**

Bei der Umstellung von Betrieben auf fließende Fertigung muß man auch die vorhandenen Öfen, die glühen, vergüten, Lack trocknen, Formen trocknen, Schmiedestücke erwärmen, Gußstücke abkühlen u. a., dem Verwendungszweck anpassen. Die Art der Beheizung der Fließöfen bereitet geringe Schwierigkeiten. Man zieht Gasfeuerungen, Ölfeuerungen oder elektrische Beheizung vor, da man hierbei die Temperaturen und den selbsttätigen Betrieb genau regeln kann.

Schwieriger ist es, die Förderung der Werkstoffe durch den Ofen hindurch fließend auszuführen. Bei grobem Werkstoff ist ein Hindurchrutschen oder -rollen möglich, und man wählt dann Rutschöfen, Rollöfen, Schüttelöfen oder Drehöfen. Bei Werkstoffen, die sich hintereinander herschieben lassen, wendet man Stoßöfen an, bei denen ein außensitzender Stößel die Werkstoffe durch den Ofen schiebt. Bei Emaillierwerken, aber auch bei Rohrwerken, mit einseitiger Erwärmung des Werkstücks befördert man die Teile mittels außenliegender Förderbänder, Ketten oder Schlepper, die die Werkstoffe durch den Ofen ziehen oder schieben. Meistens muß aber das Fördermittel für die Werkstoffe im Ofen liegen und dann den hohen Temperaturen des Wärmvorgangs und dem Angriff der heißen Ofengase und der Wärmedehnung gewachsen sein. So werden z. B. die Werkstücke auf Bändern durch das Ofeninnere bewegt; als Werkstoff für die Fördermittel verwendet man feuerfeste Stähle. Manche Werkstücke, z. B. Bleche, werden durch im Ofen liegende teilweise wassergekühlte Rollen bewegt, andre Werkstoffe werden mittels eines absatzweise wandernden Herdes vorwärts getragen und schließlich wieder andre, wie z. B. zu tempernde Teile, werden mit ihren Behältern zugleich auf Wagen durch den Ofen gefahren.

Der Betrieb der Öfen für fließende Fertigung erfordert eine genaue Arbeitsvorbereitung, indem die Temperaturverhältnisse, die Wandergeschwindigkeit und die Wärmezufuhr genau im voraus bestimmt und genau maschinell eingeregelt werden müssen. Öfen dieser Art werden in der Anlage und wegen ihrer vielfach verwickelten Bauart auch im Betrieb recht teuer, selbst dann, wenn sie wärmetechnisch älteren Einsatzöfen gegenüber überlegen sein sollten. Trotzdem sind sie im Rahmen der gesamten Fertigung von höchster Wirtschaftlichkeit, weil erst ihre gute Ausbildung die Einführung neuzeitlicher Verfahren fließender Fertigung auch in Warmbetrieben erlaubt.

Sodann berichtete Dr.-Ing. *Fr. Wesemann*[4]), Gleiwitz, über

**den Betrieb von Walzwerköfen mit besonderer Berücksichtigung des Walzgutes.**

Frühere Untersuchungen in einem Walzwerk hatten ergeben, daß die Oberflächentemperatur des erhitzten Walzgutes und die Erwärmung des Walzgutes die Werkstoffeigenschaften, die Verluste durch Abbrand und den Kraftverbrauch beim Walzen, d. h. die Gesamtwirtschaftlichkeit des Walzvorganges, beeinflussen.

[1]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 18 S. 627.
[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 18 S. 613; s. a. Z. Bd. 69 (1925) S. 1013 u. f.
[3]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 24 S. 865.
[4]) Arch. f. d. Eisenhüttenwesen Bd. 2 (1928/29) S. 707.

In größeren Betriebsversuchen wurde der Zusammenhang zwischen der Durchwärmung des Walzgutes und seiner Erhitzung im Stoßofen auf der Grundlage des Kraftverbrauches und des Temperaturverlaufes beim Walzen und des Wärmegefälles im Stoßofen untersucht. Am besten wird das Walzgut durchweicht, wenn es, sobald es in den Ofen gelangt, zuerst sehr scharf und nachher bei steigender Eigentemperatur immer schwächer aufgeheizt wird; die Oberflächentemperatur des Walzgutes hängt stark von seiner Wärmeaufnahme in den heißesten Ofenteilen, insbesondere im Ziehherd ab.

Die Vorliebe der Praktiker für die langflammige Verbrennung im Ofen entspringt also einer gefühlsmäßigen Kenntnis der Voraussetzung für eine gute Walzgutdurchwärmung. Bei den neueren Ofenbauarten sorgt man seit einiger Zeit bewußt dafür, indem man die Wärmezufuhr unterteilt und das Walzgut möglichst gleichmäßig von oben und unten durch Zusatzbrenner beheizt. Die Abgase sollte man möglichst weitgehend im Oberofen ausnutzen, soweit es die Leistung des Ofens zuläßt, und nur dann die Luft- oder Gasvorwärmung anwenden, wenn sich ohne sie bei der Verwendung heizschwacher Gase nicht die notwendige Betriebstemperatur erreichen läßt.

Hierauf folgte der Vortrag von Dr.-Ing. *E. A. Matejka*[5]), Witkowitz, über

**Ursachen von Oberflächenrissen an Blechen und deren Vermeidung.**

Um die Entstehung von Haarrissen in der Oberfläche von Blechen zu verhüten, muß, unter der Voraussetzung, daß im Stahlwerk auf eine sorgfältige Desoxydation des Stahles, auf richtige Wahl der Kokille und auf den Abguß eines dichten Blockes mit tiefliegendem Randblasenkranz geachtet wurde, im Walzwerk der Rohblock und die vorgeblockte Bramme mit größter Sorgfalt vorgewärmt werden. Abkühlung des Walzgutes, die Unterschiede zwischen der Temperatur der Oberfläche und des Innern des Stückes zur Folge hat, ist nach Möglichkeit hintanzuhalten. Durch richtige Wahl des Verhältnisses von Walzdruck zu Walztemperatur ist eine physikalische Überbeanspruchung der Oberflächenteile des Werkstoffes zu vermeiden.

In der Vollsitzung berichtete Dir. *K. Raabe*[6]), Düsseldorf, über Arbeitzeit und Arbeitslohn.

Dr.-Ing. *J. Puppe*, Düsseldorf, sprach über

**Entwicklungslinien der Walzenstraßen.**

Grundsatz für die Wahl der Technik und der Walzen- und Gerüstanordnung in den Walzwerkbetrieben ist, daß die Einrichtungen und Verfahren weitestgehend dem Walzvorgang angepaßt werden. Aus dem Umstand, daß sich diese Entwicklung immer zuerst in jenen Walzwerkzweigen beobachten läßt, deren Erzeugnisse das geringste Gewicht auf die Einheitslänge haben, wie z. B. Draht, Bandeisen und Feinbleche, geht hervor, daß die Gründe für durchgreifende Zeitkürzung bei der Herstellung von Walzerzeugnissen nicht allein in den großen Erzeugungsmengen liegen, sondern in der Herabsetzung des Lohnanteils je Gewichtsmenge Fertigerzeugnis. Der Walzwerker kann auf die Höhe des Stundenlohnes selbst keinen maßgebenden Einfluß ausüben, da hier das Wollen des Einzelnen oder großer Verbände letzten Endes der stetigen Aufwärtsentwicklung der Lebenshaltung machtlos gegenüber steht; er kann aber auf den Anteil des Lohnes an den Gestehungskosten einwirken. Dem Walzwerker blieben hier zwei Wege offen, und zwar 1. den Anteil der Menschenarbeit je Gewichtseinheit der Erzeugung herabzusetzen und 2. auf ein Mindestmaß an Zeit zu beschränken.

Die Mittel, dieses Ziel angenähert zu erreichen, sind hohe Walzgeschwindigkeiten, kleinste Anzahl von Stichen, hohe Beförderungsgeschwindigkeiten und kurze Straßenzustellung.

Dann sprach Dr.-Ing. *K. Daeves*[7]), Düsseldorf, über

**Abnahme und Wahrscheinlichkeitsrechnung.**

Die technologischen Kennzahlen einer jeden Lieferung lassen sich nach der Form einer Häufigkeitskurve anordnen; das Herausschneiden eines bestimmten Grenzgebietes widerspricht der theoretischen und praktischen Form der Häufigkeitskurve.

Der Einwand des Abnehmers und Konstrukteurs, daß er wenigstens mit einer gewissen Mindestfestigkeit, die keinesfalls unterschritten werden darf, rechnen muß, erscheint zunächst berechtigt. Bei weiterer Überlegung wird man jedoch finden, daß bei jedem Bauwerk, ganz abgesehen von den Schwankungen der Festigkeitszahlen der Einzelteile, sehr viele unbekannte Größen auftreten, wie Unterschiede der Abmessung, der Festigkeit der Nietverbindungen, verwickelte Kräfteverteilung, Stöße, Winddrück Abrostungen, besondere Belastungsfälle sowie Unsiche heiten in der Knickfestigkeit und der Kräfteverteilung z sammengesetzter Profile. Es hat daher keinen Zweck, ein von diesen vielen Veränderlichen durchaus gleich groß z halten, da es bei den andern doch nicht möglich ist.

Der Konstrukteur kennt vielmehr seit langem für di Erfassung dieser nach reinen Zufallsregeln auftretende und sich miteinander vereinigenden Einflüsse den Begrif der Sicherheitszahl. Aber auch die größte Sicherheitszah kann keine völlige Sicherheit gewähren. Erzeuger un Verbraucher sollten daher die Abnahme nicht nach de Höchst- und Mindestgrenzen, sondern nach Häufigkeits kurven durchführen.

**Die Hauptsitzung**

des Vereines fand am 5. Mai statt. Die Karl Lueg-Denk münze, die höchste Auszeichnung des Vereines, wurde i diesem Jahr Geheimrat Prof. Dr. *G. Tammann*, Göttingen verliehen, dem Schöpfer der wissenschaftlichen Metallkund auf physikalisch-chemischer Grundlage, wodurch der Zu sammenhang zwischen strukturellem Aufbau und den Werk stoffeigenschaften erforscht werden konnte.

Den Bericht über die Tätigkeit des Vereines im Ge schäftsjahr 1928[8]) erstattete sodann das geschäftsführend Vorstandsmitglied, Dr.-Ing. *O. Petersen*, Düsseldorf. Er berichtete ausführlich über ein wichtiges hüttenmännisches Teilgebiet, nämlich über

**Fortschritte in den metallurgischen Hüttenbetrieben**[9]).

Aufgabe des Metallurgen ist es, aus den in natürliche Ungleichmäßigkeit anfallenden Rohstoffen einen in sich gleichbleibenden Werkstoff bestimmter Güte mit geringsten Mitteln herzustellen. Seine Bemühungen sind infolgedessen auf Gleichmäßigkeit, Treffsicherheit und Verbilligung seines Betriebes gerichtet. Auf diese Merkmale hin wird die Entwicklung in der Konstruktion und im Betriebe des Hochofens und seiner Zubringerbetriebe verfolgt, der Erzaufbereitung und der Kokerei sowie den verschiedenartigen Stahlwerkbetrieben, und zwar Betrieben mit Siemens-Martin-Öfen, Thomasbirnen, Elektroöfen, Hochfrequenzöfen sowie Anlagen zur unmittelbaren Stahlerzeugung. Durch die Nachbehandlung des Stahles bei der Weiterverarbeitung wird die Arbeit des Metallurgen vollendet.

*Petersen* ging dann auf den Erfolg der metallurgischen und betrieblichen Bemühungen ein. Unverkennbar macht sich eine wachsende Verschiebung nach den härteren Stahlsorten bemerkbar, d. h. nach den kohlenstoffreicheren Sorten oder, soweit die Anforderungen an die Zähigkeit nicht entsprechend dem Zusammenhang von Güte und Zähigkeit bei Kohlenstoffstählen herabgesetzt werden, auf vielen Gebieten sogar zu den leicht legierten Stählen. Kennzeichnend hierfür ist die Entwicklung der Baustähle für Hoch- und Brückenbauten über die Normalgüte zu St 48 und zu St 52 mit mindestens 36 kg/mm² Streckgrenze. Bemerkenswert ist auch die Steigerung der Festigkeit für normale Eisenbahnschienen, die heute im Mittel nicht mehr viel unter 80 kg/mm² liegt, wobei sich auch unter diesen Verhältnissen Thomasstahl als ein vorzüglich geeigneter Werkstoff erwiesen hat.

Als Werkstoffe für den Dampfkesselbau sind die Stahlsorten, die nur geringe Alterungserscheinungen zeigen, sowie die Stähle mit hoher Warmfestigkeit zu erwähnen; hierfür werden neben den Nickellegierungen mit geringem Nickelgehalt leicht legierte Vanadin- und Molybdänstähle mit Vorteil verwendet. Die Herstellung von Stählen, die bei Temperaturen bis 1000 ° nicht angefressen werden, ist in annehmbarer Weise geglückt.

Einen gewaltigen wirtschaftlichen Vorteil hat die Anwendung der mit Silizium legierten Bleche für den Dynamo- und Transformatorenbau gebracht. Die Ausnutzung der Kobalt-Magnetstähle für den Geräte- und Maschinenbau ist sicher noch nicht erschöpft. Überraschend ist die Entwicklung der Werkzeugstähle, gekrönt durch die Schneidmetalllegierungen, deren Leistungen die von besten Werkzeugstählen um mehrere 100 vH übertreffen.

Für die weitere Entwicklung unserer Werkstoffe ist unbedingt die verständnisvolle Zusammenarbeit von Erzeugern und Verbrauchern Voraussetzung. Die Hüttenwerke haben den Segen der Gemeinschaftsarbeit und des Erfahrungsaustausches in ihren Kreisen zu deutlich erkannt, um nicht mit allen Mitteln nach ihrer Ausdehnung auf die Verbraucherkreise zu streben. Der Auftakt hierzu war die Werkstofftagung 1927, in deren Verfolg die Verbindung mit der Arbeitsgemeinschaft der Eisen verarbeitenden Industrie aufgenommen worden ist. Fragen des Wettbewerbes, Patentfragen und andres erschweren die Lösung der Aufgabe, die

[5]) Arch. f. d. Eisenhüttenwesen Bd. 2 (1928/29) S. 681.
[6]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 18 S. 653.
[7]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 18 S. 645.
[8]) „Stahl und Eisen" Bd. 48 (1928) S. 1809.
[9]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 22 S. 785.

ber zu Ende geführt werden muß, da sie im Kampf mit m Auslandwettbewerb zum Schicksal der deutschen Industrie werden kann.

Dann folgte der bemerkenswerte Vortrag von Prof. Dr. *M. Goldschmidt*[10]), Oslo-Göttingen, über

**die Naturgeschichte der Eisenfamilie.**

Die Elemente Titan, Vanadium, Chrom, Mangan, Eisen, obalt und Nickel bilden im periodischen System der chemischen Elemente eine Gruppe besonderer Art, die man als isenfamilie bezeichnen kann. In gewissem Sinne schließen ich hieran noch die Elemente Scandium und Kupfer an. ie Elemente der Eisenfamilie weisen eine Reihe gemeinamer Züge auf, die in der besonderen Bauart der Atome egründet sind. Diese Eigentümlichkeiten kommen im phyikalischen Verhalten der einzelnen Atome, in den chemischen Eigenschaften derselben Elemente und in dem technischen Verhalten der Eisenmetalle, ihrer Verbindungen und egierungen zum Ausdruck. Die Elemente der Eisenfamilie reisen in besonderem Maße die Fähigkeit auf, auf chemische Vorgänge beschleunigend zu wirken; sie sind Katalyatoren. Die hohen Schmelz- und Siedepunkte sowie ie große Festigkeit der Metalle deuten auf besonders starke indungskräfte zwischen den Atomen. Die starken atomerbindenden Kräfte bedingen die große technische Bedeuung der Metalle der Eisenfamilie und ihrer Legierungen. Viele Eigenschaften metallischer Kristallarten und besonders auch die technisch wichtigen mechanischen Eigenschaften stehen in engem Zusammenhange mit der Anordnung der Atome in Kristallgittern und lassen sich durch Umbau der Kristallgitter beeinflussen.

Aber nicht nur die unbelebte Natur und die Technik auch die organische Natur bedient sich dieser Elemente, m besondere Wirkungen zu erzielen, die wiederum in der esonderen Art des Atombaues bedingt sind. Auch in den Lebewesen finden wir Metalle der Eisenfamilie als Beschleuniger chemischer Vorgänge; wir finden sie im Blut ls Träger von Sauerstoff, und die Atmung, der wichtigste aller Lebensvorgänge, bedarf des Eisens als unentbehrlichen Hilfsstoffes. Die Naturgeschichte der Eisenfamilie ist somit die Grundlage für vielfaches Geschehen, ja man darf sagen, die Grundlage unseres ganzen Daseins und Lebens.

Der stellvertretende Vorsitzende, Generaldirektor Dr.-Ing. *F. Springorum*[11]), Dortmund, ging zum Schluß auf einige besonders bedeutungsvolle Arbeiten des Vereines deutscher Eisenhüttenleute ein.

[N 3178] *Gossow*

[10]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 18 S. 601.
[11]) „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) Nr. 21 S. 757.

## *Technische Mechanik*

### Torsionsspannung in runden Wellen[1])

Die Untersuchung erstreckt sich auf die beiden technisch wichtigsten koaxialen Wellenformen mit veränderlichem Querschnitt, nämlich auf die runde Welle mit ringsumlaufender Eindrehung (symmetrischer Fall), Abb. 4, und die abgestufte oder abgesetzte runde Welle (unsymmetrischer Fall), Abb. 5. In beiden Fällen wird, wie allgemein üblich, ein kreisbogenförmiger Übergang vorausgesetzt.

Bezeichnet man mit $R_1$ den größten, mit $R_2$ den kleinsten Wellenhalbmesser und mit $\varrho_0$ den Hohlkehlenhalbmesser, und versteht man ferner unter $\tau_0$ die am Umfang einer glatten zylindrischen Welle vom Halbmesser $R_2$ vorhandene Torsionsspannung, also:

$$\tau_0 = \frac{2\,M}{\pi\,R_2^{\,3}},$$

wo $M$ das Torsionsmoment bedeutet, so lauten die Formeln für die Höchstspannung an der Übergangstelle:

1. Für die mit einer Eindrehung versehene Welle nach Abb. 4:

$$\tau_{max} = \tau_0 \frac{\frac{(R_2+\varrho_0)^2}{\varrho_0}(R_1-R_2) + (R_2+\varrho_0)^2 + \varrho_0\,(R_1-R_2-\varrho_0)}{R_1\,(R_2+2\,\varrho_0)}.$$

Für die Welle mit Halbkreisrille ($R_1 - R_2 = \varrho_0$) wird:

$$\tau_{max} = \tau_0 \frac{2\,R_1}{R_1+\varrho_0}.$$

2. Für die abgesetzte Welle nach Abb. 5:

$$\tau_{max} = \tau_0 \frac{1}{2\,R_1} \times \left[\frac{3\,(R_2+\varrho_0)\,(R_2+2\,\varrho_0)}{R_2+3\,\varrho_0} + \frac{(R_1-R_2-\varrho_0)\,(R_2+6\,\varrho_0)}{3\,\varrho_0}\right].$$

[1]) Auszug aus einem Aufsatz von Dr.-Ing. *R. Sonntag* in Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 9 (1929) S. 1.

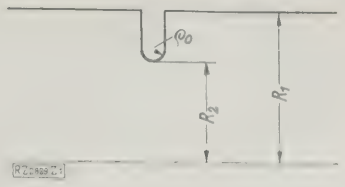



**Abb. 4**
Runde Welle mit ringsumlaufender Eindrehung (symmetrischer Fall).

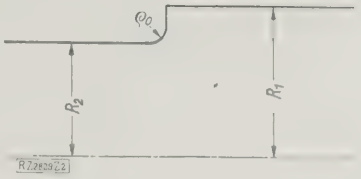



**Abb. 5**
Abgesetzte runde Welle (unsymmetrischer Fall).

In dem häufig vorkommenden Falle $R_1 - R_2 = \varrho_0$ vereinfacht sich diese Formel zu:

$$\tau_{max} = \tau_0 \frac{3\,(R_1+\varrho_0)}{2\,(R_1+2\,\varrho_0)}.$$

Der Faktor von $\tau_0$ stellt also das Maß für die jeweils eintretende Spannungserhöhung an der Übergangstelle dar. Er wird, falls $R_1 - R_2 > \varrho_0$, für verschwindend kleinen Hohlkehlenhalbmesser $\varrho_0$, z. B. in einer scharfen Ecke, unendlich groß. Wie man nach Vornahme einer einfachen Umformung aus diesen Formeln erkennt, ist die Spannungserhöhung nicht nur abhängig von der Größe des Hohlkehlenhalbmessers, bezogen auf den kleinsten oder größten Wellenhalbmesser, also von den Verhältniswerten $\frac{\varrho_0}{R_2}$ oder $\frac{\varrho_0}{R_1}$, sondern wesentlich auch von dem Wellenhalbmesserverhältnis $\frac{R_2}{R_1}$, oder von der relativen Tiefe der Eindrehung oder der Höhe der Stufe, also von dem Verhältniswert $\frac{R_1-R_2}{R_1}$. Die Näherungsformeln, die sich zahlenmäßig schnell auswerten lassen, geben die wirklichen Verhältnisse innerhalb des für die Anwendungen in Betracht kommenden Bereiches mit einem durchschnittlichen Fehler von rd. $\pm 5$ vH wieder. Etwas größere Abweichungen, im Sinne zu hoher errechneter Werte, dürften sich bei unverhältnismäßig schroffen und scharfen Übergängen ergeben, also in solchen Fällen, die eine offenkundige Gefahr für die Konstruktion bedeuten und die deshalb, auch weil sie sich stets vermeiden lassen, für die ausführende Technik von geringerem Wert sind.

Wendet man die Näherungstheorie, die zu den hier mitgeteilten Formeln führte, auf die Welle mit halbkreisförmiger Keilnut an, wie sie dem häufig vorkommenden Rundkeil entspricht, und vergleicht die Ergebnisse mit der strengen Lösung, die sich in diesem Falle angeben läßt, so erhält man ebenfalls eine sehr befriedigende Übereinstimmung. [M 2829]

Gera Dr.-Ing. *Rudolf Sonntag.*

### Vorspannungen in Zylinderdeckeln

Zu einer Klarstellung der Vorgänge beim Anziehen der Deckelschrauben und beim nachherigen Belasten eines Zylinders durch den Innendruck kann man gelangen, wenn man die elastischen Formänderungen in stark vergrößertem Maßstab aufträgt, oder sich vorstellt, daß Zylinder und Schrauben aus sehr elastischem Stoff, z. B. Kautschuk, hergestellt seien.

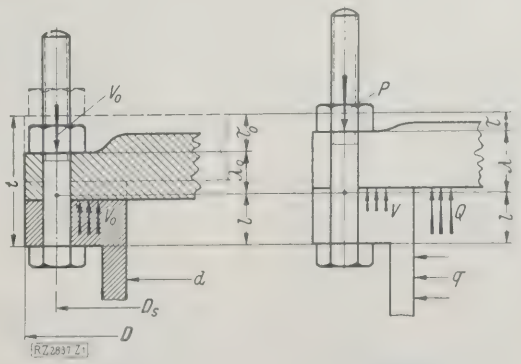



**Abb. 6**
Deckel und Zylinderflansch im Anfangszustand (gestrichelt) und bei Anzug der Schraube mit der Kraft $V_0$.

**Abb. 7**
Zustand bei Druck im Zylinder.

In Abb. 6 sind Deckel und Zylinderflansch in zwei kennzeichnenden Stufen gezeigt, und zwar gestrichelt im Anfangszustand, wenn man den Deckel auf den Flansch gelegt und die Schraube eingesteckt, aber noch nicht angezogen hat, und voll ausgezogen, wenn die Schraube mit der Kraft $V_0$ angezogen ist, wodurch die Formänderungen $\tau_0$ von Deckel und Flansch sowie $\lambda_0$ der Schraube hervorgerufen wurden. $l$ ist die Länge der Schraube, die um $\lambda_0$ gedehnt wird.

Von dem z. Z. unberechenbaren Einfluß benachbarten, unbelasteten Werkstoffs abgesehen, lassen sich $\tau_0$ und $\lambda_0$ aus den grundlegenden Sätzen der Stoffkunde berechnen, wenn man die Größe von $V_0$ zutreffend annimmt oder, besser, in geeigneter Weise mißt. An der Berührungsfläche zwischen Deckel und Flansch tritt die Gegenkraft $R_0 = -V_0$ auf.

In Abb. 7 ist der Zustand gezeigt, der eintritt, wenn Druck im Zylinder herrscht. Der Deckel sucht sich vom Flansch zu entfernen, was ihm auch tatsächlich z. T. gelingt, weil sich die Schrauben unter dem Einfluß des Innendrucks $Q$ um die Länge $\lambda - \lambda_0$ weiter dehnen. Dieses Nachgeben der Schrauben bewirkt aber, daß Flansch und Deckel nicht mehr so dicht aneinander liegen, wie in Abb. 6. Folglich wird die frühere Gegenkraft $R_0$ auf den Wert $R$ vermindert, dem auch eine kleinere Anzugskraft entspricht.

In den Schrauben tritt jetzt die Kraft $P = Q + V$ auf, womit der Belastungsfall des Deckels durch folgende drei Größen gekennzeichnet ist: an der Kreisringfläche mit den Durchmessern $D$ und $d$ wirkt eine einigermaßen gleichmäßig verteilte Last $V$; an der Kreisfläche vom Durchmesser $d$ wirkt die gleichmäßig verteilte Last $Q$; und an der Kreislinie vom Durchmesser $D_s$ hält $P$ den beiden ersteren das Gleichgewicht.

Wie ich an andrer Stelle[1]) gezeigt habe, lassen sich die Kräfte $V$ und $P$ berechnen, und zwar ist

$$V \simeq V_0 - \frac{n}{m+n} Q \quad \ldots\ldots\ldots (1)$$

und

$$P \simeq V_0 + \frac{m}{m+n} Q \quad \ldots\ldots\ldots (2)$$

wobei

$$m = \frac{\alpha_b}{\alpha_a} \text{ und } n = \frac{F_b}{F_a}.$$

Es sind hierbei:

$\alpha_b$ = Längendehnungszahl des Flansch- und Deckelwerkstoffs $= \frac{1}{900\,000}$ (für Gußeisen) angenommen,

$\alpha_a$ = Längsdehnungszahl des Schraubenwerkstoffs $= \frac{1}{2\,150\,000}$ (für Flußeisen) angenommen,

$F_b$ = zusammengedrückter Querschnitt von Flansch und Deckel,

$F_a$ = Querschnitt der Schrauben.

Damit sich der Deckel unter dem Einfluß des Innendrucks von dem Flansch nicht abhebt, darf ein bestimmtes Verhältnis zwischen $Q$ und $V_0$ nicht überschritten werden, und zwar muß sein:

$$\frac{Q}{V_0} < \frac{m+n}{n} \text{ oder } Q = \varphi \frac{m+n}{n} V_0 \quad \ldots\ldots (3),$$

worin $\varphi$ ein Sicherheitswert, kleiner als 1 ist; dieser wird eingeführt, damit die Nutzlast $Q$ mit Sicherheit unterhalb des zulässigen Wertes bleibt, z. B. $\varphi = 0{,}67$.

Mit den obigen Werten der Dehnungszahlen erhält man $m = 2{,}4$. Für die schwer bestimmbare Größe $n$ seien 2,5 bis 5,0 angenommen. Setzt man Gl. (3) in die obigen Gleichungen ein, so erhält man:

$$V = V_0 (1 - \varphi) = 0{,}33\, V_0 \quad \ldots\ldots\ldots (4)$$

und

$$P = V_0 \left(1 + \frac{m}{n} \varphi\right) = 1{,}64 \text{ bis } 1{,}32\, V_0 \quad \ldots\ldots (5)$$

womit die am Deckel auftretenden Kräfte, von sekundären Erscheinungen, z. B. Folgen von Verbiegungen des Flansches und Vergrößerungen des Zylinderdurchmessers, abgesehen, festgelegt sind.

Aus diesen Gleichungen erhellt die grundlegende Bedeutung der Größe der Anzugskraft $V_0$ für alle durch vorgespannte Schrauben verbundenen Teile. Die bisherige Praxis, nämlich das Anziehen dem Ermessen des Schlossers zu überlassen, müßte deshalb, wenigstens für wichtige Konstruktionen, abgeschafft werden; statt dessen sind ganz bestimmte Angaben des Konstrukteurs erforderlich. Um aber dem Konstrukteur die Möglichkeit zu geben, solche Angaben zu machen, müßte man die in der Beziehung

$$V_0 \cong \frac{K R}{r\,[tg\,(\varrho' + \alpha) + 1{,}4\,\mu_1]}$$

enthaltenen Reibungswerte für Schrauben von verschiedener Größe und Ausführung durch Versuche ermitteln, wobei das Anzugsmoment $K R$ mittels kraftanzeigender Schraubenschlüssel zu messen wäre. In der Praxis würden dann solche Schlüssel die einwandfreie Anwendung der vorgeschriebenen Anzugskraft gewährleisten, wodurch der Nachteil der vorgenannten Schrauben der Unsicherheit in der Beurteilung der auftretenden Kräfte behoben würde.

Schraubenschlüssel dieser Art werden z. B. vom Losenhausenwerk, Düsseldorf hergestellt[2]). [D 2837]

Oslo *N. Baashuus*

[1]) Teknisk Ukeblad Bd. 75 (1928), S. 106, Schweizerische Technische Zeitschrift Bd. 25 (1928), S. 153: „Die Anzugskraft in Keil- und Schraubenverbindungen".

[2]) Vergl. Bd. 73, (1929) S. 157.

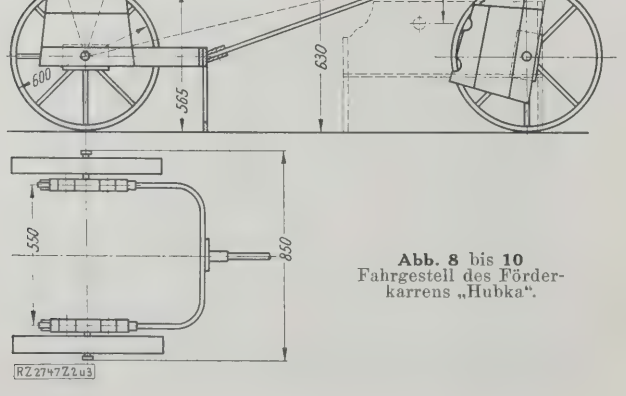



**Abb. 8 bis 10**
Fahrgestell des Förderkarrens „Hubka".

## *Lager- und Ladevorrichtungen*

### Zweirädriger Hubkarren

Im Gegensatz zu andern Bauarten von Hubwagen hat der von *O. Funk*, Mülheim, entworfene Förderkarren[1]) Abb. 8 bis 10 nur zwei Räder von 600 mm Dmr. Das Lagergestell wird hierbei nicht von unten, sondern von den Seiten her gefaßt. Der Vorteil dieser Anordnung besteht darin, daß die Last nicht auf einmal sondern allmählich angehoben wird. Beim Heranführen des Karrens mit hochgestellter Deichsel an das Gestell nach Abb. 10 greifen zwangläufig die ersten Vorsprünge am Gestell in die entsprechende Aussparung des Fahrgestells ein. Durch Niederdrücken der Deichsel wird nunmehr der vordere Gestellteil angehoben; er stützt sich dabei auf die hinteren Füße des Ladegestells; weiteres Niederdrücken der Deichsel bringt die Räder in die Mitte zwischen beiden Zapfen. Vorher werden jedoch die zweiten Zapfen von den zugehörigen Greifern des Fahrgestells erfaßt und der Kasten vollends gehoben. Jetzt liegt der Kasten unverrückbar in seinen Auflagern fest. In dieser Stellung ist das Gewicht des Fördergutes so verteilt, daß es ohne Mühe in der Gleichgewichtslage gehalten werden kann.

Abb. 11 zeigt die zum Anheben der Last erforderlichen Hubkräfte in Abhängigkeit von der jeweiligen Deichselstellung für eine Gesamtförderlast (Nutzlast + Gewicht des Ladegestells) von 500 kg unter Vernachlässigung der Zapfenreibung.

[1]) DRP Nr. 469 146.

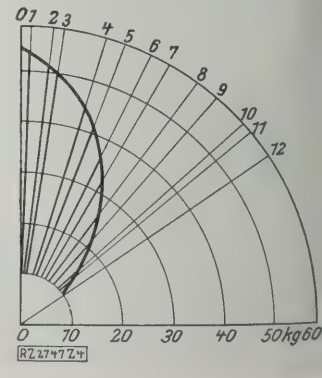



**Abb. 11**
Die erforderlichen Hubkräfte in Abhängigkeit von der jeweiligen Deichselstellung für 500 kg Last.
0,66 cm = 10 kg.

Als Ladegestelle kommen fast alle Arten von Platt--Ladegestellen, Ladetischen und Ladekästen in Frage. Zapfen zum Aufnehmen des Hubwagengestells kann in den meisten Fällen mit einfachen Mitteln anbringen. An diesem Karren gibt es keine beweglichen Teile, einem außergewöhnlichen Verschleiß unterworfen sind, Klinken, Klinkenzapfen u. ä. Der Wagen kann inner- oder außerhalb der Werkstätten, ohne Rücksicht auf jeweiligen Bodenbelag, verwendet werden. Er eignet auch dank der großen Raddurchmesser und der da- h bedingten leichten Handhabung bei der Fortbewegung Last für Werkstätten mit denkbar schlechten Boden- ältnissen, wie Gießerei und Schmiede.

In Werken, in denen größere Wege zurückzulegen sind, endlich die Verwendung des Hubkarrens in Verbindung dem Elektro-Hubwagen von Bedeutung. Vielfach ge- ten die Raumverhältnisse in den Werkstätten nicht das ihren aller Gänge mit Elektro-Hubwagen. In diesem l empfiehlt sich die Förderung des Gutes bis zum Haupt- oder der Sammelstelle mit dem Hubkarren.

Die Ladegestelle wurden für diesen Zweck rd. 1000 m g gebaut. Der Hubwagen unterfährt das Gestell von der gsseite, so daß bei 1000 m Länge der Plattform gleich- ig zwei Ladegestelle aufgenommen werden können. rdurch wird die Tragfähigkeit der Elektrowagen klei- er Bauart (1000 kg) voll ausgenutzt.

Der Förderkarren wird von Gustav Lohbeck, Mül- m a. d. Ruhr, gebaut.

M 2747] *W. S.*

## *Getriebetechnik*

### Beschleunigungsverhältnisse beim sphärischen Kurbeltrieb und bei verwandten Mechanismen

*F. Müller*[1]) vergleicht die Bewegungsvorgänge obiger triebe, insbesondere ihre Beschleunigungsverhältnisse, t denen des ebenen Kurbeltriebes und stellt die Ergeb- se seiner umfangreichen Rechnungen und graphischen mittlungen in für den Praktiker wichtigen Raumschau- dern dar. Die Frage der Klärung des nichtssagenden griffes „kleiner Winkel" usw. läßt sich auf Grund seiner rmeln (1), (2) und (3) folgendermaßen auf analytischem ge leicht beantworten. Der Ausdruck für die Winkel- chleunigung

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} = \frac{-\omega^2 \sin\delta\cos\delta\cos\alpha(1+\sin^2\alpha\sin^2\delta)}{(1-\sin^2\alpha\sin^2\delta)^2} \quad . \quad (1)$$

ält durch Reihenentwicklung die Form

$$\frac{d^2\beta}{dt^2} = -\frac{\omega^2 \sin 2\delta}{2}\cos\alpha(1+3\sin^2\alpha\sin^2\delta + 5\sin^4\alpha\sin^4\delta + 7\sin^6\alpha\sin^6\delta + \cdots) \quad . \quad (2).$$

ter Berücksichtigung von

$$\sin\delta = \frac{\delta}{1!} - \frac{\delta^3}{3!} + \frac{\delta^5}{5!} - + \cdots$$

lgt aus (2) nach geeigneter Zusammenfasung

$$\varepsilon_s = \frac{d^2\beta}{dt^2} = -\omega^2\delta\left[\cos\alpha + \cos\alpha\left(3\sin^2\alpha - \frac{2}{3}\right)\delta^2 + \cos\alpha\left(5\sin^4\alpha - 3\sin^2\alpha + \frac{2}{15}\right)\delta^4 + \cdots\right] \quad (3),$$

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 4 S. 117.

Abb. 12
Viergliedriges Raumgetriebe.

$$\varepsilon_s = \frac{d^2\beta}{dt^2} = -\omega^2\delta[\cos\alpha + a_s\delta^2 + b_s\delta^4 + \cdots] \quad . \quad (3a),$$

während sich für den ebenen Kurbeltrieb gleichen Hubs, also vom Arm $\delta$ und der Schubstangenlänge $\frac{\pi}{2}$ mit $\lambda = \frac{2\delta}{\pi}$ die bekannte Formel

$$\varepsilon_e = \frac{d^2\beta}{dt^2} = -\omega^2\delta\left[\cos\alpha + \frac{2}{\pi}\cos 2\alpha\,\delta + \frac{4}{\pi^3}(3\sin^2\alpha - 4\sin^4\alpha)\delta^3 + \cdots\right] \quad . \quad (4)$$

$$\varepsilon_e = \frac{d^2\beta}{dt^2} = -\omega^2\delta[\cos\alpha + a_e\delta + b_e\delta^3 + \cdots] \quad . \quad (4a)$$

ergibt. Für unendlich lange Schubstange (Kreuzschleifen- kette) folgt aus (4)

$$\varepsilon_\infty = -\omega^2\delta\cos\alpha \quad . \quad (5)$$

Die Formeln (3), (4) und (5) gestatten nun Vergleiche zwischen den Beschleunigungen $\varepsilon_s$, $\varepsilon_e$ und $\varepsilon_\infty$, insbesondere in ihrer Abhängigkeit vom Schrägstellungswinkel $\delta$ des schiefen Zapfens. Zunächst erkennt man, daß alle drei im ersten Glied $-\omega^2\delta\cos\alpha$ übereinstimmen.

Untersucht man ferner den Einfluß der Glieder $a_s\delta^2$ und $a_e\delta$ der Formeln (3a) und (4a), so zeigt eine kleine Rechnung, daß die Beiwerte $a_s$ und $a_e$ zwar nahezu von der gleichen Größenordnung sind, aber für die Winkel $\alpha$ im ersten Quadranten mit geringen Ausnahmen (zwischen 30 ° und 45 °) entgegengesetztes Vorzeichen besitzen, so daß hier der Unterschied zwischen $\varepsilon_s$ und $\varepsilon_e$ für größere Werte $\delta$, z. B. $\delta = 0{,}436$ bis 0,611, entsprechend 25 ° bis 35 °, sich wesentlich bemerkbar macht, während sich für die Winkel $\alpha$ im zweiten Quadranten eine bessere Annäherung ergibt. Eine kleine Abschätzung liefert ferner

$$|a_s\delta^2 - a_e\delta| < |a_s\delta^2| + a_e\delta$$

und mit den äußersten Werten von $a_s$ und $a_e$

$$|a_s\delta^2 - a_e\delta| < 0{,}792\,\delta^2 + 0{,}637\,\delta \quad . \quad (6).$$

Für $\delta = 0{,}611$ erhält die rechte Seite von Gl. (6) den Wert $0{,}296 + 0{,}389 = 0{,}685$; für $\delta = 0{,}436$ ergibt sich $0{,}151 + 0{,}278 = 0{,}429$.

Ferner erkennt man leicht aus dem quadratischen Glied $a_s\delta^2$ der Gl. (3a) im Gegensatz zu dem linearen Glied $a_e\delta$ der Gl. (4a), daß die Kreuzschleife eine bessere Annäherung an die Formel (3) liefert als die Formel (4), und zwar um so besser, je kleiner $\delta$ gewählt wird. In ähnlicher Weise kann man auch den Einfluß der höheren Potenzen von $\delta$ untersuchen. [D 2640]

Zwickau Dr. *R. Beyer*

### Die praktische Bedeutung der Raumgetriebe

Der Beitrag von *H. Alt* über die Systematik und den Zwanglauf der Raumgetriebe[1]) brachte neben schematischen Darstellungen auch das Modell eines dreigliedrigen Raumgetriebes.

Das in Abb. 12 dargestellte viergliedrige Raumgetriebe[2]) entsteht aus der in Abb. 13 gezeichneten räumlichen kinematischen Kette, die vier binäre Glieder *a, b, c, d* mit den dazugehörigen Paarstellen 1, 2, 3, 4 aufweist, indem Glied *d* mit Hilfe einer aus Abb. 12 ersichtlichen Einspannvorrichtung fest mit dem Maschinengestell (Grundplatte des Modells) verbunden wird. Bei 1 ist ein Drehkörperpaar ($f = 1$), bei 2, 3 und 4 sind Zylinderpaare vom Freiheitsgrad $f = 2$ gewählt. Das Modell kann mit Hilfe der Einspannvorrichtung auch auf die Glie-

[1]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 6, S. 188. Zwickau.

[2]) Das Modell wurde von der Ingenieurschule Zwickau in der Getriebemodellschau 1929 in Leipzig ausgestellt.

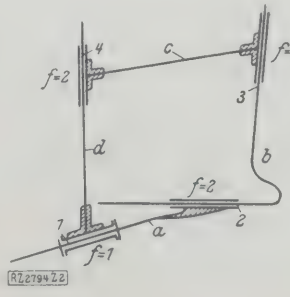



Abb. 13
Räumliche kinematische Kette zum viergliedrigen Raumgetriebe.

der *a*, *b* und *c* gestellt werden, wodurch die sich hier ergebenden vier Mechanismen in ihrer Bewegung beobachtet werden können. Besondere Beachtung verdient dabei die Stellung der Kette auf *d* und *a*, da diese Mechanismen ein ähnliches Verhalten wie die entsprechenden des ebenen Gelenkvierecks zeigen. [D 2794]

Zwickau Dr. *R. Beyer*

## *Seilbahnen*

### Aus der neueren Entwicklung der Fördertechnik

#### Zuschrift

Zu den Ausführungen von *C. Michenfelder* in dem Abschnitt „Seilschwebebahnen" des oben genannten Aufsatzes[1]) habe ich folgendes zu bemerken:

Seilschwebebahnen für öffentlichen Personenverkehr unterliegen als Kleinbahnen in allen Kulturstaaten besonderen behördlichen Bau- und Betriebsvorschriften und können daher nicht zu Vergleichen oder zur gemeinsamen Besprechung mit den unter andern Gesichtspunkten gebauten Fördermitteln für tote Massen herangezogen werden.

Die Angabe, Bleichert habe inzwischen die alte Haflinger Materialbahn umgebaut, ist unrichtig; denn diese Bahn, die, entgegen der Darstellung in Abb. 11, im Jahre 1923, als noch kein System Bleichert-Zuegg bestand, bereits mit Wagen für 10 Personen vorläufig im Betriebe war und rd. 10 000 Personen beförderte, wurde in den Jahren 1926 und 1927 durch die Firma Impresa Costruzione Funivie Sistema Zuegg, Ing. Zuegg & Co., in Meran umgebaut. Die hierzu notwendigen mechanischen Bestandteile wurden von der Società Nazionale delle Officine di Savigliano in Turin und dem Tecnomasio Italiano Brown Boveri in Mailand geliefert. Bleichert hat hierzu weder eine Schraube noch einen Konstruktionsstrich geliefert.

Es ist ferner unrichtig, daß die Haflingbahn sowie die Oropabahn in der Provinz Novara (nicht Turin) nach dem System Bleichert-Zuegg erbaut wurden, denn diese Bahnen sind nach dem System Zuegg von italienischen Firmen errichtet worden. Das System Bleichert-Zuegg wurde auf Grund von Konstruktionszeichnungen und Angaben, die anläßlich der Übernahme des Ausführungsrechtes von Meran übermittelt wurden, gegenüber dem ursprünglichen System abgeändert und unterscheidet sich von diesem in den Antrieben, Laufwerken und Zugseilführungen. In Italien gibt es kein System Bleichert-Zuegg[2]). Die inzwischen aufgelöste Firma Ing. Zuegg & Co. hat die Ausführungsrechte am ursprünglichen System Zuegg an die Società Italiana Funivie Sistema Zuegg in Mailand abgetreten, die nach abermaliger Auflösung gegenwärtig von einem Ingenieur in Lana weiterverwertet werden.

In Z. Bd. 70 (1926) S. 1756, Abb. 3, weist der vormalige Bleichertsche Oberingenieur *Rubin* auf Grund angestellter Versuche deutlich nach, daß bei einem mit vierfacher Sicherheit gespanntem Tragseil in Litzenspiralkonstruktion nach vielleicht 1,5 Mill. Radübergängen, die vielleicht einem 20jährigen Bahnbetrieb entsprechen, durch Abnützung oder Drahtbrüche kein nennenswertes Absinken des Sicherheitsgrades beobachtet wurde. Dieser wissenschaftliche Beweis widerspricht den Anschauungen *Michenfelders*, der durch eine kostspielige Gummiausfütterung der Wagenlaufräder eine Vergrößerung der Lebensdauer und Betriebsicherheit erzielen will. Nicht die natürliche Abnützung, sondern in erster Linie die unter den Laufrädern immer wiederkehrende Biegungsbeanspruchung der Drähte, die auch bei Gummilaufkränzen eher größer als kleiner wird, gefährdet die Lebensdauer eines Tragseiles. Die Anwendung solcher Gummilaufräder bezweckt vielmehr, die bei einigen Bahnen bestehende sehr große Abnützung der Laufradkränze aus Schmiedeisen, Bronze oder Stahl zu vermindern und die oft sehr weit hörbaren Fahrgeräusche zu vermeiden. Während die überstarke Abnützung auf Konstruktionsfehler, wie zu kleine, ungleichmäßig verteilte Laufräder, zu großen Raddruck bei erheblichen Fahrgeschwindigkeiten und auf die überwiegend angewandten, rauhen Litzenspiralseile zurückzuführen ist, entstehen die lästigen Geräusche durch den resonanzreichen Bau der Wagen. Die bedeutenden Kosten der fortlaufenden, auf die Wirtschaftlichkeit einer Bahn rückwirkenden Erneuerung der Gummilaufräder können also durch zweckentsprechende Konstruktionen vermieden werden.

[1]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 8 S. 251.

[2]) Zur Zeit der Einsendung der Zuschrift (Ende Februar 1929) war mir jedenfalls nichts davon bekannt.

Zur Erhöhung der Leistungsfähigkeit wurden bei ei gen neueren Bahnen bereits Wagen für 35 Personen v gesehen, und *Michenfelder* spricht sogar von solchen mit hängbarem Unterstock für 50 Personen. Durch derart Wagen wird zwar die Leistungsfähigkeit für rd. 100 v kehrsreiche Tage wesentlich gehoben, der wirtschaftli Betrieb an den übrigen verkehrsarmen Tagen aber gänzl vernachlässigt, da diese Bahnen in allen Teilen für Höchstleistung bemessen sein müssen. Ein zweistöcki Wagen für 50 Personen wiegt besetzt ungefähr 6000 7000 kg, muß deshalb auch auf Laufwerke mit 12 bis Rädern (nicht 8, wie in Abb. 10), entsprechend sta Bremsen, Schwingungsdämpfer, Trag- und Zugseile, triebe, sowie hohe Haltepunkte und Stützen haben, die a bei 1 bis 25 Personen im Betrieb gehalten werden müss Dies ist natürlich unwirtschaftlich, ferner spielt das hängbare Untergeschoß aus Leichtmetall hierbei, als t Last betrachtet, eine weniger wichtige Rolle, da die Wag eigengewichte bei Pendelbahnen zum großen Teil aus glichen sind. *Rubin* sagt ausdrücklich, daß die Wagen bezug auf ihr Fassungsvermögen und mit Rücksicht auf Gewicht und ihre Windfläche möglichst klein zu hal sind, wobei natürlich auch die Entfernung des Kabin schwerpunktes vom Gehängedrehpunkt wegen der Län pendelung nicht zu vernachlässigen ist.

Als augenfälligen Beweis für die gewaltige u schnelle Entwicklung der Personenseilbahnen in den letz Jahren stellt *Michenfelder* die mehrstöckige Kabine d Materialkasten (zur Personenbeförderung war er von der hörde niemals genehmigt) der Haflinger Bahn gegenüb Dies ist wohl nicht am Platze, denn die Technik hat bere in den Vorkriegsjahren viel bessere und würdigere B spiele bei den Schwebebahnen von Lana, Kohlern, Mo blanc und Rio de Janeiro geschaffen.

Meran. Ing. *Rudolf Frank*

#### Entgegnung

Die Haflingbahn, die seinerzeit als Montagebahn g ßenteils nur mit behelfsmäßigen Mitteln errichtet wor war, ist offensichtlich nach dem System Bleichert-Zue umgebaut und vervollkommnet worden. Auch die weit Behauptung, daß es in Italien ein System Bleichert-Zue nicht gebe, daß vielmehr die Ausführungsrechte dazu e italienische Firma besitzt, entspricht nach den mir gewor nen maßgeblichen Informationen nicht den tatsächlich Verhältnissen: Das Ausführungsrecht nach Bleichert-Zue — das früher wohl in Händen einer italienischen Fir war — hat jetzt die Firma Bleichert auch für Italien.

Das von Ing. *Frank* über die Laufrollen von Person schwebebahnen und ihr oft sehr weit hörbares Geräu Gesagte trifft für die von mir behandelten Bleichertsch Ausführungen auch nicht zu. Die gerügten Geräusche Nicht-Gummirädern können höchstens bei Verwendung Litzen-Spiralseilen als Tragorgane auftreten, während vollverschlossenen Seilen der Wagen auch auf einfach Bronze- oder Stahlrädern nahezu geräuschlos läuft. Anbringung von Gummieinlagen ist — wie in meinem richt ja auch besonders betont ist — vor allem dem Stre nach noch größerer Schonung und erhöhter Lebensda des Tragseiles entsprungen. Die weitere Einwendung *Frank* gegen die Zweckmäßigkeit einer Gummiausfütteru der Laufräder — von Hartgummi ist natürlich nicht Rede — wird durch die Tatsache widerlegt, daß nicht alle neueren Schwebebahnen mit Gummirädern ausgerüs werden, sondern daß auch verschiedene der älteren Bahn nachträglich Gummiräder sich haben einbauen lassen.

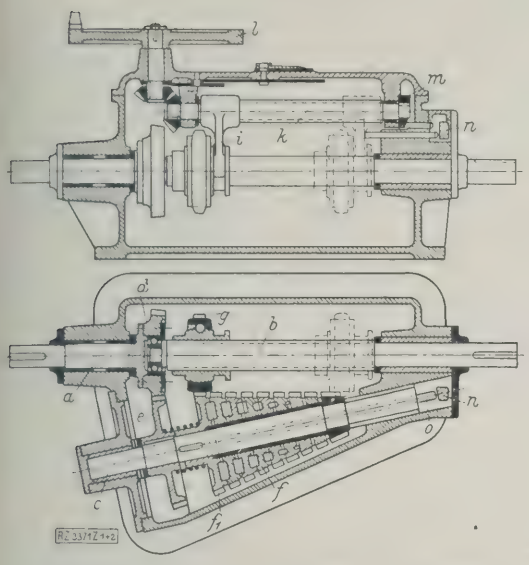
Die von *Frank* so weitgehend beanstandete Bauart zweistöckigen Kabinen ist von mir als zukünftige Ausfü rungsmöglichkeit erwähnt worden auf Grund von Vorsch gen, die in besonderen Fällen der letzten Zeit m. W. ein Male gemacht worden sind.

Mit der von mir gebrachten Gegenüberstellung ei zweistöckigen Kabine mit dem noch vor wenigen Jah auch zur Personenbeförderung benutzten Kasten der Hafli bahn sollte ja nicht die letztjährige Entwicklung der binen an sich gezeigt werden, sondern es sollten damit einem kennzeichnenden Beispiel, gewissermaßen symbolis die gewaltigen Fortschritte in der baulichen Entwicklu der Personenseilbahnen augenfällig vorgeführt werden. war auch mir natürlich bekannt, daß es zur Zeit der V wendung dieses Kastens schon vollkommenere Aufnahm mittel bei Personenseilbahnen gab. [D 2696]

Wismar. *C. Michenfelder*

# Kleine Mitteilungen

### Wechselgetriebe




*a* Treibende Welle
*b* getriebene Welle
*c* Zwischenwelle
*d*, *e* Zahnräder
*f* Kegelräder auf *c*
$f_1$ 1. Stufenrad
*g* Zahnrad
*i* Schaltgabel
*k* Schaltspindel
*l* Schaltrad
*m* Kuppelkurve
*n* Kuppelhebel
*o* Kuppelstift

Bei dem von der Firma Variable Power Transmissions, London, hergestellten Wechselgetriebe, s. Abb., bestimmt eine Gruppe von Kegelrädern *f* auf der Zwischenwelle *c*, deren Achse die Achse der getriebenen und angetriebenen Wellen schneidet, das Übersetzungsverhältnis. Die Zwischenräder sind ebenso wie das Zahnrad *g* normal verzahnt. Damit während des Schaltens des Rades *g* eine lineare Berührung der Zahnflanken gewährleistet wird, kann der Zahnkranz des Rades *g* seitlich ausschwingen. Die Zwischenräder *f*, die untereinander und mit dem auf der Zwischenwelle *c* mittels Feder und Nut verschiebbaren Rad $f_1$ durch Klauen gekuppelt sind, laufen beim Umschalten lose mit, da dann die Kupplung zwischen dem Rad $f_1$ und den übrigen Vorgelegerädern gelöst ist. Der Stift *o* wird zu diesem Zweck von der Kurve *m* über den Hebel *n* betätigt. Getriebe dieser Art sollen bis 1000 PS übertragen können und einen Wirkungsgrad von 95 vH erreichen. („The Engineer“ 19. Juli 1929 S. 72.)
[N 3371a] *Schr.*

### Hohe Tagesleistung beim elektrischen Schweißen von Röhren

Die A. O. Smith Corporation, Milwaukee, stellt in 24 h in ihrem vollkommen auf Fließarbeit eingerichteten Werk elektrisch geschweißte Röhren von 219 bis 660 mm Dmr., 9,14 und 12,19 m lang her, die hintereinander gelegt eine Gesamtlänge von 41,6 km ergeben. Monatlich werden rd. 100 000 t Stahl mit 0,2 bis 0,3 C und einer Zugfestigkeit von 42 kg/mm² verarbeitet. Jedes Rohr wird 10 s lang einem Druck von rd. 50 at unterworfen, der einer Werkstoffbeanspruchung von 15,5 kg/mm² entspricht; gleichzeitig wird hierbei die Schweißnaht durch Gewichte behämmert. Dann wird der Druck auf die Hälfte ermäßigt und die Schweißnaht geprüft. („The Iron Age“ 11. Juli 1929 S. 92*.) [N 3371 b] *Gw.*

### Großer Druckstollen für eine Wasserkraftanlage

Für das neue Hochdruck-Wasserkraftwerk am Lochaber in Schottland, das die British Aluminium Co. errichtet, ist ein Oberwasserstollen im Bau, der bei rd. 24 km Länge und 16,8 m² freiem Querschnitt zu den bedeutendsten Bauwerken dieser Art zählen wird. Der Stollen verbindet das Staubecken am Loch Traig, das einen Inhalt von rd. 260 Mill. m³ erhalten und eine mittlere Abflußmenge von 45,3 m³/s ergeben soll, mit sechs 975 m langen Druckrohren, an deren unterem Ende ein statisches Gefälle von rd. 242,25 m verfügbar ist. Das Werk ist für insgesamt 12 Turbinen von je 10 000 PS bemessen und ist seit Ende 1926 im Bau. Der Stollen unterfährt mehrere nicht zum Niederschlagsgebiet fließende Wasserläufe, deren Wasser mittels senkrechter Schächte aufgefangen wird. („Engineering News Record“ 4. Juli 1929 S. 11/14*.) [N 3371 c] *H.*

### Drucköl-Ventilsteuerung für Lokomotiven

Die Niederländische Staatsbahn hat zwei ihrer Lokomotiven mit einer Ventilsteuerung ausgerüstet, bei der die Ventile nicht mechanisch, sondern durch Drucköl geöffnet und mittels Federn geschlossen werden. Zwei Ölpumpen, die von einem Exzenter auf der Kurbelachse angetrieben werden, liefern das Drucköl. Die bei den Versuchsfahrten aufgenommenen Dampfdiagramme kommen den theoretischen sehr nahe. Die Dampfverluste sind gering. Beide Lokomotiven laufen bereits im regelmäßigen Dienst. („The Locomotive“ Juli 1929 S. 217.) [N 3371 e] *Ro.*

### Der Kanaldampfer „Vienna“

Der für den Harwich – Hoek-Dienst bestimmte Dampfer „Vienna“ der London-North-Eastern-Railway, der vor kurzem seine Probefahrt gemacht hat, wird mit seinen im nächsten Jahr folgenden Schwesterschiffen „Amsterdam“ und „Prague“ zu den größten und prächtigsten Kanaldampfern zählen. Man hat besonderen Wert gelegt auf geräumige und angenehme Ausgestaltung der Gesellschaftsräume und auf möglichst geräuschloses Arbeiten der gesamten Maschinenanlage. Bemerkenswert ist die hohe Geschwindigkeit von 21 Kn.

Die „Vienna“ hat 111 m Gesamtlänge, 15.2 m Breite, 8,2 m Seitenhöhe und faßt 4218 B.-R.-T. Zum Antrieb dienen zwei Brown-Curtis-Turbinen, die mit einfacher Übersetzung Wellen treiben und 9681 PS Wellenleistung ergeben. Der Dampf wird in Einender-Zylinderkesseln mit Kohlenfeuerung erzeugt. Drei Turbodynamos liefern den für Licht und Kraft erforderlichen Strom; die Hilfsmaschinen werden elektrisch angetrieben. Das Schiff, das Schlafplätze für 450 Fahrgäste 1. Kl. und 104 Fahrgäste 2. Kl. hat, ist mit Unterwasserschall-Signalanlage und Echolot ausgerüstet. („The Engineer“ 19. Juli 1929 S. 55.)
[N 3371 f] *Bl.*

### Heizwerk für ein großes Treibhaus

Das Züchten von Gurken in Treibhäusern beginnt gewöhnlich am 1. November und dauert neun Monate. Während dieser Zeit braucht man Heizdampf, um im Treibhaus 21 ° aufrecht zu erhalten und Wasser zum Besprengen auf die gleiche Temperatur zu erwärmen. Der Dampfbedarf schwankt äußerst stark, da er von Sonnenschein und Wind abhängt; in ½ h muß man manchmal von gedämpftem Feuer auf 34 bis 50 kg/m²h Heizflächenbelastung hochheizen.

Um der Belastung besser folgen und billigere Kohle verbrennen zu können, hat die Kay Bee Co. in ihrer Treibhausanlage in Morrison, Ill., mit 24 000 m² Anbaufläche vier getrennte Heizanlagen mit insgesamt zehn 4,2 at-Dampfkesseln mit Handfeuerung durch eine neuzeitliche Anlage mit Kohlenstaubfeuerung ersetzt. Diese besteht aus zwei 284 m²-Kesseln, die Dampf von 10 at an die Treibhäuser liefern, wo er auf den gewünschten Druck gedrosselt wird. Die Dampfleitungen sind bis zu 150 m lang. Der Abdampf der Hilfsmaschinen im Kesselhaus wird gleichfalls zum Heizen ausgenutzt. Die Feuerräume von 56 m³ Inhalt haben Wände und Böden mit Luftkühlung. Bemerkenswert ist, daß der Brennstoff- und der Luftstrom von den Brennern schräg gegeneinander geführt werden. Dadurch, daß die beiden Ströme mit hoher Geschwindigkeit aufeinander prallen, so daß die Teilchen auf einen weiten Raum verteilt werden, soll man eine besonders kurze Flamme erreichen. Ihre Länge wird durch die Abmessungen der Brennermündungen bestimmt.

Um die großen Glasflächen der Treibhäuser von Flugasche freizuhalten, die die Wirkung der Sonnenstrahlen hemmen würde, hat man vor dem Schornstein Flugaschenabscheider eingebaut, die 60 vH der Flugasche, und zwar die gröberen Teilchen, zurückhalten. Die Anlage ist jetzt sechs Monate im Betrieb und soll sich gut bewährt haben. Die Dampflieferung betrug 2260 bis 15 800 kg/h; solange die Aschenschicht auf dem Boden 2,5 cm nicht überstieg und die notwendige Luftmenge durch die Bodenkanäle geleitet wurde, bildete sich selbst bei 50 kg/m²h Verdampfleistung keine Schlacke in den Brennkammern. („Power“ 9. Juli 1929 S. 42*.) [N 3371 g] *Le.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen.** Von *G. Berndt*. Mit einem Anhang von *H. Schulz*. 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 374 S. m. 581 Abb. Preis 43,50 *RM*.

Der Verfasser hat die Grundlagen der technischen Längenmessung übersichtlich zusammengefaßt und das vielleicht manchem trockne Gebiet in flüssigem Stil dem Verständnis nahegebracht. Er behandelt zunächst die Entwicklung des Meßwesens, wobei er auch das Problem des Urmeters wissenschaftlich beleuchtet und die Geschichte und staatliche Reglung des technischen Maßsystems umfassend darstellt. Die als Maßnormalien wichtigen Endmaße werden ausführlich besprochen, ihre Verwendung als Gebrauchslehren wird durch praktische Beispiele erläutert.

Ihre Messung durch Vergleich mit Strichmaßen und unter Benutzung der Interferenz des Lichtes führt den Verfasser zu den Interferenzmeßverfahren und Interferenzkomparatoren, wobei für das Verständnis nicht unbedingt notwendige Theorien weggelassen sind. Es wäre zu begrüßen, wenn der Vorschlag des Verfassers, das internationale Urmeter heute schon in Lichtwellenlängen zu definieren, unter Benutzung des von *Benoît, Fabry* und *Perot* gefundenen Wertes für die Wellenlänge der roten Kadmiumlinie von Erfolg begleitet wäre. In dem von *H. Schulz* verfaßten Anhang des Buches ist ein besonderer Abschnitt der Zurückführung des Meters auf die Wellenlänge des Lichtes gewidmet.

Die weiteren Abschnitte des Buches befassen sich mit den technischen Meßgeräten mit Maßanzeige (Strichmaßstab, Fühlhebel, Schraublehre, Meßmaschine) und den festen Lehren ohne Maßanzeige (Normallehren, Grenzlehren, Lineale, Tuschier- und Anreißplatten), wobei insbesondere die Bedeutung der Optik eingehend gewürdigt wird. Wertvoll sind die eingestreuten schematischen Darstellungen und Beispiele für die Verwendung der Geräte, die dem Konstrukteur und Betriebsmann Winke und Anregungen geben, sowie die abgedruckten wichtigen Normblätter. Durch Aufnahme einiger Beispiele über Sondermeßverfahren und Verwendung der Meßgeräte für Sondermessungen könnte das Buch noch eine Bereicherung erfahren.

Anzuerkennen ist, daß der Verfasser die einzelnen Meßgeräte kritisch betrachtet. Der Hauptwert des Buches dürfte deshalb vornehmlich in der Erziehung des Lesers zur Kritik liegen und in der vielfach eingestreuten Warnung vor übertriebenen Genauigkeitsansprüchen. Die Bedeutung des Faktors „Mensch“ und die physiologischen Fehler (z. B. beim Ablesen) sind im Anhang kurz behandelt.

[E 3326] *Hollbach*

**Highway Engineering.** Von *John H. Bateman*. London 1928, Chapman & Hall. 418 S. m. 181 Abb. Preis 30 sh.

Das Werk gibt eine vortreffliche Übersicht über das Gesamtgebiet des Straßenbaues. Amerika hat etwa 4,8 Mill. km Straßen zu unterhalten und entfaltet eine Neubautätigkeit, die ihresgleichen sonst nicht hat. Der amerikanische Straßenbau ist fast erschöpfend auch in dem Werk von *Neumann*, „Der neuzeitliche Straßenbau, 1927“, Verlag Springer, behandelt worden.

*Bateman* führt bei der Behandlung der Wirtschaftlichkeit des Entwurfes von Straßen aus, daß Untersuchungen über die Bedeutung von Gegensteigungen nicht bekannt seien, während diese Frage in Deutschland durch meinen Aufsatz „Der Einfluß der Lastkraftwagen auf den Straßenbau“, Zentralblatt der Bauverwaltung Bd. 36 (1916). S. 590, und ergänzend in dem Werk *Neumann*, S. 78, geklärt ist. Bei der Behandlung der Kurven fällt auf, daß bei einem Krümmungshalbmesser von mehr als 160 m keine Überhöhung mehr gefordert wird. Besonders eingehend ist die Entwässerung des Straßenkörpers behandelt, woraus in Deutschland die Lehre (auch *Neumann* hat bereits darauf hingewiesen) gezogen werden sollte, daß die Ausführung der hier auch im Einschnitt üblichen Gräben zugunsten der in Amerika angewandten flachen Rinnen aufgegeben werden sollte, und zwar aus verkehrstechnischen und wirtschaftlichen Gründen.

Sehr interessant sind die hier noch nicht bekannt gewordenen Ergebnisse der Untersuchungen über das Werfen verschiedener Deckenbefestigungen infolge der täglichen Temperaturschwankungen und die entstehenden Belastungen sandigen und lehmigen Untergrundes. Beim Stampfasphalt wird die Schlüpfrigkeit auffallenderweise nicht erwähnt, beim Holzpflaster dagegen eingehend ö rtert. Es ist weiter bemerkenswert, daß in Amerika (r bituminöse Sandstein, und zwar ohne vorhergehende ] hitzung, verwendet wird. Bei der Kleinsteinpflasterung wähnt *Bateman* nur die Pflasterung in Bogenform, die he hier kaum noch zur Ausführung kommt, sowie die kün liche Beleuchtung von Landstraßen, die in einigen Geg den größere Beachtung gefunden hat. Bei uns unbekan Maschinen für Aufbruch von Betonpflaster und für Schneebeseitigung werden beschrieben, während and hier angeführte, wie beispielspeise P f l a s t e r r a m m m a s c h i n e n, nicht erwähnt sind. Im Anhang sind Richtlinien für die Ausschreibungsunterlagen und die „V schriften für die Entnahme und die Untersuchung der P ben bituminöser Materialien“ wiedergegeben.

Alles in allem ein treffliches Werk! Bei einem V gleich der Werke von *Bateman* und *Neumann* muß m allerdings das letztere infolge seines tieferen Eindringe in den Stoff — ich verweise hier nur auf die Behandlu der Kurven — als das weit überlegenere bezeichn [E 3104] *Neuber*

**Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eise forschung.** Herausgeg. von *Friedrich Körber*. 10. H 1. bis 19. Lfg.: Abhandlung 96 bis 115 und Gesamt-I haltsverzeichnis der Bände 1 bis 10 (1920 bis 192 Düsseldorf 1928, Verlag Stahleisen. 402 S. m. 689 Ab Preis 43,50 *RM*.

Der zehnte Band der Mitteilungen aus dem Kais Wilhelm-Institut enthält Abhandlungen aus den ve schiedensten Gebieten der Eisen- und Metallforschu und der Werkstoffprüfung sowie Berichte über Unte suchungen metallurgischer und ofentechnischer A Im einzelnen seien hervorgehoben Versuche von *F. Körb* und *H. Hoff* über die Festigkeitseigenschaften von Metall (Kupfer, Aluminium, Tombak, Messing, Elektrolyteise Nickel) in verschiedenen Walzgraden in Abhängigkeit v der Lage der Probe zur Walzrichtung und die Theorie v *F. Körber* und *E. Siebel* über den Formänderungsmechani mus bei der bildsamen Verformung, die eine Erklärung f das Auftreten des Reißwinkels an Flachstäben gibt. *H. Schneiderhöhn* zeigt neue Verfahren für die Unte suchung der Natur und Zusammensetzung der Thoma schlacke durch die Anwendung mikroskopischer Verfahre — *E. Siebel* und *A. Pomp* berichten über die Verbesseru des Druckversuches, um ihn in vielen Fällen als Ergä zung oder Ersatz des Zugversuches heranzuziehen. S wenden ihn zur Feststellung des Einflusses der For änderungsgeschwindigkeit auf den Verlauf der Fließkur bei Metallen an.

Das dem Bande in der 19. Lieferung beigefügte Gesam inhaltsverzeichnis des ersten bis zehnten Bandes ist vo bildlich abgefaßt und macht das Ganze zu einem wertvoll Nachschlagewerk. Es besteht aus dem Verfasserverzeic nis, dem Sachverzeichnis und einer Übersicht über den I halt der einzelnen Bände. Es weist nicht nur die Tit der in diesen Bänden veröffentlichten 115 Abhandlung auf, sondern versucht auch, aus dem Inhalt dieser A beiten die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen erfassen. [E 3112] *Diepschlag*

**Handbuch der Experimentalphysik.** Herausgegeb. v *W. Wien* und *F. Harms*, unter Mitarbeit von *H. Le* 9. Bd. 1. T.: Hohe und tiefe Temperaturen. Von *v. Wartenberg*. Gasverflüssigung. Von *H. Lenz*. Wärm leitung. Von *Osc. Knoblauch* und *H. Reiher*. Wärm strahlung. Von *W. Wien* und *C. Müller*. Leipzig 19 Akademische Verlagsgesellschaft. 484 S. m. 157 Ab Preis 44,60 *RM*.

Der vorliegende, mit einem Bilde des leider früh gestorbenen Herausgebers *Wien* geschmückte Ba hat besonderen Wert: Er enthält an letzter Stelle einen B trag *Wiens* über Wärmestrahlung, der in jeder Zeile d überragenden Gelehrten verrät. Bei seiner außerordentli klaren und einfachen Darstellung ist er zweifellos nic nur für den Experimentalphysiker, sondern auch für d Ingenieur leicht zu lesen, und zwar auch dort, v er die neuesten Probleme der Quantentheorie streift. W tiefer in die Theorie eindringen will, muß allerdings and Handbücher benutzen. Den Abschnitt „Experimentelles b treffs Gesamtstrahlung“ hat *Wien* dem auf diesem Gebi besonders sachkundigen *C. Müller* anvertraut.

*Knoblauch* und *Reiher*, die Verfasser des mittleren Teils ber Wärmeübertragung, haben bei Ingenieuren und techischen Physikern einen so guten Namen, daß man kaum u erwähnen braucht, wie sehr die Darstellung ihren Anprüchen gerecht wird, — mehr als denen des Experimentalhysikers, wie die Verfasser einleitend selbst aussprechen.

Der Beitrag *v. Wartenbergs* über „hohe und tiefe Temeraturen" nimmt 42 Seiten, der von *Lenz* über „Gasverlüssigung" 138 Seiten ein. Schon nach Umfang und Titel st klar, daß der erstere, an sich wertvolle Beitrag, nur ine kurze Übersicht über das behandelte Gebiet geben ann, daß der über Gasverflüssigung vieles vom Inhalt des rsteren wiederholen muß, und daß die hohen Temperaturen erhältnismäßig schlecht weggekommen sind. Letzteres rifft auch für die Messung der tiefen Temperaturen zu.

Der *Lenzsche* Artikel ist von bemerkenswerter Gründichkeit und geht sowohl auf die physikalische wie auf die echnische Seite der Gasverflüssigung mit Geschick ein. Lehrfach, z. B. bei Wasserstoff- und Heliumverflüssigung, ehnt sich *Lenz*, wie er selbst betont, stark an die Darellungen der Spezialisten an. Daß die ganze Art der Behandlung etwas breit und elementar ist, dürfte vielen Physikern und Ingenieuren angenehm sein.

[E 3078] *W. Meißner*

**Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen** 1928. 4. Bd. Berlin 1929, VDI-Verlag. 227 S. m. 51 Abb. und 7 Taf. Preis 12 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 10,80 *RM*.

Das zum viertenmal herausgegebene Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen erfüllt bestens seinen Zweck, ein gutes Nachschlagebuch zu sein. Außer dem Mitgliederverzeichnis, bietet es die Richtlinien der Gesellschaft, sowie einen Rückblick auf ihre Tätigkeit, besonders aber eine Reihe von lesenswerten wissenschaftlichen Beiträgen: z. B. Entwicklung neuerer Abwasserreinigungsverfahren von Dr.-Ing. *Max Prüß*, Essen, mit Darstellungen der wichtigsten Reinigungsverfahren, auch der in England und Amerika z. Z. üblichen, ferner eine neuzeitliche Maschinenfabrik von Prof. Dr. *W. Franz*, Charlottenburg, worin Entwurf und Ausführung, sowie Werkstätten, Transport- und Kraftanlagen erläutert sind. Das Gebiet des Signalwesens behandelnden Arbeiten über Eisenbahn-Signal- und Sicherungswesen von *Hampke*, Altona, das Signalwesen in der See- und Binnenschiffahrt von *Breuer*, Berlin, Signalwesen im Luftverkehr von Dr.-Ing. *E. Dierbach*, Berlin, und Signalwesen im Straßenverkehr von *Schuppan*, Berlin.

Von praktischem Wert sind ferner eine Zusammenstellung der wetterkundlichen Auskunftstellen, ein Verzeichnis der deutschen Materialprüfanstalten mit ihren Arbeitsgebieten und ein Verzeichnis der seit dem Erscheinen des Jahrbuches 1927 herausgegebenen Normenblätter, ferner die Zusammenstellung der 1927 und 1928 vollendeten oder wesentlich geförderten großen Ingenieurbauten, die auch die vielseitige Beschäftigung der größeren Baufirmen beleuchtet. Auch das Verzeichnis der Dr.-Ing.-Dissertationen der deutschen technischen Hochschulen aus dem Gebiete des Bauingenieurwesens und seiner Grenzgebiete 1926/1928 ist eine willkommene Übersicht. Aus den Arbeiten der Gesellschaft ist hervorgegangen ein Beitrag über die Berücksichtigung des Windes im Bauwesen.

Ausstattung und Druck sind einwandfrei. Das Jahrbuch bietet jedem Bauingenieur ein willkommenes, praktisches Hilfsmittel. [E 3251]

Dr.-Ing. E. h. *Karl Bernhard*

**Maschinenelemente und Betriebsnormen.** DIN-Taschenbuch 12. April 1929. Herausgeg. vom Deutschen Normenausschuß. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 207 S. Preis 4,50 *RM*.

**DIN-Normblatt-Verzeichnis.** Stand der Normung Frühjahr 1929. Herausgeg. vom Deutschen Normenausschuß. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 242 S. Preis 2,50 *RM*.

Die Taschenbücher des Normenausschusses enthalten in verkleinertem Format A 5, die sonst nur einzeln im Format A 4 herausgegebenen Normblätter nach Fachgebieten geordnet und geben damit einen guten Überblick über den gegenwärtigen Stand der Normung auf dem betreffenden Gebiet. Das vorliegende DIN-Taschenbuch 12 behandelt die umfangreiche Normung der Maschinenteile und die Betriebsnormen. Das ebenfalls neu erschienene DIN-Normblattverzeichnis zeigt den Stand der gesamten Normung im Frühjahr 1929. Ein ausführliches Inhaltsverzeichnis erleichtert die Übersicht. In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß vom 1. Mai 1929 ab der Preis der Normblätter auf weißem Papier je 75 ₰ beträgt.

[E 3146] *Pa.*

**Port studies.** Von *Brysson Cunningham*. London 1928, Chapman & Hall Ltd. 143 S. m. 193 Abb. Preis 26 sh.

In dem vorliegenden Buch sind mehrere im Herbst 1927 in der Zeitschrift „Engineering" erschienene Abhandlungen über die Einrichtungen von nordamerikanischen Häfen zusammengefaßt und dabei durch Auszüge aus gleichzeitig im „Journal of Commerce" erschienenen Aufsätzen über Handel und Schiffsverkehr in den einzelnen Häfen ergänzt.

Der Verfasser berichtet auf Grund eigener Beobachtungen. Er weist auf die Mannigfaltigkeit der Umschlaganlagen in den verschiedenen amerikanischen Häfen hin und untersucht kritisch Vor- und Nachteile zu dem Zweck, Anregungen für den Hafenbau in Großbritannien zu geben.

Auch für den deutschen Hafenbauer und darüber hinaus den Konstrukteur von Hebezeugen und Förderanlagen wird das Buch, auf dessen gute Abbildungen besonders hingewiesen sei, manche wertvolle Anregung bieten.

[E 3193] *Sd.*

**Schiffbau-Kalender 1929.** Hilfsbuch der Schiffbau-Industrie. Bearb. von *W. Gütschow* und *Hermann Hildebrandt*. Berlin 1929, Deutsche Verlagswerke Strauß, Vetter & Co. 433 S. m. 190 Abb. Preis 10 *RM*.

Im Gegensatz zu der vorjährigen Ausgabe, die sich eingehend dem maschinenbaulichen Teil widmete, ist diesmal mehr der schiffbauliche Teil in den Vordergrund getreten. Einzelne Gebiete, wie Werkstoffe, Festigkeit, Entwurf des Schiffskörpers, Berechnung des Ladegeschirrs sind neu behandelt, erstmalig ist auch die Binnenschiffahrt mit in den Betrachtungskreis gezogen. Der neuzeitlichen Ingenieurerziehung auf wirtschaftlichem Gebiet hat man in einem kurzen Abschnitt „Wirtschaftliches" Rechnung getragen. Das Buch umfaßt unter Berücksichtigung der letzten Erfahrungen aus der Praxis in kurzer Form alle für Entwurf und Konstruktion der Schiffe nötigen Angaben und enthält die wichtigsten Gesetze und Vorschriften sowie wertvolle Tabellen. Es wird als Taschenbuch für den täglichen Gebrauch dem praktisch tätigen Ingenieur gute Dienste leisten. [E 3192] *Bl.*

**Naval electrical manual 1928.** 1. Bd. London 1928, His Majesty's Stationery Office. 812 S. m. zahlr. Abb. Preis 12 s 6 d.

Dies Buch, auf Veranlassung der britischen Admiralität von Prof. *Cecil L. Fortescue* herausgegeben, ist eine im Text und Abbildungen sehr anschaulich gehaltene Zusammenfassung der gesamten Elektrotechnik (Gleichstrom- und Wechselstromlehre). Ein Lehrbuch der Theorie und ihrer Anwendung in der Praxis mit Betonung der letzteren. Eine Reihe von Aufgaben mit Ergebnissen regt an, sich mit der dargebotenen Theorie weiter vertraut zu machen. Eigenheiten des Schiffsbetriebes sind jedoch nicht besonders hervorgehoben. Bemerkenswert ist die verhältnismäßig breite Behandlung der Grundlagen der Lichttechnik und des Scheinwerfers. [E 3111] *Doose*

**Bau und Berechnung der Dampfturbinen.** Von *Franz Seufert*. 3. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 100 S. m. 77 Abb. Preis 3,60 *RM*.

**Schnellaufende Dieselmaschinen.** Von *O. Föppl*, *H. Strombeck* und *L. Ebermann*. 4. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 237 S. m. 143 Abb. Preis 16,50 *RM*.

**Diagramme und Tabellen zur Berechnung der Absorptions-Kältemaschinen.** Von *Fr. Merkel* und *Fr. Bošnjaković*. Berlin 1929, Julius Springer. 43 S. m. 30 Abb. u. Taf. Preis 12 *RM*.

**Die Festigkeit der Schraubenverbindung in Abhängigkeit von der Gewindetoleranz.** Bearb. von *Kurt Mütze*. Berlin 1929, Julius Springer. 108 S. m. 15 Abb. u. 3 Taf. Preis 6,50 *RM*.

Maschinenbau. Lehrbuch für technisch-gewerbliche Lehranstalten. Herausgeg. von *Johann Baudisch*. 10. T.: **Betriebslehre.** Von *Franz Rieser*. Wien und Leipzig 1929, Franz Deuticke. 80 S. m. 51 Abb. u. 19 Taf. Preis 8 *RM*.

**Proceedings of the Second International Conference on Bituminous Coal.** 19. bis 24. November 1928. 1. u. 2. Bd. Pittsburgh, Pa., 1929. Carnegie Institute of Technology. 1. Bd. 987 S. m. Abb. 2. Bd. 940 S. m. Abb. Preis zus. 15 $.

Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, 6. Bd.: **Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen?** Herausgeg. von *A. Lischka*. Berlin 1929, Julius Springer. 272 S. m. 243 Abb. Preis 25,50 *RM*.

Der Industrieofen in Einzeldarstellungen. Herausgeber *L. Litinsky*. 4. Bd.: **Feuerfeste Baustoffe in Siemens-Martin-Öfen.** Von *B. M. Larsen*, *F. W. Schroeder*, *E. N. Bauer* und *J. W. Campbell*. Ins Deutsche übers. von *Walter Steger*. Leipzig 1929, Otto Spamer. 118 S. m. 37 Abb. Preis 16 *RM*.

**Maße und Leistungen der Elektrolichtbogenöfen.** Bericht von *E. Kothny*. Herausgeg. vom Verein deutscher Gießereifachleute, Berlin 1929. 32 S. m. 9 Abb. Preis 5 *RM*.

**Der Eisenbetonbau,** seine Theorie und Anwendung. Herausgeg. von *E. Mörsch*. 6. Aufl. 1. Bd. 2. H. Stuttgart 1929, Konrad Wittwer. 541 S. m. 614 Abb. Preis 27 *RM*.

**Der Wasserbau.** Von *Johannes Hentze*. 4. Aufl. Leipzig 1929, H. A. Ludwig Degener. 175 S. m. 401 Abb. u. 3 Taf. Preis 9 *RM*.

**Der Betriebs-Chemiker.** 4. Aufl. Von *Bruno Waeser*. Berlin 1929, Julius Springer. 340 S. m. 119 Abb. Preis 19,50 *RM*.

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von *W. Wien* und *F. Harms*, unter Mitarbeit von *H. Lenz*. 8. Bd., 1. T.: **Energie- und Wärmeinhalt.** Bearb. von *A. Eucken*. Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 736 S. m. 235 Abb. Preis 65 *RM*.

**Schulversuche zur Elektrizitätslehre.** Gesammelt von *E. Roller* und *H. Pricks*. Göttingen 1929, Physikalische Werkstätten A.-G. 111 S. m. 88 Abb. Preis 4,80 *RM*.

**Lehrbuch der Experimentalphysik** für Studierende. Von *Emil Warburg*. 21. und 22. Aufl. Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 482 S. m. 453 Abb. Preis 15,80 *RM*.

Preußische Staatsbibliothek. Handbibliothek des Großen Lesesaals. 7. Abt.: **Mathematik und Naturwissenschaften.** Berlin 1929, Staatsbibliothek. 75 S. Preis 2 *RM*.

Sammlung Göschen, 354. Bd.: **Vektoranalysis.** Von *Siegfried Valentiner*. 4. Aufl. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 136 S. m. 13 Abb. Preis 1,50 *RM*.

Sammlung Göschen, 423. Bd.: **Fünfstellige Logarithmen.** Von *A. Adler*. 2. Aufl. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 127 S. m. 8 Abb. Preis 1,50 *RM*.

Internationales Arbeitsamt, Reihe F bis Nr. 3, **Zentrifugen,** ihre unfallsichere Konstruktion und Ausrüstung. Genf 1929, 102 S. m. 108 Abb. Preis 4 *RM* (5 schw. Fr.).

**Einführung in die Beurteilung der Gefahren bei der Feuerversicherung** von Fabriken und gewerblichen Anlagen. Von *Heinrich Henne*. 4. Aufl. Berlin 1929, Franz Weber. 496 S. Preis 13 *RM*.

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfallverhütung, 13. H.: **Frauenarbeit.** Von *A. Thiele, E. Krüger, H. Sellheim, M. Juchacz, G. Leifer* und *H. Küstner*. Berlin 1929, Julius Springer. 76 S. m. 60 Abb. Preis 8,40 *RM*.

**Vierte Mitgliederversammlung der Studienkommission für Hochdruckanlagen der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V.** 22. und 23. Februar 1929 im Städtischen Rosengarten Mannheim. Berlin 1929, Geschäftstelle der Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V. 103 S. m. Abb. Preis 15 *RM*.

**Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern.** 8. Bd. 1. H.: Beryllium-Arbeiten. Herausgeg. von der Zentralstelle für wissenschaftlich-technische Forschungsarbeiten des Siemens-Konzerns. Berlin 1929, Julius Springer. 256 S. m. zahlr. Abb. Preis 32 *RM*.

**Jedermanns Lexikon** in zehn Bänden. 1. Bd.: A bis Bildha. Berlín-Grunewald 1929, Hermann Klemm. 363 S. m. Abb. Preis 6,75 *RM*.

**Braunbecks Adreßbuch der Motorfahrzeug- und verwandt Industrie.** Begründer *Gustav Braunbeck*. Berlin 19 Selbstverlag. 1118 S. Preis 25 *RM*.

**Zur Wünschelrutenfrage.** 1. u. 2. T. Herausgegeb. von d Preußischen Geologischen Landesanstalt. 2. Aufl. Ber 1929, Selbstverlag. 1. T.: 15 S. m. 5 Abb. 2. T.: 5 Preis zus. 1,50 *RM*.

RKW-Veröffentlichungen, 16. H.: **Richtlinien für Rechnun vordrucke.** 3. Aufl. Bearb. von der Wissenschaftlich Arbeitsstelle der Gesellschaft für Organisation. Hera geg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Verwaltung. B lin 1929, Beuth-Verlag. 23 S. m. 8 Beispielen. Preis 1 *I*

**Der Arbeitssitz.** Sonderveröffentlichung des Reichsarbei blattes. Berlin 1929. 80 S. m. 94 Abb. Preis 0,50 *RM*.

Arbeiten zum Handels-, Gewerbe- und Landwirtschaftsrec 52. H.: **Wissenschaftliches Eigentum.** Von *Walter Erm* Marburg/Hessen 1929, N. G. Elwertsche Verlagsbuchhan lung. 124 S. Preis 6 *RM*.

Christof Ruthof, Schiffswerften und Maschinenfabrik. Mai Kastel a. Rh und Regensburg a. D. **Festschrift zur Vo endung des tausendsten Schiffes Mai 1929.** 31 S. m. Al

**Moderne Empfangsschaltungen.** Von *Manfred von Arden* Berlin 1929, Rothgießer & Diesing. 43 S. m. 21 Al Preis 1,50 *RM*.

**A. S. S. T. Handbook 1929.** Cleveland, Ohio, 1928, Americ Society for Steel Treating. 669 S. m. Abb. Preis 7,50 $.

**Das Berliner Metallhandwerk.** Von *Paul Werth*. Beri 1928, Maetzig & Co. G. m. b. H., vorm. Carl Patal 127 S. Preis 6 *RM*.

**Die Erdöl- und Kohle-Verwertung Aktiengesellsch** (Evag). Von *Heinrich Brückmann*. Berlin 1929, A. Se del. 64 S. m. 12 Abb. Preis 3,80 *RM*.

**Anleitung wie die Projekte zu Gesuchen um wasserech liche Bewilligung ausgestattet sein sollen.** Von *Jarosl Černý*. Prag 1929, Verlag des Landwirtschaftsminis riums. 88 S. Preis 6 Kč.

**Wunder im Weltall.** 3. Folge. Herausgeg. von *Paul S bertz*. München 1928, Josef Kösel & Friedrich Pust 386 S. m. zahlr. Abb. Preis 12 *RM*.

**Sicherheit und Wirtschaft bei der Reichsbahn.** Von *R. Ouaatz*. Berlin 1929, Reimar Hobbing. 142 S. Pr 5 *RM*.

**Statistisches Jahrbuch für den Freistaat Preußen.** H ausgeg. vom Preußischen Statistischen Landesamt. 25. Berlin 1929, Verlag des Preußischen Statistischen Land amts. 403 S. Preis 4,50 *RM*.

**Rundfunk-Jahrbuch 1929.** Herausgeg. von der Reichs-Ru funk-Gesellschaft Berlin. Berlin 1929, Union Deutsc Verlagsgesellschaft. 431 S. m. 194 Abb. Preis 2,50 *R*

**Zeitungs-Katalog 1929.** 55. Aufl. Herausgeg. von d Annoncen-Expedition Rudolf Mosse, Berlin. 572 Preis 10 *RM*.

**75 Jahre Eisenwerkgesellschaft Maximilianshütte.** 1853 1928. Bearb. von *Eugen Roth*. Rosenberg 1928, Eise werk-Gesellschaft Maximilianshütte. 96 S. m. Abb.

**Modern central stations.** Von *Charles W. Marshall*. 2. Au London 1929, Isaac Pitman & Sons, Ltd. 137 S. m. 29 Al Preis 2 s 6 d.

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T :*


| | Seite |
|---|---|
| Vom Berufsgewissen des Ingenieurs. Von *C. Köttgen* | 1073 |
| Landwirtschaft, Technik und Industrie. Von *A. v. Batocki* | 1075 |
| Wirtschaftliche Wechselbeziehungen zwischen Forstwirtschaft und Industrie. Von *L. Wappes* | 1079 |
| Die deutschen Ingenieure in Danzig und Königsberg. Verlauf der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, 21. bis 24. Juni 1929 | 1082 |
| Die „Lehrschau Holz“ in Königsberg | 1085 |
| Neuere Bestrebungen im amerikanischen Lokomotivbau. Von *E. Metzeltin* | 1087 |
| Lokomotivreinigung | 1091 |
| „St. Louis“ und „Milwaukee“, die beiden neuen Zweischrauben-Fracht- und Fahrgast-Motorschiffe. Von *E Gödecken* und *B. Bleiken*. (Schluß von S. 1015) | 1092 |
| Zur Kenntnis der gegossenen Zinn-Kupfer-Legierungen | 1094 |
| Rundschau: Die Nordschleusenanlage in Bremerhaven — Jahresschau der Technik 1928/29, Elektrotechnnik — Fortschritte im Betrieb der Eisenhütten — Torsionsspannungen in runden Wellen — Vorspannungen in Zylinderdeckeln — Zweirädriger Hubkarren — Beschleunigungsverhältnisse beim sphärischen Kurbeltrieb und bei verwandten Mechanismen — Die praktische Bedeutung der Raumgetriebe — Aus der neueren Entwicklung der Fördertechnik — Kleine Mitteilungen | 10 |
| Bücherschau: Grundlagen und Geräte technischer Längenmessungen. Von *G. Berndt* — Highway Engineering. Von *J. H. Bateman* — Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung. Von *F. Körber* — Handbuch der Experimentalphysik. Von *W. Wien* und *F. Harms* — Jahrbuch der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen 1928 — Maschinenelemente und Betriebsnormen — DIN-Normblatt-Verzeichnis — Port studies. Von *B. Cunningham* — Schiffbau-Kalender 1929. Von *W. Gütschow* und *H. Hildebrandt* — Naval electrical manual 1928 — Eingänge | 11 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 73 SONNABEND, 10. AUGUST 1929 Nr. 32

# Das Wesen des Elektrons

## Neue Forschungsergebnisse

/ *Von Privatdozent Dr. E. RUPP, AEG-Forschungsinstitut, Berlin*[1])

*Mit der Lenardschen Röhre konnte festgestellt werden, daß ein Kathodenstrahl aus einzelnen elektrisch geladenen, schnell fliegenden Teilchen — Elektronen genannt — besteht, die man sich bisher als negativ geladene Kugeln vorgestellt hat. In Anlehnung an die Lichttheorie tauchte die Frage auf, ob das Elektron nicht neben und parallel seiner korpuskularen Natur Welleneigenschaften aufweisen könnte. De Broglie hat eine Gleichung zur Berechnung der Wellenlänge angegeben, die die Elektronengeschwindigkeit mit der Wellenlänge verbindet. Da sich bei Elektronen Interferenzerscheinungen, das Kennzeichen des Wellenvorganges, feststellen ließen, ist die Frage nach der Wellennatur des Elektrons zu bejahen. Man kann sich das Elektron etwa als endlichen Wellenzug einer gedämpften Welle vorstellen, die beiderseits ihrer größten Amplitude abfällt. Die Ladung des Elektrons ist über den ganzen Wellenzug verteilt.*

Wenn wir eine Energiemenge von einem Körper am Orte *A* auf einen Körper am Orte *B* übertragen wollen, so kann dieser Vorgang im allgemeinen in zweierlei Weise geschehen:

### Korpuskularer Vorgang

Es können von dem Körper *A* Teilchen wegfliegen und den Körper *B* treffen. Denken wir uns Geschosse von *A* nach *B* fliegend, so haben wir das Grundbild eines korpuskularen Vorganges. Ein korpuskularer Vorgang ist im allgemeinen diskontinuierlich, er ist durch einzelne Stöße gekennzeichnet.

### Wellenvorgang

Es kann aber auch vom Körper *A* eine Welle ausgehen und durch ein Medium nach den Körper *B* gelangen. Ein bekanntes Beispiel ist die Wasserwelle oder die Schallwelle. Energie kann also auch als Wellenbewegung übertragen werden. Eine Wellenbewegung verläuft im allgemeinen kontinuierlich; sie ist durch Überlagerung der Wellen, durch Interferenzen, gekennzeichnet.

Wenn wir uns die Frage vorlegen:

Ist ein beobachteter Vorgang korpuskular oder als Wellenvorgang zu deuten?

so wollen wir zunächst unsere Erkenntnis über die Naturvorgänge bereichern. Aber jede wissenschaftliche Erkenntnis birgt in sich praktische Anwendung; ist der Versuch, der uns die Erkenntnis vermittelt hat, doch bereits eine erste Anwendung. So hat die Erkenntnis von der Wellennatur des Lichtes erst ermöglicht, gute Fernrohre und Mikroskope zu bauen; so beruht auf der so knapp faßbaren Erkenntnis der *Faradayschen* Induktionsgesetze unsere gesamte elektrische Großindustrie.

Wenn wir nach dem Wesen des Elektrons fragen, so können wir feststellen, daß die bisherige wissenschaftliche Erkenntnis schon reiche Früchte in der Technik getragen hat. Ist doch die neuzeitliche drahtlose Telegraphie nur möglich geworden durch die Elektronenröhre.

Jede Erkenntnis geht auf Erfahrungstatsachen zurück. Wenn wir die Frage nach dem Wesen des Elektrons stellen, so müssen wir erst die Tatsachen überblicken, die zu dieser Frage führten. Die ältesten Beobachtungen sind, wie meistens, verwickelt und schwer zu analysieren. Beim Durchgang eines elektrischen Stromes durch verdünnte Gase beobachteten verschiedene Physiker, etwa in der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, eigenartige Leuchterscheinungen. *Hittorf* war der erste, der einen bestimmten dieser Leuchtvorgänge herausgriff und näher untersuchte. An eine Versuchsröhre wird elektrische Spannung angelegt und die Röhre wird leergepumpt. Bei einem bestimmten Unterdruck leuchtet die der Kathode gegenüberliegende Wand grün auf. Diese Art Strahlung, die von der Kathode weggeht, nannte *Hittorf* Kathodenstrahlen. Die Frage entstand:

### Was ist das Wesen der Kathodenstrahlen?

Eine Beantwortung dieser Frage konnte durch Vervollkommnung der Versuchstechnik gewonnen werden. Man mußte den Erzeugungsraum der Kathodenstrahlen vom Beobachtungsraum trennen, um im Beobachtungsraum bei sehr hoher Entlüftung einfache Versuchsverhältnisse zu erhalten. Diese Trennung führte *Lenard* mit seiner Fensterröhre durch, Abb. 1. Von der Kathode treffen die Kathodenstrahlen auf eine dünne Aluminiumfolie, treten durch diese Folie hindurch und können in einem zweiten Raum untersucht werden. Läßt man die Kathodenstrahlen aus dem Erzeugungsraum in Luft austreten, so zerstreuen sie sich zu einem diffusen Strahlenbündel. Luft ist für Kathodenstrahlen ein trübes Medium, wie Milchglas für Licht. Läßt man die Strahlen auf verschiedene Metallfolien gleicher Dicke fallen, so absorbiert das spezifisch schwerere Metall z. B. Gold (Au) die Strahlung stärker als die spe-

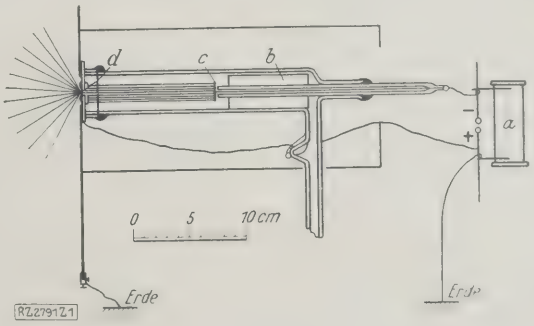



Abb. 1
*Lenardsche* Röhre.
Sie dient zur Erforschung des Wesens der Kathodenstrahlen
*a* Funkeninduktor *b* Anode *c* Kathode *d* Fenster

[1]) Vergl. auch *Max Planck*, Aus der neuen Physik. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 353.

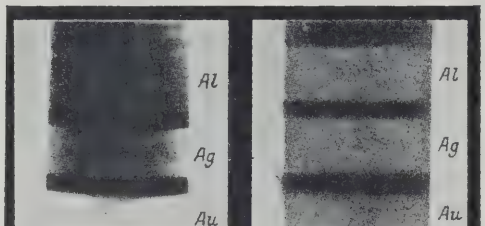



**Abb. 2**
Bei Folien gleicher Dicke absorbiert das spezifisch schwerere Metall stärker als die spezifisch leichteren.

**Abb. 3**
Bei Folien gleicher Masse absorbieren alle Metalle gleich stark.

**Abb. 2 und 3**
Absorption der Kathodenstrahlen durch Metallfolien (Aluminium, Silber und Gold).

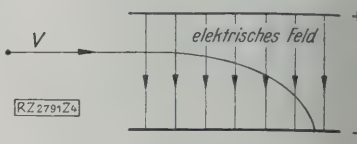
zifisch leichteren z. B. Aluminium (Al), Abb. 2. Läßt man die Strahlung durch Folien gleicher Masse fallen, z. B. durch Aluminium, Silber (Ag) und Gold, deren Dicke man entsprechend abgeglichen hat, so werden die Strahlen von allen Metallen gleich stark absorbiert, Abb. 3. Streuung und Absorption der Kathodenstrahlen könnte sowohl als Wellenvorgang wie als korpuskularer Vorgang gedeutet werden. Man fand aber andre Tatsachen, aus denen man schloß, daß die Kathodenstrahlen elektrisch geladene Korpuskeln sind: in der elektrischen und magnetischen Ablenkung der Strahlen. Ein Kathodenstrahl wird in einem elektrischen Feld abgelenkt genau wie ein geworfener Stein von der Schwerkraft, Abb. 4. Aus elektrischer und magnetischer Ablenkung kann man das Verhältnis der elektrischen Ladung zur Masse eines einzelnen Kathodenstrahlteilchens bestimmen, so daß man den Beweis hatte: Ein Kathodenstrahl besteht aus einzelnen elektrisch geladenen, schnell fliegenden Teilchen. Diese negativ geladenen Korpuskeln hat man Elektronen genannt.

Die Ladung allein für sich zu bestimmen, hatte man auch bald gelernt. In einem Plattenkondensator, der mit einer Flüssigkeit gefüllt ist, lädt man ein Öltröpfchen elektrisch auf. Die Schwerkraft zieht das Tröpfchen nach unten, die elektrische Anziehung zieht nach oben. Halten sich beide Kräfte das Gleichgewicht, so kann man leicht die elektrische Ladung eines Teilchens, eines einzelnen Elektrons, messen. Man kann sogar die Spur eines Teilchens sichtbar machen. Geht ein schneller Kathodenstrahl durch eine mit einem Dampf gefüllte Röhre, so scheiden sich auf seiner Bahn Nebeltröpfchen ab. Diese Nebeltröpfchen liefern ein getreues Bild der Bahn eines Elektrons, Abb. 5. Kein Zweifel, das Elektron muß ein geladenes Körperchen sein, das wie ein schnelles Geschoß durch den Raum fliegt, durch Kräfte abgelenkt wird wie ein Stein durch die Schwerkraft, an Hindernissen Streuung und Absorption erleidet wie ein Geschoß, das man in eine Flüssigkeit schießt. So kam man dazu, sich das Elektron etwa als negativ geladene Kugel vorzustellen, von der Kraftlinien ausgehen, Abb. 6, gekennzeichnet durch ein ganz bestimmtes Verhältnis seiner Ladung zu seiner Masse, durch eine ganz bestimmte Ladung und durch eine sehr kleine Masse, die rd. $^1/_{1800}$ der Masse des Wasserstoffatoms beträgt.

Auf Grund dieser Erkenntnis des Elektrons als Korpuskel konnte man eine Reihe technischer Anwendungen durchführen; z. B. die Steuerung eines Kathodenstrahls durch elektrische Felder in der Glühkathodenröhre und die Energieumsetzung des schnell fliegenden Elektrons in der Röntgenröhre.

Es schien so, als ob man sich mit dieser Erkenntnis zufrieden geben könnte. Man kannte kein Versuchsergebnis, das sich nicht aus ihr erklären ließe.

**Abb. 4**
Ablenkung eines Elektrons mit der Geschwindigkeit $v$ in einem elektrischen Feld.




Neue Gedanken, die zu neuen Versuchen anregte kamen von seiten der theoretischen Physiker. Wohl z nächst die einfache Analogie unserer Kenntnisse vo Licht, wo wir gezwungen wurden, auf Grund der E scheinungen der lichtelektrischen Wirkung der Lich welle korpuskulare Eigenschaften zuzuschreiben u von Lichtquanten zu reden, ließ die Frage auftauche

> Wenn das Lichtquant Wellennatur hat, daneben und parallel dazu aber auch korpuskulare Natur, könnte dann nicht auch das Elektron neben und parallel seiner korpuskularen Natur Welleneigenschaften aufweisen?

Dieser revolutionäre Gedanke nahm zuerst in d Spekulationen von *Louis de Broglie* quantitative Gest an. *De Broglie* führt folgende Hypothese ein:

Die Bewegung eines jeden Stoffteilchens soll a Wellenvorgang zu beschreiben versucht werden. D bei ist die kinetische Energie der Welle $m c^2$ ($m$ = Masse, $c$ = Lichtgeschwindigkeit). Diese Hypothe soll sich nicht nur auf das Elektron, sondern überhau auf alle bewegten Körper erstrecken. Hat ein Körp die Geschwindigkeit $v$, so muß man, um die Energi gleichung $E = m c^2$ zu befriedigen, unterscheiden zwische der Gruppengeschwindigkeit $v$ und der Phasengeschwindi keit $u$ der Welle. Es ist $u v = c^2$. Aus diesen Hypothese kommt *de Broglie* zu der Impulsbeziehung

$$m v = \frac{h v}{u}$$

($h v$ = Energie der Welle, $v$ = Schwingungszahl); wenn ma hierin die Wellenlänge $\lambda = \frac{u}{v}$ einführt, zu

$$\lambda = \frac{h}{m v}$$

($h$ = *Plancks* Wirkungsquantum = $6{,}55 \cdot 10^{-27}$ erg $s$).

Nach dieser Beziehung käme z. B. einer Geweh kugel die außerordentlich kurze Wellenlänge vo $10^{-22}$ cm zu, wenn $m = 10$ g und $v = 5 \cdot 10^4$ cm/s einsetz

Gehen wir von dem allgemeinen Fall über zu d einem bewegten Elektron zuzuordnenden Wellenläng $\lambda$ und messen wir die Geschwindigkeit des Elektron wie üblich durch die Spannung $U$ in V gemäß d Energiegleichung $\frac{m v^2}{2} = e U$ ($m$ = Masse des Elek trons = $8{,}98 \cdot 10^{-28}$ g, $e$ = Ladung des Elektrons = $1{,}59 \cdot 10^{-19}$ Coulomb), so wird

$$\lambda = \sqrt{\frac{150}{U}} \cdot 10^{-8} \text{ cm},$$

wenn wir für die Konstanten $h$, $e$ und $m$ Zahlenwert einsetzen.

Ein Elektronenstrahl von 150 V würde also ein Wellenlänge von $10^{-8}$ cm haben. Die Lichtwelle hat d Länge von $10^{-5}$ cm. Die Elektronenwelle ist also kürze sie ist von der Größenordnung der gewöhnlichen Röntgen strahlen.

Wenn wir an Elektronen nach einem Wellenvor gang suchen, müssen wir erst fragen: wodurch ist ei Wellenvorgang gekennzeichnet? Und dann: welch Versuchstechnik muß man anwenden, um die zu e wartende recht kurze Wellenlänge finden zu können

### Kennzeichen des Wellenvorgangs

Ein Wellenvorgang ist gekennzeichnet durch da Auftreten von Interferenzen, durch räumliche Schwächun gen und Verstärkungen von Wellenzügen. Gehen wi auf das anschauliche Beispiel der Wasserwellen zurück Werfen wir einen Ball ins Wasser, so beobachten wi

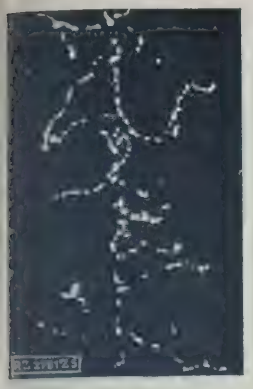
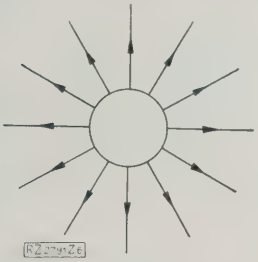


Abb. 5
Spur eines Kathodenstrahles.

Abb. 6
Das Elektron als Korpuskel.



ngförmige Wellen, die sich gleichmäßig über die asserfläche erstrecken können. Werfen wir zwei Bälle s Wasser, so sehen wir zwei Systeme von Ringwellen. iese Ringwellen beeinflussen einander. Sie überlagern ch, verstärken sich an manchen Stellen, schwächen sich i anderen. Man nennt diese Erscheinung Interferenz er Wellen, und in ihr haben wir das Kennzeichen eines ellenvorganges gegenüber einem korpuskularen Vorang. Ein Korpuskel, ein Geschoß, das von einem örper auf einen anderen fliegt, kann auf diesem Weg ie verschwinden. Ein System von Wellen jedoch, das on einem Körper zu einem anderen läuft, kann im wischenraum an manchen Stellen ganz verschwinden, n anderen Stellen verstärkt werden. Wo immer Interrenzerscheinungen auftreten, wissen wir, daß wir es it Wellenvorgängen zu tun haben.

### Interferenzerscheinungen beim Licht

Die Wellenerscheinung, die wir mit unserem ersten inn, mit dem Auge, wahrnehmen, ist das Licht. Interrenzerscheinungen an Licht hat vor allen Dingen der anzösische Physiker *Fresnel* nachgewiesen. Lassen ir einen Lichtstrahl auf einen genügend schmalen Stab allen (etwa auf eine Nähnadel oder ein Pferdehaar), o beobachten wir auf einer dahintergestellten photoraphischen Platte nicht etwa einen scharf begrenzten chatten, sondern ein ganzes System heller und dunkler treifen. Es treten Interferenzen der Lichtwellen auf. ügen wir mehrere Stäbe nebeneinander, so erhalten ir ein Gitter. Man stellt solche Gitter dadurch her, aß man auf Glas in gleichen Abständen von etwa einien hundertsteln Millimetern Rillen einritzt. Läßt man n einem solchen Gitter Licht reflektieren, so findet an neben dem reflektierenden Strahl noch gebeugte trahlen, die durch Überlagerung von Wellen entstanen sind. Aus dem Abstand zwischen reflektiertem und ebeugtem Strahl und aus dem Abstand der Gitterrillen oneinander, kann die Wellenlänge des Lichtes betimmt werden. Bei der Suche nach Interferenzen spielt lso auch der Abstand der Gitterrillen eine wichtige olle. Hat man sehr kurzwelliges Licht, so kann man it einem gewöhnlichen Gitter keine Interferenzen erhalten.

### Interferenzerscheinungen bei Röntgenstrahlen

Sehr kurzwelliges Licht aber kennen wir in den öntgenstrahlen. Um an Röntgenstrahlen Interferenzen u finden, muß man Gitter von außerordentlicher Feinheit verwenden. Solche Gitter liefert uns die Natur in en Kristallen. Man hat daher auch die ersten und ichtigsten Interferenzversuche mit Kristallen ausgeführt.

Bei den Verfahren an Einkristallen läßt man einen öntgenstrahl verschiedener Wellenlänge entweder durch en Kristall hindurchtreten (*Laue*), oder man reflektiert einen Röntgenstrahl einheitlicher Wellenlänge an einer Kristalloberfläche (*Bragg*). Kristallpulver wird nach dem Verfahren von *Debye* und *Scherrer* untersucht mit einem Röntgenstrahl einheitlicher Wellenlänge[2]). Erst vor wenigen Jahren hat man auch eine Methode

[2]) Vergl. *M. Polanyi*, Struktur der Materie im Lichte der Röntgenstrahlen, Z. Bd. 71 (1927) S. 565.

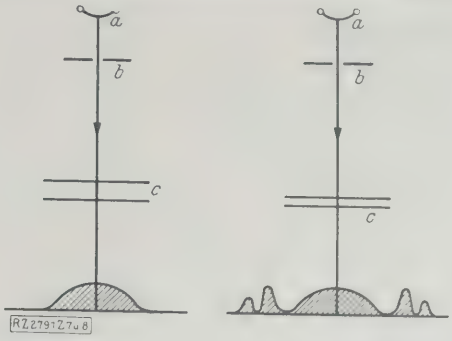



Abb. 7
Streuung.

Abb. 8
Beugung.

Abb. 7 und 8
Streuung und Beugung der Elektronen an dünnen Folien.
*a* Glühkathode *b* Strahlblende *c* Folie

gefunden, wie man Röntgenstrahlen mit einem gewöhnlichen optischen Gitter beugen kann (*Compton*).

Bei dem Verfahren nach *Laue* erhält man Interferenzen der Röntgenstrahlen durch die in einem Raumgitter angeordneten Gitterbausteine (Interferenzpunkte).

Im Gegensatz zu den Punktinterferenzen des *Laue*-Verfahrens ergibt das *Debye-Scherrer*-Verfahren an Vielkristallen geschlossene Beugungsringe. Aus dem Abstand der Ringe kann man einmal die Wellenlänge der Röntgenstrahlen messen, zum anderen kann man Strukturbestimmungen der verschiedenen Kristallarten durchführen.

Diese Strukturbestimmungen der Kristallgitter haben eine große praktische Bedeutung erlangt. Bei Werkstoffprüfungen, bei Untersuchungen an Legierungen und in vielen den Chemiker interessierenden Fällen bietet die Röntgenstrahlspektrographie das einzige Verfahren der Stoffuntersuchung[2a]). Die Erkenntnis von der Wellennatur der Röntgenstrahlen hat also nicht nur wissenschaftliche Bedeutung gehabt, sondern unsere Kenntnisse der Werkstoffe außerordentlich bereichert.

### Interferenzerscheinungen bei Elektronenwellen

Wir haben vorhin gesehen, daß nach der Beziehung von *de Broglie* für Elektronenwellen ähnliche Wellenlängen zu erwarten sind wie für Röntgenstrahlen. Wenn wir also an Elektronen nach Interferenzerscheinungen suchen, werden wir gut tun, uns an die für Röntgenstrahlen durchgebildeten Verfahren anzuschließen. Und so hat man auch all die verschiedenen Verfahren der Röntgenspektroskopie auf Elektronen in entsprechenden Abänderungen angewendet: Das *Laue*-Verfahren und das *Bragg*-Verfahren an Einkristallen, das *Debye-Scherrer*-Verfahren an Vielkristallen, schließlich auch das Verfahren, Elektronenbeugung an einem mechanisch geritzten Gitter zu erhalten.

Betrachten wir den übersichtlichsten Fall: Elektronenbeugung an Vielkristallen beim Durchgang eines Elektronenstrahls durch eine dünne Folie. Die Folie muß außerordentlich dünn sein, eine Dicke von der Größenordnung $10^{-6}$ cm haben. Ist die Folie nicht dünn genug, so erhält man Streuung der Elektronen in einem kontinuierlichen Winkelbereich um den Strahl herum, Abb. 7. Diese Erscheinung war schon lange bekannt und paßt gut in das Bild vom Elektron als Korpuskel. Bei ganz dünnen Folien treten aber neue Erscheinungen hinzu, Abb. 8. Aus dem Streukegel heben sich Ringe ab, und diese Ringe hat man mit Beugungserscheinungen in Verbindung zu bringen. Solche Versuche an dünnen Folien hat zuerst *G. P. Thomson* durchgeführt mit schnellen Elektronen (10 000 bis 80 000 V). Er konnte dabei die Gültigkeit der *de Brogliechen* Beziehung bestätigen.

Für langsame Elektronen habe ich ohne Kenntnis der *Thomsonschen* Versuche und wenig später ebenfalls Beugungsversuche durchgeführt. An Aluminium konnte ich Beugungsringe für Elektronen bis 180 V erhalten. Daß die Beugungsringe wirklich Elektronen zukommen,

[2a]) Vergl. *Sachs*, Z. Bd. 70 (1926) S. 1634.

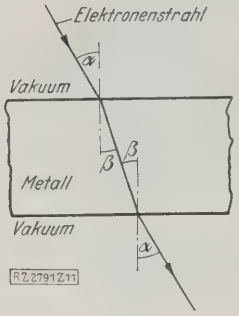



**Abb. 11**
Brechung des Elektronenstrahles beim Übergang vom Vakuum in ein Metall. $\beta < \alpha$.

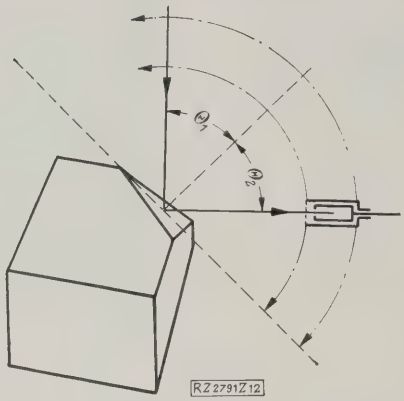



**Abb. 12**
Elektronenreflexion an einem Nickelkristall bei gleichen Reflexionswinkeln ($\Theta_1 = \Theta_2$).

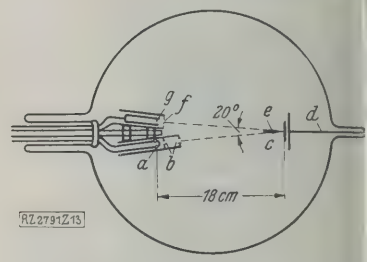



**Abb. 13**
Versuchsröhre zur Elektronenreflexion.

Sie dient zur Erforschung der Struktur Oberflächen mittels Elektronenreflexio

*a* Glühdraht *b* Blenden von 0,3 mm D *c* geerdete Einkristallfläche *d* Hal *e* Schneide (einer Rasierklinge) als Winl halbierende *f* Netz *g* Auffangek (Öffnung 1,8 mm)

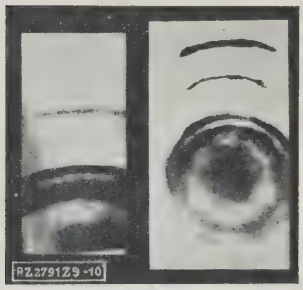



**Abb. 9 und 10**
Elektronenbeugung an Silber.

**Abb. 9** (links) bei 150 V
**Abb. 10** (rechts) bei 185 V

Aus dem Abstand der Beugungsringe, dem Abstand der Metallfolie vom Film und der Gitterkonstanten der Silberkristalle läßt sich die Wellenlänge berechnen.

kann man durch magnetische Ablenkung der gebeugten Elektronen einwandfrei zeigen. An Silber war die Erscheinung besonders ausgeprägt, Abb. 9 und 10.

An einer solchen Beugungsaufnahme kann man den Abstand der Ringe messen, man kennt außerdem den Abstand der Metallfolie vom photographischen Film und hiermit läßt sich die Elektronenwellenlänge berechnen, wenn man die Gitterkonstante des Metallgitters als bekannt annimmt.

Bei schnellen Elektronen, wie sie *Thomson* verwendet hat, fand man die *de Broglieschе* Beziehung bestätigt; bei langsamen Elektronen treten dagegen wichtige Abweichungen von der *de Broglieschen* Beziehung auf. Stets ist die Wellenlänge des Elektrons im Vakuum größer als die Wellenlänge im Metall. Man kann diese Abweichungen durch Einführung eines Brechungsindex erklären. Ganz genau wie ein Lichtstrahl gebrochen wird, wenn er aus Luft in Wasser übergeht, so wird ein E tronenstrahl an einer Einkristallfläche dem Einfall zu gebrochen, Abb. 11. Der Wert des Brechungsin ist daher größer als eins. Während aber ein Lichtst im Wasser langsamer läuft als in Luft, läuft ein El tronenstrahl im Metall schneller als Vakuum. Hat der Elektronenstrahl im Vakuum Geschwindigkeit $U$, so wird er im Metall beschleunigt $U + E_0$ infolge der Wirkung eines den Kristall erfül den inneren Gitterpotentials $E_0$; daher ist der B chungsindex

$$\mu = \sqrt{\frac{U + E_0}{U}} > 1.$$

Der Wert des inneren Gitterpotentials ist theoreti außerordentlich wichtig. Er ist in sehr einfacher W mit der glühelektrischen Austrittsarbeit $A$ verbunden du die Beziehung $E_0 = W_i + A$. $W_i$ ist hierbei nach *A. S merfeld* die kinetische Energie der Leitungselektro Die glühelektrische Austrittsarbeit spielt eine wich Rolle bei dem für Glühkathodenröhren zu verwenden Drahtmaterial. Diese mit ganz anderen physikalisc Verfahren gefundene Größe $A$ ist mit dem aus Elektro beugungsversuchen bekannten inneren Gitterpotential verwandt. Zwei ganz getrennte Gebiete der Experime physik werden auf diese Weise innig verbunden.

Ein Brechungsindex der Elektronenwelle zeigte aber nicht allein bei den Versuchen des Elektronendu gangs durch dünne Folien, sondern ebenso deutlich der Elektronenreflexion an einer Kristalloberflä Solche Versuche haben zuerst *Davisson* und *Germer* einem Nickel-Einkristall ausgeführt. Unter einem stimmten Einfallwinkel $\Theta_1$ fällt ein Elektronenstrahl die Oktaederebene eines Nickelkristalls, Abb. 12. U demselben Reflexionswinkel $\Theta_2$ wird die reflekti Elektronenmenge gemessen bei Änderung der Str geschwindigkeit der auftreffenden Elektronen. Man hält bei bestimmten Elektronengeschwindigkeiten Gr werte der Reflexion und kann diese Größtwerte wie in Beziehung bringen zur *de Broglieschen* Gleichun

Die Lage der theoretisch zu erwartenden Größtw ist nun aber gegenüber den wirklich gefundenen schoben. Das Meßverfahren gibt keine Entscheid wie man die theoretischen Größtwerte den experi tellen zuordnen soll, ob so, daß $\mu > 1$, oder so, daß $\mu$ wird? Wir haben aber vorhin gesehen: Aus den Un suchungen bei Elektronendurchgang durch dünne Fo ist eindeutig die Zuordnung so festgelegt, daß man ei Brechungsindex $\mu > 1$ annehmen muß.

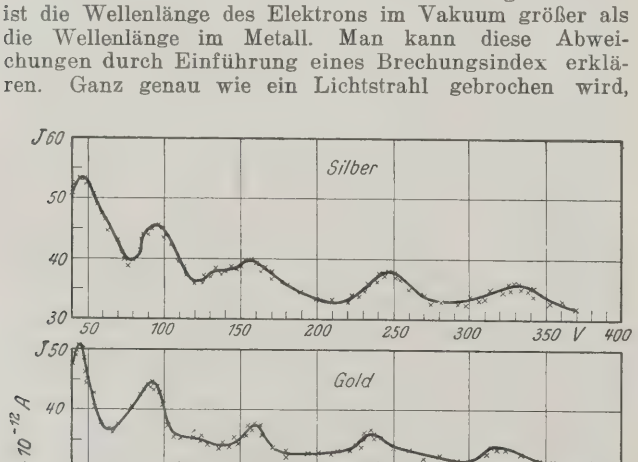



**Abb. 14 bis 16**
Elektronenreflexion mit 10° Reflexionswinkel an Metall-Einkristallen.

*J* Elektronenreflexion in $10^{-12}$ A *V* Elektronengeschwindigkeit in V

**Untersuchung von Oberflächen mit Elektronenwelle**

Dieses Verfahren der Elektronenreflexion an E stallflächen ist besonders geeignet, die Struktur Oberflächen zu studieren. Wegen der Schwierigkeit Messungen haben *Davisson* und *Germer* nur an ei Nickelkristall Versuche durchgeführt. Mit einigen änderungen des Verfahrens habe ich für verschied Metalle Messungen durchführen können unter Benutz einer Versuchsröhre, bei der der Elektronenstrahl u

**Abb. 18**
Elektronenreflexion bei streifendem Einfall.

$\vartheta$ Sehr kleiner (streifender) Einfallwinkel = Reflexionswinkel
$R$ Einfallpunkt des reflektierten Strahles auf der Auffangefläche $a$
$B$ Einfallpunkt des gebeugten Strahles auf der Auffangefläche $a$
$\alpha$ Beugungswinkel
$l$ Abstand von Gittermitte bis zur Auffangefläche $a$

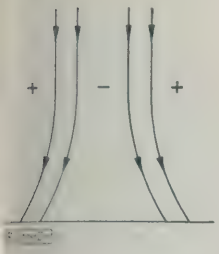



**Abb. 17**
Modell eines Gitterfeldes.

0° auf einen Kristall auffiel, Abb. 13. Man findet, wie n einem Beispiel gezeigt sei, Größtwerte, die dem Metallitter zugehören, Abb. 14. Sieht man näher zu, so erennt man außer diesen Größtwerten eine Reihe kleierer Größtwerte, z. B. für Silber bei 140 V, Gold 120 V, Kupfer 170 V, Abb. 14 bis 16.

Diese Nebengrößtwerte rühren wahrscheinlich von rgendwelchen Verunreinigungen der Oberfläche her und nteressieren daher im jetzigen Standpunkt der Unteruchung weniger. Wenn man aber einmal weiß, welche Größtwerte dem reinen Metall zugehören, dann kann an auch die Frage behandeln, welchem Stoff die Nebenrößtwerte angehören. Und hier eröffnet sich ein wichiges Gebiet für die Anwendung der Elektronenbeugung n der Technik. In vielen Fällen ist es wichtig, die truktur von Oberflächenschichten genau zu kennen. ierzu hat man aber kaum physikalische Methoden. Mitels Elektronenbeugung aber kann man solche Oberlächenstrukturen genau erforschen.

### Untersuchung von Katalysatoren

Nun spielen aber Oberflächenerscheinungen eine ußerst wichtige Rolle bei chemischen Reaktionen. Ich rinnere nur an das weite Gebiet der Katalysatoren. ntersucht man mit den Verfahren der Elektronenbeuung Katalysatoren, so besteht die Hoffnung, daß hier ine Möglichkeit gefunden ist, das alte Rätsel des Katasators seiner Lösung näherzubringen[3]). Auch adsorierte Schichten können untersucht werden, ebenso lichtlektrisch und glühelektrisch wirksame Oberflächen, oder uch die Orientierung von Ölen an Metallen, um nur inige Beispiele zu nennen.

Alle diese beschriebenen Verfahren arbeiten mit den on der Natur gelieferten Kristallgittern. Ein Kristallitter ist aber der Sitz elektrischer Felder und elekrische Felder lenken Elektronen ab. Man kann die rage aufwerfen: Kann man sich die Kristallfelder nicht n solcher Weise geordnet vorstellen, daß sie ein elekrisch geladenes Korpuskel in ganz bestimmten Winkeln blenken und auf diese Weise Interferenzerscheinungen ortäuschen, die einfach aus der Geordnetheit der Gitterelder zu erklären sind, Abb. 17[4]). Diese Auffassung ißt sich durch einen Modellversuch prüfen. Durch ein Drahtgitter, dessen Drähte abwechselnd positiv und negaiv geladen sind, tritt ein Elektronenstrahl. Durch die Drahtfelder erleiden die Elektronen ganz bestimmte Abenkungen und auf einer photographischen Platte hinter em Drahtgitter finden wir eine Aufspaltung des urprünglichen Strahls in zwei Komponenten, ein ganz hnliches Bild, wie es unsere Versuche an Kristallen ebracht haben. Hier wäre also die Elektronenbeugung rklärt, wenigstens qualitativ, ohne Annahme einer Wellenvorstellung, nur unter der ganz berechtigten Anahme geordneter Gitterfelder.

[3]) Vergl. *E. Rupp*, Vortrag D. Bunsengesellschaft 11. Mai 1929. rscheint in Z. f. Elektrochemie.
[4]) s. *R. Hilsch* und *R. W. Pohl*, Nachr. d. Ges. d. Wissensch. zu öttingen. 7. Dez. 1928.

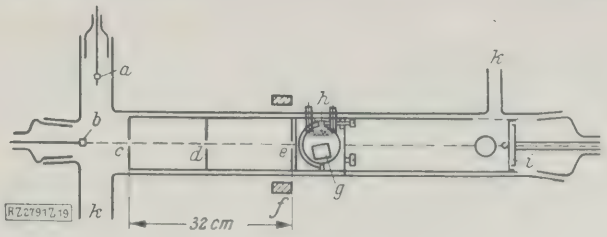
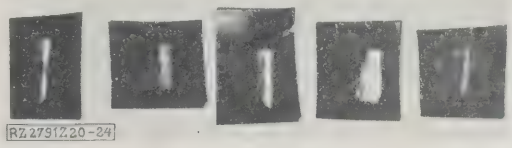



**Abb. 19**
Röhre zur Ermittlung der Elektronenbeugung am Gitter.

$a$ Elektronenquelle (mit Bariumoxyd bedeckter Wolframdraht)
$b$ Glühdraht zur Einstellung des Strahlenganges
$c$, $d$, $e$ Blenden (8 mm hoch, 0,1 bis 0,2 mm breit)
$f$ Magnetspule
$g$ Gitter auf Spiegelmetall geritzt
$h$ Wolframdrahtwindungen zur Beschießung des Gitters mit schnellen Elektronen
$i$ photographische Platte
$k$ Pumpstellen




Bei 75 V. Bei 150 V. Bei 310 V.

**Abb. 20 bis 24**
Elektronenbeugung am Gitter bei verschiedenen Spannungen und Einstellwinkeln.
Man sieht den stark reflektierten Strahl, links daneben die gebeugten Strahlen.

### Elektronenbeugung am mechanisch geritzten Gitter

Wir müssen also danach trachten, uns von den Kristallgittern freizumachen. Wenn wir statt eines Kristalles ein mechanisch geritztes Gitter verwenden, so wird man die dann auftretenden Beugungserscheinungen jedenfalls nicht mehr korpuskular erklären können. Ist der Gitterversuch positiv, so ist die Entscheidung zu Gunsten des Elektrons als Welle gefallen. Um den Gitterversuch auszuführen, läßt man Elektronen mittlerer Geschwindigkeit unter streifendem Einfall an einem Gitter reflektieren, Abb. 18. Neben den reflektierten Elektronen sind auf einer photographischen Platte auch noch die gebeugten Elektronen zu erwarten. Man kann die Beugungswinkel messen und so durch reine Längenmessungen die Elektronenwellenlänge bestimmen.

In der Versuchsröhre, Abb. 19, fällt auf ein auf Metall geritztes Gitter $g$ ein feiner Elektronenstrahl (von $b$ durch $c$, $d$ und $e$). Er wird am Gitter reflektiert und auf einer photographischen Platte $i$ abgebildet. Um die Abbildungen in der nötigen Schärfe zu bekommen, wird eine Magnetspule $f$ nach einem von *H. Busch* angegebenen Verfahren verwendet. Die Abbildung des Elektronenstrahls ohne Gitter zeigt ein scharfes Bild des Strahls. Bringt man aber das Gitter in den Strahlengang, so erhält man zunächst ein verbreitertes diffuses Reflexionsbild, Abb. 24, daneben aber treten noch ganz deutlich Beugungsbilder der am Gitter gebeugten Elektronen auf. Diese Beugungsbilder lassen sich bis zur dritten Gitterordnung verfolgen. Wertet man diese Auf-

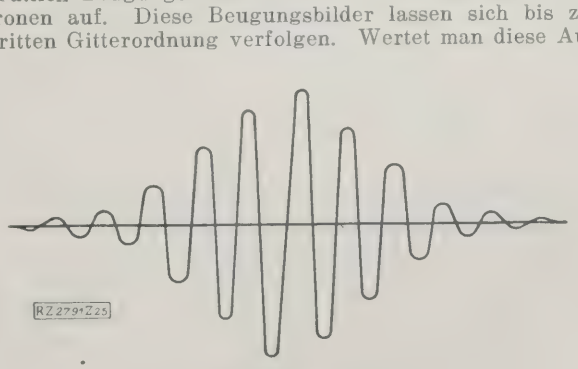



**Abb. 25**
Das Elektron als Welle.

nahmen, Abb. 20 bis 24, aus, so findet man die *de Broglie-sche* Beziehung sehr gut bestätigt, bis zur Fehlergrenze dieser Versuche, bis zu ± 2 vH.

Der Gitterversuch hat also im positiven Sinne gesprochen zugunsten

**des Elektrons als Welle.**

Das Bild von der geladenen Kugel, das wir uns bisher machten, kann also nicht richtig sein. Wir müssen uns eine andre Vorstellung vom Elektron bilden, wir müssen eine Vorstellung suchen, die alle älteren Tatsachen umfaßt, die wir durch das korpuskulare Bild des Elektrons verstehen lernten, und dazu noch die neuen Tatsachen aufnehmen kann, eine Vorstellung, die

**Welle und Korpuskel in einer Einheit**

vereinigt[5]). Wir können uns etwa folgendes Bild ausdenken: Das Elektron ist ein endlicher Wellenzug einer gedämpften Welle, die an einer Stelle ihre größte Amplitude hat und nach den Seiten hin abfällt, Abb. 25. Die Ladung des Elektrons ist über den ganzen Wellenzug verteilt. Ein solcher Wellenzug wird gegenüber Gebilden, die größer als der Wellenzug sind, z. B. gegenüber Atomen und Molekülen, sich wie ein geschleudertes Körperchen verhalten. In besonderen Versuchsanordnung nur wird sich der Wellencharakter des Elektrons ku tun, wie der Gitterversuch besonders deutlich zeigt. K puskel und Welle sind in unserem Bild zu einer Einh vereinigt. Natürlich kann dieses Bild nur eine r Wiedergabe der von der Theorie formal beschrieben unserer Anschauung unzugänglichen Verhältnisse s

[5]) Vergl. a. *Planck*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 353.

*

In diesem kurzen Aufsatz habe ich nur einen klei Überblick über die auftretenden Probleme bieten könn Eine Reihe von Fragen, wie die nach dem Elementar der Elektronenbeugung, nach der Polarisation der El tronenwelle oder nach dem Zusammenhang des inne Gitterpotentials mit der glühelektrischen Austrittsarb konnte ich nicht bringen. Ein weites Feld ist noch bearbeitet, so die grundlegende Frage, nach der Kohär der Elektronenwelle, ein Feld reicher Arbeit, aber a ein Feld neuer Erkenntnis und neuer Anwendungen

**Weiteres Schrifttum:**

*J. C. Davisson* und *L. H. Germer*, Phys. Rev. Bd. 30 (1927) S.
*G. P. Thomson*, Proc. Roy. Soc. Bd. 117 (1928) S. 600;
*E. Rupp*, Ann. d. Phys. Bd. 85 (1928) S. 981;
„ „ „ 5. Folge Bd. 1 (1929) S. 773 u. 801;
„ Z. f. Phys. Bd. 52 (1928) S. 8;
„ „ „ „ „ 53 (1929) S. 548. [B 2791]

## Kritische Drehzahl und Kreiselwirkung

In einer früheren Arbeit mit dem gleichen Titel[1]) habe ich gezeigt, daß und unter welchen Bedingungen die Kreiselwirkung das Auftreten kritischer Drehzahlen einer mit Scheiben gleichmäßig dicht besetzten Welle teilweise oder auch ganz verhindern kann. Gegenüber der beiderseits gelagerten Welle kam dabei der fliegenden, d. h. nur einseitig gelagerten Welle insofern eine Ausnahmestellung zu, als sie, wenigstens im sogenannten Gleichlauf, immer noch mindestens e i n e kritische Drehzahl, dafür aber im sogenannten Gegenlauf unter Umständen k e i n e kritische Drehzahl haben zu müssen schien. Dieser (damals mit IV bezeichnete) Sonderfall bedarf einer Berichtigung[2]), der ich zugleich eine Ergänzung hinzufüge.

Die fliegende Welle gehorcht am eingespannten Ende ($\xi = 0$)[3]) den Randbedingungen $y = 0$ und $dy/d\xi = 0$; an ihrem freien Ende ($\xi = 1$) ist zwar kein Biegungsmoment $\mathfrak{M}$, aber eine Zunahme $d\mathfrak{M}/dx$ des Biegungsmoments vorhanden, die im Falle des Gleichlaufs gleich dem auf die Längeneinheit der Welle entfallenden Kreiselmoment wi Daher hat man für $\xi = 1$ die weiteren Randbedingunge

$$\frac{d^2 y}{d\xi^2} = 0\,, \qquad \frac{d^3 y}{d\xi^3} = \left(\frac{\alpha}{\pi\,\beta}\right)^2 \frac{dy}{d\xi} \equiv \pi^2 (\sigma^2 - \tau^2) \frac{dy}{d\xi}\,,$$

falls man auf die Bedeutung der Größen $\alpha$, $\beta$, $\sigma$, $\tau$ ach

Diese vier Randbedingungen führen auf die Gleichu

$$2\,\sigma^2\,\tau^2 + (\sigma^4 + \tau^4)\,\mathfrak{Cof}\,\pi\,\sigma\cos\pi\,\tau + \sigma\,\tau\,(\sigma^2 - \tau^2)\,\mathfrak{Sin}\,\pi\sigma\sin\pi\,\tau =$$

die in einem $\sigma\tau$-System das Bild der annähernd waa recht verlaufenden Kurven $IV_1$, $IV_2$ usw., Abb. 1, lief Fügt man wieder die $\beta$-Kurvenschar hinzu (wo $\beta$ das V hältnis der vierfachen Wellenlänge zum Scheibenumfa ist), so geben die Schnittpunkte der jeweiligen $\beta$-Ku mit den Zweigen der Kurve $IV$ die kritischen Drehzah in der früher geschilderten Weise.

Nach Abb. 1 hat die fliegende Welle im Gleichl keine oder eine oder zwei usw. kritische Drehzahlen, w die achtfache Wellenlänge höchstens gleich dem ein- o drei- oder fünffachen usw. Scheibenumfang ist; im Geg lauf hat sie (wie die beiderseits gelagerte Welle) s kritische Drehzahlen jeder Ordnung.

Schließlich erhebt sich auch bei der fliegenden W noch die Frage, wie die kritischen Drehzahlen s ändern, wenn entweder die Wellenlänge o die Scheibengröße verändert wird. Man fin an Hand der früheren Überlegungen leicht folgende Ergebnis:

Mit abnehmender Länge der fliegen Welle steigen bei gleichbleibenden Abmess gen und Maßen der Scheiben die kritisch Drehzahlen jeder Ordnung im Gleichlauf; Gegenlauf gilt dasselbe. Mit Vergrößer der Scheiben bei gleichbleibender Länge fliegenden Welle sinken oder steigen die tischen Drehzahlen jeder Ordnung $n$ Gleichlauf, je nachdem das Verhältnis $\beta$ vierfachen Wellenlänge zum Scheibenumf kleiner oder größer als ein zu dieser Ordn gehöriger Parameter $\beta_n$ ist, wobei

$$\beta_1 = 0{,}95, \qquad \beta_2 = 2{,}45, \qquad \beta_3 = 4{,}21$$

(vergl. die Punkte mit Doppelringen Abb. 1); im Gegenlauf sinken sie unter gleichen Umständen stets.

Stuttgart *R. Gramme*

[1]) Z. Bd. 64 (1920) S. 911.
[2]) Nach einer freundlichen Mitteilung von *Dr. K. Karas*.
[3]) Wegen der Bedeutung der Zeichen sei auf die frühere Arbeit hingewiesen.

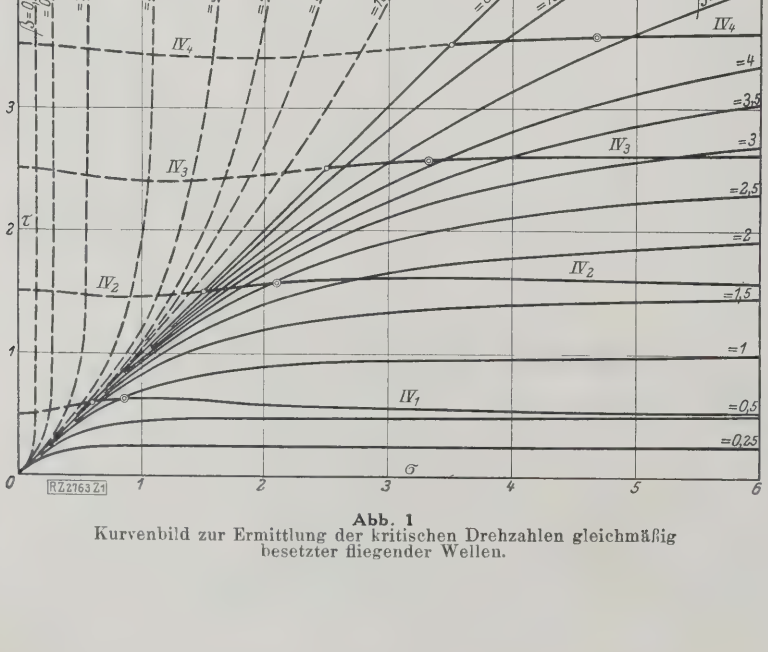



**Abb. 1**
Kurvenbild zur Ermittlung der kritischen Drehzahlen gleichmäßig besetzter fliegender Wellen.

[4]) Der früher von mir mit IV bezeichnete Son fall, der zu den Randbedingungen $y' = y'' = 0$ $\xi = 1$ gehört, läßt sich praktisch nur schwer verw lichen: er entspräche einer Welle, die an einem E eingespannt ist, am andern Ende aber in einem alls nachgiebigen Lager ruht, dessen Nachgiebigkeit zu von der Schrägstellung abhinge.

# Die Verwertung von Zellpech in Staubfeuerungen

*Von Dr. Dr.-Ing. P. KREBS, Berlin-Lichterfelde*

*Die Ablauge aus Sulfit-Zellstoffwerken kann nur in beschränktem Umfange gewerblich verwertet werden. Da es in vielen Gebieten Deutschlands durch gewerbepolizeiliche Vorschriften verboten ist, die Lauge in Flußläufe abzulassen, empfiehlt es sich, sie zu Zellpechpulver zu verarbeiten und als Brennstoff für Staubfeuerungen zu verwerten. Verfahren und Einrichtungen zur Herstellung, Förderung und Verfeuerung von Zellpech. Betriebsergebnisse einer ausgeführten Anlage.*

Für Zellstoffwerke, die nach dem Sulfitverfahren arbeiten, ist die wirtschaftliche Verwertung der Ablauge eine bekannte Sorge. In der Regel wird die Sulfitlauge auf 28 bis 35 ° Bé eingedickt und an die weiterverarbeitende chemische Industrie geliefert. Die Möglichkeiten der Verwendung sind jedoch beschränkt, so daß kein laufender Absatz für die Dicklauge gesichert ist. Man hat versucht, mit Hilfe von Adsorptionskohle aus Dicklauge und Holzspänen unter Erhitzung und rd. 10 at Überdruck Kohle herzustellen, die man im eigenen Betrieb zur Dampferzeugung verwenden kann[1]). Nach seinem heutigen Stand beansprucht dieses Verfahren noch recht umfangreiche Anlagen, die die Wirtschaftlichkeit der Verarbeitung in Frage stellen. Gewisse Mengen an Sulfitlauge können an Gerbereien abgesetzt werden. In größerem Umfange wird in den trockenen Jahreszeiten Sulfitlauge zum Binden des Straßenstaubes verwandt.

Wenn auf diesen Wegen die lästige Lauge nicht beseitigt werden konnte, so blieb nur die Möglichkeit, sie in die Wasserläufe abzulassen. Durch gewerbepolizeiliche Vorschriften über die Reinhaltung von Flüssen, die diese Form der Laugenbeseitigung nur noch innerhalb einer bestimmten Frist zulassen, ist in Zukunft auch dieser Weg zur Beseitigung der Lauge abgeschnitten. Solange die chemische Industrie noch keine Mittel gefunden hat, um die Bestandteile der Lauge nutzbringend weiterzuverarbeiten, handelt es sich also darum, die Lauge in irgendeiner Form und ohne Aufwand größerer Mittel zu vernichten.

Man hat auch schon versucht, die sirupartig eingedickte Lauge durch Düsen auf Rostfeuerungen zu spritzen. Das Verfahren ist technisch durchführbar. Schädigungen des Kesselkörpers, die man aus der Entwicklung schwefliger Säure befürchtete, sind auch bei längerem Betrieb nicht aufgetreten. Das Verfahren eignet sich aber nur für kleine Mengen von Dicklauge. Eine glücklichere Lösung ist die Verbrennung der festen Bestandteile der Lauge in Staubform. Wird die eingedickte Lauge getrocknet, so bleiben die festen Bestandteile als leichtes Pulver zurück, das sich ebenso wie Kohlenstaub nach dem Emulsionsverfahren durch Rohrleitungen fördern und in ausreichend bemessenen Feuerräumen in der Schwebe verbrennen läßt.

[1]) *C. G. Schwalbe*, Naßverkohlung von Holz- und Sulfitzellstoff-Ablauge, „Die Wärme" Bd. 51 (1928) Nr. 52.

### Eindicken der Lauge

Die Herstellung dieses Zellpechpulvers aus Dicklauge bedingt weniger umfangreiche Anlagen, als ohnehin zur Herstellung der Dicklauge erforderlich sind, Abb. 1. Die Dünnlauge enthält bei 7 ° Bé etwa 10 vH feste Bestandteile. Sie wird in Verdampfern zu Dicklauge mit rd. 40 vH Wassergehalt, entsprechend 37 ° Bé, eingedampft und auf Trommeln bis auf rd. 5 vH Wassergehalt getrocknet. Das Ergebnis ist pulverförmiges Zellpech, dessen unterer Heizwert 3500 bis 4000 kcal/kg beträgt.

Der wirtschaftlichste Weg zum Eindampfen der Dünnlauge ist die Brüdenverdichtung[2]). Hierbei werden die Brüden, die beim Eindampfen entweichen, in Strahlgebläsen verdichtet und in den gleichen Verdampfer zurückgedrückt. Sie geben dabei ihre Verdampfwärme ab und verlassen die Anlage als Kondensat. Die Wärme des Kondensats wird in einem Vorwärmer zum Anwärmen der Dünnlauge ausgenutzt. Das Wesentliche ist, daß die Brüden, die aus dem Verdampfer entweichen, wieder zum Heizen nutzbar werden, indem man sie auf höheren Druck und höhere Temperatur bringt.

Lauge und Heizmittel nehmen folgende Wege: Die Dünnlauge fließt in den Vorwärmer und von hier zunächst in den ersten Verdampfer. Die Brüden werden teilweise vom Strahlgebläse abgesaugt, das durch Frischdampf betrieben wird. Vom Strahlgebläse gelangen sie mit dem Frischdampf in die Heizschlangen des Verdampfers. Das Kondensat gibt seine letzte Wärme im Vorwärmer ab. Eine solche Anlage setzt sich aus mehreren Verdampferstufen zusammen. In immer stärkerer Konzentration gelangt die Lauge nacheinander durch die Verdamfer, bis eine Pumpe sie als Dicklauge zur Trockenanlage schafft. Die Brüden des einen Verdampfers werden zum Heizen des nachgeschalteten Verdampfers ausgenutzt.

Als Baustoff für die Eindampfanlage kommt nur Kupfer in Frage, da die Säuren, die in der Sulfitablauge enthalten sind, jeden andern im Apparatebau gebräuchlichen Werkstoff zerstören würden. Statt des Strahlgebläses kann man auch einen Turbokompressor verwenden. Das Strahlgebläse wird aber bevorzugt, weil es im Bau und in der Bedienung einfacher und gegen saure

[2]) Vergl. *Wirth*, Z. Bd. 65 (1921) S. 1183; Bd. 66 (1922) S. 160; *v. Laßberg*, Z. Bd. 71 (1927) S. 585; „Der Papier-Fabrikant" Bd. 24 (1926) S. 58; *Oetken*, „Archiv für Wärmewirtschaft" Bd. 6 (1925) S. 303.

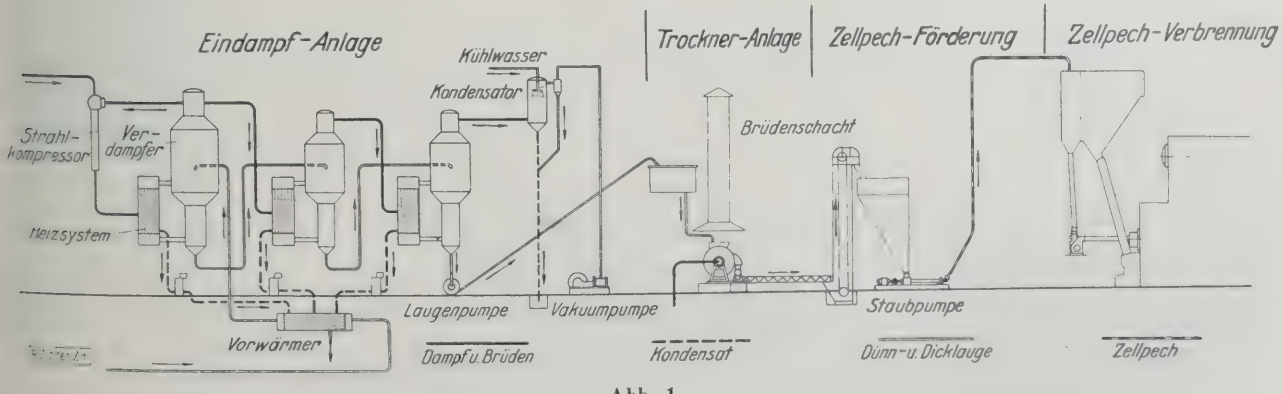



Abb. 1
Schema einer Anlage zur Herstellung, Förderung und Verbrennung von Zellpechpulver.

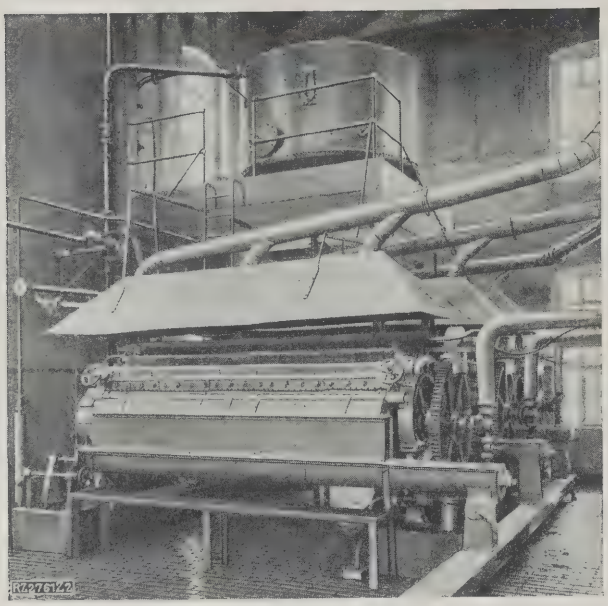


Abb. 2
Trockner zur Herstellung von Zellpechpulver aus Dicklauge.

Brüden weniger empfindlich ist. Die Krustenbildung an der Heizfläche wird durch elektrische Schutzeinrichtungen bekämpft.

### Weiterverarbeiten der Dicklauge

Zur weiteren Verarbeitung der Dicklauge dienen Walzentrockner, die mit Dampf von 2 bis 5 at beheizt werden. Eine Auftragwalze verteilt die Sulfitlauge in gleichmäßiger dünner Schicht außen auf dem Mantel der Trockenwalze, Abb. 2. Während einer Umdrehung der Trockenwalze, also in wenigen Sekunden, ist die Trocknung beendet. Das Zellpech wird durch Messer abgelöst, fällt in eine Sammelmulde und kann mittels Förderschnecke und Becherwerk in einen Behälter geschafft werden. Von dort wird es durch die bekannten Kohlenstaubpumpen unter Zusatz geringer Mengen von Druckluft über Rohrleitungen auf beliebige Feuerstellen verteilt.

Eine Probe von Zellpech, das in dieser Art gewonnen wurde, hatte ein Schüttgewicht von 0,22 g/cm³ und enthielt 8,31 vH Feuchtigkeit und 10,19 vH Asche. Der obere Heizwert betrug 3950, der untere 3565 kcal/kg. Die Siebprobe ergab:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 9,30 vH | Rückstand auf | 900-Maschen-Sieb | |
| 18,70 „ | „ | „ 2500 | „ |
| 43,30 „ | „ | „ 4900 | „ |
| 1,60 „ | „ | „ 6400 | „ |
| 27,00 „ | Durchgang durch | 6400-Maschen-Sieb | |
| 99,90 vH. | | | |

Bis 100 °C ist kein Zusammenbacken des lose geschütteten Zellpechpulvers festzustellen. Unter Druck läßt es sich etwa wie feuchter Sand zusammenballen. Bei 150 ° beginnt das Pulver, sich zu zersetzen und teerige Bestandteile abzuscheiden. Kommt das trockene Zellpechpulver, Abb. 3, mit Wasser in Berührung oder lagert es längere Zeit in feuchter Luft, so wird es schwarz und klebrig und erstarrt schnell zu einer pechähnlichen Masse. Abb. 4.

### Förder- und Verbrennungsversuch

Um das Verhalten des Zellpechpulvers bei der Förderung und Verbrennung in Staubform zu untersuchen und insbesondre festzustellen, ob und in welchem Umfang seine Neigung zum Zusammenballen Einfluß auf die Fortleitung und Zuteilung ausübt, hat die AEG einen Förder- und Verbrennungsversuch durchgeführt. Das Zellpechpulver wurde über eine Strecke von 130 m im Kreislauf durch eine Rohrleitung gepumpt. Zum Fördern von 2,2 t/h Staub wurden 180 m³/h Luft von 0,4 bis 0,8 at Überdruck verbraucht. Der Stromverbrauch betrug 8 kWh. Vor und nach jeder Förderung muß man die Rohrleitung scharf ausblasen. Es empfiehlt sich außerdem, die Rohrleitung zu isolieren, damit das Zellpechpulver nicht klebrig werden kann.

Bei dem Verbrennungsversuch wurden durch eine Schauluke in der Seitenwand eines 200 m²-Schrägrohrkessels 330 kg/h Zellpechpulver über einen Rost geblasen. Dabei wurde darauf geachtet, daß das Pulver in der Schwebe verbrannte. Wird es auf den Rost geschüttet oder fällt es zusammengeballt auf die Brennstoffschicht, so brennt es nicht, sondern schwelt. In der Schwebe verbrennt das Pulver einwandfrei.

### Bau einer Betriebsanlage

Auf Grund des günstigen Ergebnisses der Versuche führte die AEG in der Zellstoffabrik Gröditz von Kübler & Niethammer eine Betriebsanlage zum Fördern und Verfeuern von Zellpech aus. Das Zellpechpulver wurde in einer Anlage nach dem obenstehenden Plan hergestellt. Die Einrichtung zur Gewinnung des Zellpechpulvers wurde von Max Oschatz in Dresden geliefert. Die Kesselanlage, in die die Feuerung eingebaut wurde, besteht aus zwei Schrägrohrkesseln von je 300 m² Heizfläche, die unter folgenden Bedingungen arbeiten:

| | |
|---|---|
| Brennstoff | Briketts mit 4800 kcal/kg unterem Heizwert, |
| Rostfläche | 9,5 m², |
| Rostbelastung | 130 bis 150 kg/m²h, |
| Brennstoffverbrauch | 1,25 /th, |
| Dampfüberdruck | 12 at, |
| Dampftemperatur | 300 bis 310 °, |
| Speisewassertemperatur | |
| vor Rauchgasvorwärmer | 70 °, |
| hinter „ | 110 °, |
| Abgastemperatur | |
| vor Rauchgasvorwärmer | 300 °, |
| hinter „ | 200 °, |
| Dampferzeugung | 6,5 t/h, |
| Heizflächenbelastung | 21,5 kg/m²h |
| Zugstärke | 10 mm W.-S., |
| Feuerraumtemperatur vor den Rohren | 1250 bis 1300 °, |
| $CO_2$-Gehalt der Rauchgase | 10 bis 11 vH. |

Das Zellpechpulver wird aus dem Sammelbunker der Trockenanlage mittels einer Staubpumpe in einen Vorratbehälter im Kesselhaus gefördert und von einem Staubzuteiler in den Feuerraum aufgegeben, Abb. 5. Zum Einblasen des Pulvers über den Rost wurden in dem aufwärts gerichteten Bogen des Zündgewölbes Düsen eingebaut, Abb. 6. Die Lage des Rostes gegenüber dem Kessel war für Staubfeuerung nicht günstig, da für die Entwicklung der Staubflamme kein ausreichender Raum zur Verfügung stand. Der leichte Zellpechstaub wurde vom Kesselzug fortgerissen, so daß eine Nachverbrennung in den Rohren stattfand. Außerdem bildete sich in

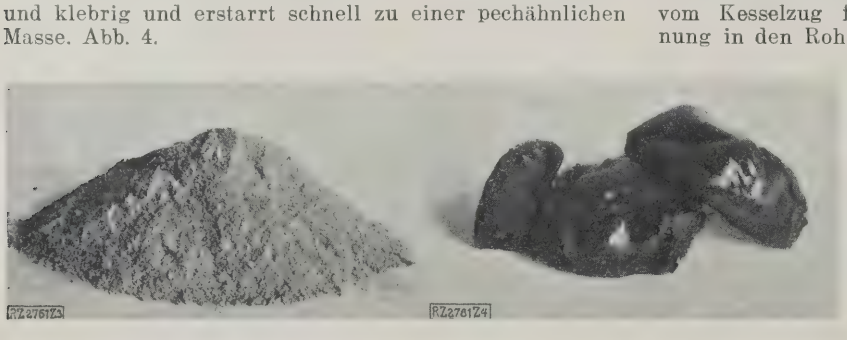


Abb. 3 und 4
Links: lockeres, trockenes Zellpechpulver; rechts: infolge Wasserzusatz zu einer pechähnlichen, schwarz glänzenden Masse erstarrt.

n unteren Rohrreihen ein fester Ansatz. An den Kessel-
ıren entstanden Ausbeulungen, die den Betrieb ge-
ırdeten.

Zunächst vermutete man, daß die Aschen des Zell-
:hpulvers und der Briketts eine Verbindung eingingen,
den harten Belag auf den Rohren bildete. Ähnliche
scheinungen hatte man beim Verfeuern von Braun-
hlenstaub beobachtet, dessen Asche bestimmte Salze
thält. Die chemische Untersuchung der Asche ergab
er für diese Vermutung keinen Anhalt. Man ver-
chte daher die Schwierigkeiten dadurch zu beheben,
ß man dem Zellpechpulver einen längeren Weg gab,
ı den Ausbrand zu verbessern, Abb. 7. Die Düsen wur-
n fächerartig ausgebildet und in das vordere Ende des
ndgewölbes so eingeführt, daß sie das Zellpechpulver
breiter, aber dünner Schicht auf die beiden Rostbahnen
rteilten. Die Flachdüsen sind etwa 300 mm breit. Ihre
ündungen wurden mit Aluminium überzogen. Außerdem
rhindern Absperrschieber, daß die Düsen durch die
ckstrahlende Wärme der Rostfeuerung erhitzt wer-
n, wenn die Zusatzfeuerung nicht im Betrieb ist.
m so umgebauten Kessel wurden gelegentlich eines
triebsversuches 262 kg/h Zellpechpulver zugeführt.
ırch den Staubzusatz wurde die Temperatur des Feuer-
ums um 100° auf etwa 1300° erhöht. Schon die ge-
ngfügige Verlängerung des Brennweges hat die ur-
rünglich beobachteten Schwierigkeiten vollkommen be-
itigt.

Beim Umbau oder Neubau einer Kesselanlage auf
ısatzfeuerung für Zellpechpulver sollte nach Möglich-
it ein größerer Raum zwischen Rost und erster Kessel-
hrreihe vorgesehen werden, in dem das Zellpechpulver
t ausbrennen kann. Bei freier Gestaltung des Feuer-
ums läßt sich so eine Zusatzfeuerung schaffen, die
cht nur eine wirtschaftliche Verwertung des Zellpech-
lvers ermöglicht, sondern auch dem Kesselbetrieb eine
ößere Elastizität verleiht, s. Abb. 8. Für die Lagerung
s Zellpechs kann ein Raum in vorhandenen Bunkern
geteilt werden. Falls die Roste ausgezogen werden
üssen, können die Staubzuteiler auf einer Bühne auf-
stellt werden. Für die Zuführung des Zellpechs in
n Feuerraum wären Wirbelbrenner in der Stirnwand
s Feuerraums zu empfehlen; durch inniges Mischen
s Brennstoffs mit der Verbrennungsluft erreicht man
nn, daß der Brennstoff auf sehr kurzem Wege aus-
rennt. Bei neuzeitlichen Treppenrostfeuerungen mit
ichlich bemessenen Feuerräumen kann man bei ge-
hickter Zuführung des Zellpechpulvers durch seitlich
der in den Einbauten angeordnete Düsen einen Umbau
s Feuerraums unter Umständen vermeiden.

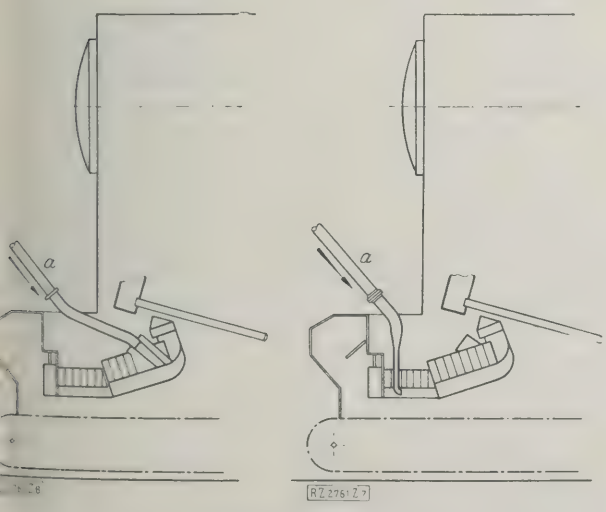



**Abb. 6 und 7**
**Zellpechzusatzfeuerung an einem Kessel älterer Bauart mit niedrigem Verbrennungsraum.**
*a* Zellpechzufuhr

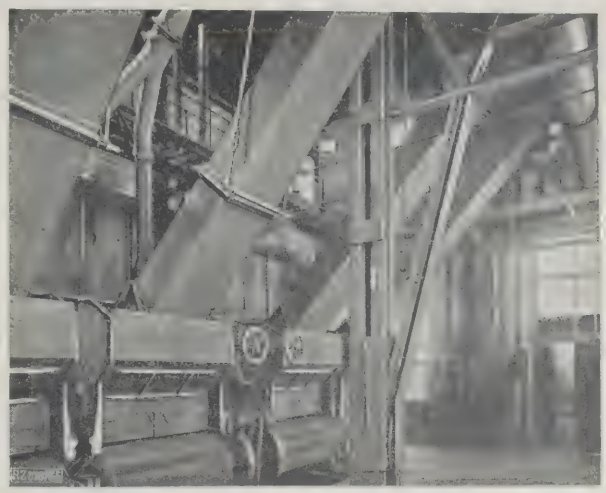


**Abb. 5**
Wanderroste mit Zellpech-Zusatzfeuerung. Oben rechts auf der Bühne der Staubzuteiler. Links zwischen den Kohlenschurren ein gegabeltes Rohr zur Verteilung des Gemisches von Zellpechpulver und Erstluft auf die Rostbahnen.

### Wirtschaftlichkeit des Verfahrens

In einer Zellstoffabrik mögen jährlich 5000 t Zellpech gewonnen werden. Bei einem unteren Heizwert von 3500 bis 4000 kcal/kg kann 1 kg Zellpech etwa 4 kg Dampf erzeugen. 5000 t Zellpech ergeben demnach 20 000 t Dampf, die bei einem Preis von 4 ℳ/t einen Wert von 80 000 ℳ darstellen.

Die Aufwendungen für die Zellpechfeuerung setzen sich folgendermaßen zusammen:

Anschaffungskosten

| | |
|---|---|
| Trockenanlage . . . . . | 70 000 ℳ |
| Förderung und Feuerung . . . . . | 35 000 „ |
| Gebäude und Fundamente für die Trockenanlage . . . . . | 45 000 „ |
| | 150 000 ℳ |

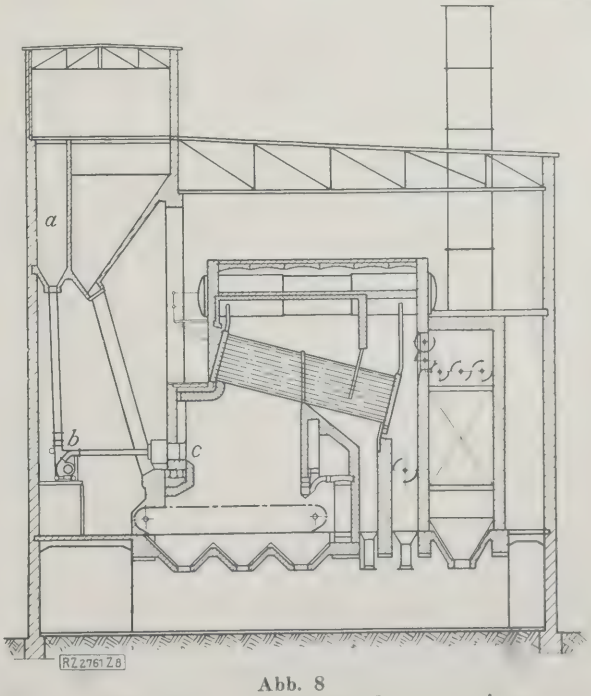



**Abb. 8**
Zusatzfeuerung für Zellpechpulver an einem Kessel neuer Bauart mit hohem Feuerraum.
*a* eigener Bunker für das Zellpechpulver
*b* Staubzuteiler *c* Wirbelbrenner in der Kesselstirnwand oberhalb des Rostgewölbes.

Jährliche Betriebskosten

| | |
|---|---|
| 1. Kraftverbrauch für den Antrieb der Trockner, der Förderanlage und der Zuteiler, $25 \times 24 \times 300 = 180\,000$ kWh zu 0,04 ℳ = . . . . . | 7 200 ℳ |
| 2. Frischdampf zum Trocknen des Zellpechs von 40 auf 5 vH Wassergehalt bei Aufwand von 1,6 t Frischdampf für 1 t Wasser und einem Dampfpreis von 4 ℳ/t $1{,}6 \times 0{,}37 \times 5000 \times \frac{0{,}95}{0{,}60} \times 4$ . . . . . | 18 750 „ |
| 3. Löhne und Betriebsmittel für Trocknung und Förderung . . . . . | 5 000 „ |
| 4. 20 vH Abschreibung und Verzinsung für Trocknung, Förderung und Feuerung . . | 21 000 „ |
| 12 vH Abschreibung und Verzinsung für Gebäude . . . . . | 5 400 „ |
| | 57 350 ℳ |

Der Wert des erzeugten Dampfes von jährlich 80 000 ℳ ergibt gegenüber dem jährlichen Aufwand von 57 350 ℳ einen Gewinn von 22 650 ℳ, der als Ersparnis auf dem Brennstoffkonto erscheint. Die Rechnung ergibt sogar noch dann einen Gewinn, wenn man auch die Eindampfanlage, die auch bei anderweitiger Verwertung der Lauge fast durchweg erforderlich wird, in die Rechnung einbezieht. Selbst wenn dieser Gewinn dadurch aufgezehrt würde, daß die Anlage bei vorübergehend günstigerem Absatz der Dicklauge nicht vollkommen ausgenutzt wird, schafft das Verfahren doch einen Weg für die Zellstoffwerke, sich von der Absatzmöglichkeit für die Dicklauge unabhängig zu machen und die großen Mengen des Abfallstoffs in einer Weise zu vernichten, die wirtschaftlich gerechtfertigt ist. [B 2761]

## Elektrische Arbeit in der amerikanischen Landwirtschaft

In der Elektrotechnischen Zeitschrift[1]) hat Dipl.-Ing. *J. Reutter* Angaben über die Stromversorgung der amerikanischen Landwirtschaft veröffentlicht, und zwar über den jetzigen Stand der Versorgung des flachen Landes und über die zur Zeit in die Wege geleiteten Maßnahmen zur Steigerung der Anschlußbewegung; er erwähnt die zahlreichen Anwendungsgebiete elektrischer Energie in der Landwirtschaft sowie die Stromtarife und gibt zum Schluß auch eine Gegenüberstellung der Kosten bei Anwendung der Elektrizität und andrer Energiearten.

Die Elektrisierung der Landwirtschaft in den Vereinigten Staaten befindet sich noch in den Anfängen. Nach einer Umfrage im Jahre 1923 hatten von rd. 6 Mill. Farmen erst 165 000 Anschluß für Licht und Kraft. Eine Zählung im Jahre 1927 ergab, daß diese Zahl auf 227 500 angewachsen war. Es kann geschätzt werden, daß im Jahre 1932 ungefähr 1 Mill. und bei gleichbleibender Anschlußbewegung im Jahre 1938 etwa 3 Mill. Farmen angeschlossen sein werden. Das wäre erst die Hälfte aller vorhandenen Wirtschaften. Zu erwarten ist jedoch ein schnellerer Ausbau.

Die für eine Überlandversorgung erforderlichen Kapitalien sind bei den großen Entfernungen naturgemäß sehr hoch. Sie können für 1 Mill. Farmen auf ungefähr 1260 Mill. $ geschätzt werden, wobei eine durchschnittliche Dichte von 3 Farmen je Meile (1,609 km) Leitungslänge angenommen wird. Trotzdem glauben die amerikanischen Elektrizitätswerke auf ihre Kosten zu kommen, da die Einnahmen sich erfahrungsgemäß durch den fortschreitenden Ausbau der elektrischen Anlagen steigern und die Anwendungsmöglichkeiten der Elektrizität in der Landwirtschaft gerade in der letzten Zeit außerordentlich zugenommen haben. Als jetzige durchschnittliche Einnahme je Farm wird der Betrag von 80 bis 100 $ angegeben. Gerechnet wird mit einer Steigerung bis auf mindestens 200 $ je Farm, so daß bei 6 Mill. Farmen der Stromverkauf die Summe von 1,2 Milliarden $ erreichen kann.

[1]) ETZ Bd. 49 (1928) S. 1841.

Um die Rentabilität des Anschlusses auch am Anfang zu sichern, muß der Stromabnehmer einen Mindestanschlußwert von je 10 kW je Meile auf eine bestimmte Anzahl Jahre gewährleisten. Für die Bestimmung des Anschlußwertes werden nicht die Einzelanschlußwerte von Motoren, Geräten usw. zugrunde gelegt, sondern nach einem bestimmten Schema nur Hundertteile davon. Hervorgehoben werden die Anwendung der Elektrizität zum Kochen, wobei als selbstverständliches Hilfsmittel die Warmwasserspeicherung in der Nacht angesehen wird, sowie für den Betrieb von Entwässerungs- und künstlichen Beregnungsanlagen und für Kühlschränke und Eismaschinen.

Als unbedingte Notwendigkeit wird die Stromversorgung der amerikanischen Landwirtschaft aus dem Grunde angesehen, weil, wie bekannt, in Amerika große Schwierigkeiten durch das Fehlen ausreichender Arbeitskräfte, besonders in der Landwirtschaft, bestehen, ganz abgesehen davon, daß diese viel teurer als in andern Ländern sind. Eine gemeinsame Körperschaft aus Regierung, Behörden und Gemeinden ist geschaffen worden mit der Aufgabe, durch schriftliche Werbung, Vorträge, Berichte usw. die Anwendung der Elektrizität in der Landwirtschaft zu fördern. Außerdem sind Musterfarmen an verschiedenen Stellen des Landes errichtet worden. In ungefähr 20 Staaten sind Versuchsanstalten im Betriebe, in denen die Anwendung elektrischer Arbeit für landwirtschaftliche Zwecke vorgeführt wird. An den Kosten für alle diese Veranstaltungen beteiligt sich ebenfalls der Staat. Die Elektrizitätsgesellschaften sorgen auch ihrerseits für entsprechende Aufklärung in erster Linie durch persönliche Fühlungnahme. Es werden sogar Kurse bis zu vier Monaten Dauer abgehalten, um „Farm-Elektroingenieure“ auszubilden.

Gut ausgebildet ist die Beratung der Abnehmer, die sich auf alle Einzelheiten erstreckt: es werden nicht nur die Ausführung der Installationen beaufsichtigt, sondern auch beim Ankauf und der Auswahl der Geräte Ratschläge erteilt, die Preise überwacht und in Zusammenarbeit mit den Firmen auf Verbesserung und Ausgestaltung der Herstellung elektrischer Geräte hingewirkt.

Als Grundlage für die erfolgreiche Einführung der Elektrizität in der Landwirtschaft ist naturgemäß ein entsprechender Tarif anzusehen. Die meisten Elektrizitätsgesellschaften haben Grundgebührentarife. Als eine übliche Form der Grundgebühr wird die nachfolgende bezeichnet:

| | Gruppe A Über 15 und nicht mehr als 20 Abnehmer je Meile | Gruppe B Über 10 und nicht mehr als 15 Abnehmer je Meile | Gruppe C Über 5 und nicht mehr als 10 Abnehmer je Meile | Gruppe 5 Abnehmer oder weniger Meile |
|---|---|---|---|---|
| | Monatliche Zustellungs- oder Grundgebühr in $ | | | |
| Erstes Kilowatt der vertraglich festgelegten Mindestleistung . . . . . | 1,75 | 2,25 | 3,00 | 4,00 |
| Jedes weitere Kilowatt oder ein Bruchteil der vertraglich festgelegten Mindestleistung . . | 1,50 | 1,50 | 1,50 | 1,50 |

Der Arbeitspreis je kWh beträgt bei einem Monatsverbrauch

bis 50 kWh . . . . . 5 c,
bei 50 bis 1000 kWh . . . . . 3 c,
für mehr als 1000 kWh . . . . . 2 c.
(1 c = 4,2 Pf.)

Da die Grundgebühr sich nach der Anschlußdichte richtet, würden die Einnahmen außerordentlich steigen, wenn allmählich neue Anschlüsse nach demselben Tarif hinzukommen. Es werden daher am 1. Januar jeden Jahres die neuen Tarife entsprechend der neuen Anschlußdichte festgesetzt, ein Verfahren, das in Deutschland nicht üblich ist, in Amerika aber gute Erfolge bringt.

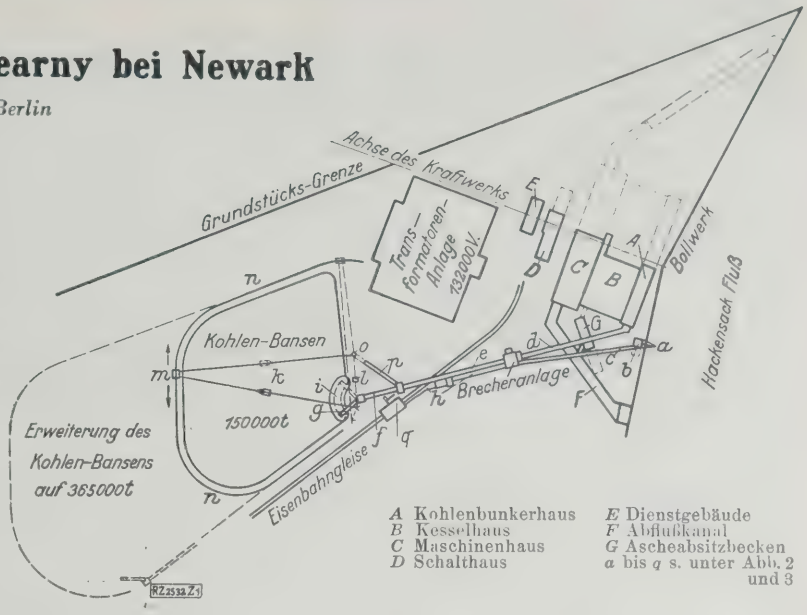
Aus dem allgemeinen Interesse, das der Einführung der Elektrizität in der Landwirtschaft in Amerika entgegengebracht wird, kann gefolgert werden, daß „die Frage bald nationalen Charakter annehmen wird“. Dann wird das bisherige verhältnismäßig langsame Vorwärtsschreiten der Elektrisierung sicher bedeutende Fortschritte machen und auch die amerikanische Landwirtschaft in verhältnismäßig kurzer Zeit sich die Vorteile der Elektrizitätsanwendung voll zunutze gemacht haben. [N 2786]

Berlin *W. Kirstein*

# Der Bau des Kraftwerks Kearny bei Newark

Von Reg.-Baumeister Dr.-Ing. H. GRIESEL, Berlin

*Von den großen, auf der Kohle begründeten Kraftwerken, die in den letzten Jahren in den Vereinigten Staaten von Amerika gebaut worden sind, ist das der Public Service Corp. of New Jersey gehörige Kraftwerk Kearny eines der bedeutendsten[1]). Es soll den rasch steigenden Bedarf an elektrischer Energie sicherstellen, den die durch den Bau des Holland-Tunnels unter stärkeren Einfluß der Stadt New York gekommenen und daher im schnellsten Aufblühen befindlichen Wohn- und Industriegebiete westlich des Hudsons im Staate New Jersey haben.*




*A* Kohlenbunkerhaus *E* Dienstgebäude
*B* Kesselhaus *F* Abflußkanal
*C* Maschinenhaus *G* Ascheabsitzbecken
*D* Schalthaus *a* bis *q* s. unter Abb. 2 und 3

Abb. 1
Lageplan und Grundrißanordnung der gesamten Anlage.

## Die bauliche Anordnung

Der erste Ausbau des Kraftwerks für 205 000 kVA ist in den letzten Jahren durchgeführt und in Betrieb genommen worden; der zweite und endgültige Ausbau soll die Gesamtleistung auf 410 000 kVA bringen.

Als Standort des Kraftwerkes wurde ein sumpfiges Wiesengelände ungefähr in der Mitte zwischen den Städten Newark und Jersey City von rd. 40 ha gewählt. Das Kraftwerk liegt zwischen den beiden zugehörigen Kraftwerken Essex und Marion und wird in Verbindung mit ihnen nach seinem späteren vollkommenen Ausbau das wichtigste Glied der Kraftwerkanlagen der obengenannten Gesellschaft in diesem Bezirk von New Jersey sein. Da es einerseits an den großen Eisenbahnverbindungen der Pennsylvania-Railroad-Co. von New York nach Pennsylvania und anderseits an dem schiffbaren Hackensackfluß dicht an seiner Mündung in die nördliche Newark-Bucht liegt, hat es ausgezeichneten Eisenbahn- und Wasseranschluß.

Die Gebäude des ersten Ausbaues, Abb. 1, nehmen etwa 1,53 ha und nach dem endgültigen Ausbau rd. 2,4 ha der Geländefläche ein, von der ungefähr ein Drittel für die Kohlenstapelung eingerichtet wird, damit man später im Bedarfsfalle die Möglichkeit hat, einen Kohlenbansen von 365 000 t anzulegen und zu betreiben. Die jetzt im Betrieb befindliche Förderanlage für die Kohlenhandhabung bedeckt rd. 3300 m² und später ungefähr 6000 m².

Die Reihenfolge der Gebäude von der Flußseite geschen ist: Kohlenbunkerhaus, Kesselhaus, Maschinenhaus, Schalthaus, Dienstgebäude und Transformatorenanlage für 132 000 V, s. Abb. 1, in logischer Reihenfolge der einzelnen Umwandlungsstufen der Energie des Brennstoffes in die fortzuleitende elektrische Energie. Mehr dem bautechnischen Standpunkt würde es entsprochen haben, das Maschinenhaus unmittelbar an den Fluß zu legen, um die Zu- und Abflußleitungen für das Kondensationskühlwasser möglichst kurz zu halten; da es aber wirtschaftlicher ist, die Kohlen auf dem Wasserweg und nur in Ausnahmefällen mit der Eisenbahn heranzubringen, führte die betriebswirtschaftliche Überlegung dazu, das Kohlenbunkerhaus parallel und dicht an das Flußufer zu legen, und damit war auch die Lage der andern Gebäude im allgemeinen bestimmt. Ein weiterer und ebenso wichtiger Grund für die gewählte Anordnung bestand darin, daß man die Zuleitungskanäle für das Kühlwasser zwischen den Gründungen des Kohlenbunker- und Kesselhauses hindurchführen wollte, um die hierfür erforderlichen baulichen Anlagen möglichst einfach in der Ausführung halten zu können.

[1]) Die hier verwendeten Unterlagen erhielt ich von der Public Service Prod. Co., die die Anlage entworfen und gebaut hat und durch deren dankenswertes Entgegenkommen ich sie während der Bauausführungen und nach der Fertigstellung eingehend kennen lernte.

## Betriebliche Einrichtungen

### Die Kohlenanlage

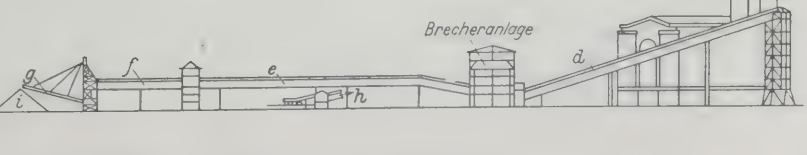
Die auf dem Hackensackfluß in Prahmen ankommenden Kohlen werden durch einen Greifer *a* in das Silo *b* gehoben, Abb. 2, und gelangen von dort auf dem Band *c* zur Brecheranlage. Nachdem sie hier zerkleinert ist, fördert sie entweder das Band *d* in das Kohlenbunkerhaus, oder die Bänder *e*, *f* und *g*, Abb. 3, zunächst zur Lagerung nach dem Kohlenbansen.

Die mit der Eisenbahn eintreffenden Kohlen werden auf der überdachten Entladerampe *q* aus den Eisenbahnwagen mit Bodenentleerung in die hier unter den beiden Eisenbahngleisen befindlichen Bunker entladen, von wo sie über die Bänder *h* nach der Brecheranlage kommen und dann nach dem Kohlenbunkerhaus oder -bansen weitergehen.

Alle über das schwenkbare Band *g* am Kohlenbansen ankommenden Kohlen fallen bei *i* ab und werden dort von der Schleppschaufel *k* erfaßt, um auf dem Kohlenbansen gleichmäßig verteilt und, falls erforderlich, bis zu 4,60 m Höhe aufgestapelt zu werden. Als Zugorgan für die Schleppschaufel dient ein Drahtseilzug, der jenseits der Antriebmaschine *l* über einen vierrädrigen Führungswagen *m* als Festpunkt und zum seitlichen Verfahren

Abb. 2
Band *c* mit Kohlenförder- und -brecheranlage.

Abb. 3
Führung der Bänder *d* - *e* - *f* - *g*.




Buchstabenerklärung zu Abb. 1 bis 3
*a* Greifer *b* Silo *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h* Förderbänder *i* Kohlenabwurfstelle *k* Schleppschaufel *l* Antriebmaschine
*m* vierrädriger Führungswagen *n* Gleis *o* Fülltrichter *p* Förderband *q* Eisenbahn-Entladerampe

läuft, um die ganze Fläche des Kohlenbansens mit der Schleppschaufel bestreichen zu können. Der Führungswagen fährt auf einem um den Kohlenbansen verlegten Gleis *n*. Durch einen besonderen Seilzug kann die Schleppschaufel an jeder gewünschten Stelle auf dem Kohlenbansen entleert und zum Abräumen und Abbefördern der Kohlen nach dem Fülltrichter *o* eingesetzt werden.

Mit Hilfe dieser Einrichtungen hat man die Möglichkeit geschaffen, einen Kohlenbansen von 150 000 t anzulegen und zu betreiben; beim endgültigen Ausbau soll noch eine zweite Schleppschaufel eingesetzt werden, damit auf diese Weise 275 000 t Kohlen stapelbar sind. Weitere 90 000 t lassen sich auf diesen Kohlenbansen durch einen fahrbaren Dampfschwenkkran aufsetzen, der auf einem um den Kohlenbansen geführten Eisenbahngleise läuft.

Alle von dem Kohlenbansen abzuräumenden Kohlen werden durch die Schleppschaufel nach dem Fülltrichter *o* gebracht und gehen von hier über die Bänder *p*, *e* und *d* nach dem vor dem Kesselhaus liegenden Kohlenbunkerhaus, Abb. 1. Dieses hat für den heutigen Betrieb zwei Bunkerräume von je 3750 t Kohlen, die bei einem durchschnittlichen Heizwert von 7950 kcal/kg für die jetzt aufgestellten zwölf Dampfkessel etwa sechs Tage ausreichen. Jeder Bunkerraum ist durch einen Längssattel in zwei Taschen unterteilt. Da die Förderbandanlage über den Bunkern zweiteilig weitergeführt und mit fahrbaren Abstreichern ausgerüstet ist, kann jede Tasche nach Belieben mit Kohlen gefüllt werden.

Aus den Taschen werden die Kohlen in die elektrisch angetriebenen Kohlenbeschickungswagen zum Abfördern nach den Kesselfeuerungen abgelassen. Zwischen jeder der beiden Dampfkesselgruppen läuft ein mit selbsttätig aufzeichnender Wägevorrichtung versehener Kohlenbeschikkungswagen.

Die Leistungsfähigkeit des Förderturms mit einem 300 PS-Motor beträgt 350 t/h bei einem Greiferspiel von 26 s Dauer. Die Förderbänder leisten bei 105 bis 122 m/min 400 t/h. Die Leistung der Elektromotoren für den Antrieb der Transportbänder wechselt von 21 PS im Fülltrichter *o* am Kohlenbansen bis 88,6 PS beim Band *d*; sie beträgt bei dem Brecher 150 PS und 200 PS bei der Schleppschaufel, die 183 m Greifweite hat. Jeder Kohlenbeschickungswagen hat 25 t Ladefähigkeit und einen Antriebmotor von 20 PS.

### Die Dampfkesselanlage

Die beim ersten Ausbau aufgestellten zwölf Babcock & Wilcox-Kessel sind in vier Reihen zu je drei Kesseln angeordnet und haben Unterschubroste; zwei Reihen bilden je eine Kesselgruppe. Beim endgültigen Ausbau sollen noch zwölf weitere Kessel in gleicher Anordnung aufgestellt werden. Jeder Kessel hat 2193 m² Verdampf- und 384 m² Überhitzerheizfläche; die größte Kesselleistung beträgt 59 kg/m²h. Die Kessel sind für 26,2 at höchsten Betriebsdruck und 382 °C Dampftemperatur entworfen

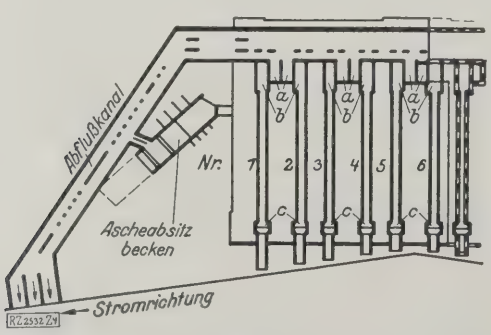



**Abb. 4**
Grundriß der Einlaufkanäle für das Kühlwasser und des gemeinsamen Abflußkanales.

Nr. 1 bis 6 Kühlwasser-Zulaufkanäle
*a* Kühlwasser-Ablaufkammer *b* Kühlraum-Pumpenkammer *c* Schieberkammer mit umlaufendem Siebrechen

Die Asche fällt von den Kesseln unmittelbar in den trogartigen Aschenkanal unter den Rosten, von wo sie nach dem außerhalb des Maschinenhauses liegenden Ascheabsitzbecken (s. Abb. 1) abgespült wird. Die Sohle des Aschenkanals liegt unter der Wasserlinie und ist mit Hartgußschalen ausgekleidet, um die Abschleifwirkung der Asche zu vermindern. Das Fassungsvermögen des Aschenabsitzbeckens beträgt 459 m³ und kann daher etwas mehr als den Aschenanfall von einem Tage nach dem endgültigen Ausbau des Kraftwerks aufnehmen. Die Asche wird durch einen Bockkran mit Greiferbagger in Lastkraft- oder Eisenbahnwagen unmittelbar verladen oder erst in die errichteten Verladespeicher gehoben.

### Die Maschinenanlage

Der erste Ausbau des Kraftwerks enthält drei eingehäusige Turbodynamos der General Electric Co., von je 39 200 kVA Leistung bei 1800 U/min; ferner zwei eingehäusige Turbodynamos von Westinghouse von je 43 750 kVA Leistung. Der zulässige Betriebsdruck an der Drosselklappe beträgt 22,85 at bei einer Dampftemperatur von 371 °C. Die Ölkühler haben eine so große Kühlfläche, daß eine genügende Kühlung bis zu einer Wassertemperatur von 32,2 °C beim Eintritt in den Kühler stattfindet.

### Die elektrischen Einrichtungen

Die Stromerzeuger, die für eine normale Stromspannung von 13 800 V berechnet sind, können die von ihnen erzeugte elektrische Energie zu irgend einer Spannung zwischen 13 200 und 14 200 V liefern.

Im Schalthaus wurde in senkrechter Richtung die Trennung der Phasen und in waagerechter Richtung die Trennung der einzelnen Gruppen von einander sowie der Ölschalter durchgeführt.

Die drei untersten Flure dienen zur Unterbringung der Öl- und Trennschalter sowie der Drosselspulen und Kabel je einer Phase. Der vierte Flur enthält den Schaltmechanismus für die Öl- und Trennschalter und der fünfte Flur den Kabelzuführungsraum, eine mechanische Werkstatt und den Batterieraum. Den sechsten Flur nimmt die Warte ein, die unmittelbar über dem Kabelzuführungsraum liegt. Der gesamte erzeugte Strom des Kraftwerkes wird vom Schalthaus durch fünf Fiber- und Betonkanäle, für jede Transformatorgruppe einen, nach der freistehenden Transformatoranlage, s. Abb. 9, weitergeleitet; hier auf 132 000 V gebracht und durch die Hochspannungsleitung abgeleitet.

### Die Bauausführungen

Bei dem sumpfigen Gelände wurde für die sämtlichen Gebäude die Pfahlgründung angeordnet und beim Baubeginn zunächst mit dem Schlagen der hölzernen Spundwände für die Fangdämme und die Ufermauer zur Abdämmung des Hackensackflusses begonnen. Auf der Wasserseite wurde vom Prahm aus gerammt; der hierauf errichteten hölzernen Ramme war eine Harfe zur freien Führung des Rammbärs vorgehängt. Auf dem Lande benutzte man ebenfalls die gewöhnliche hölzerne Ramme, bei der die beiden vorderen Pfosten des Rammgerüstes gleichzeitig als Läuferruten dienen und der Pfahl während des Rammens durch die Schlaghaube geführt wird. Der stehende Dampfkessel mit der Dampfwinde und das Seil zum Heben und Fallenlassen des Rammbärs sind die einfachen maschinellen Teile dieser leicht zerlegbaren Ramme, die für die Verschiebung in der Längs- und Seitenrichtung auf zwei hölzernen oder eisernen Walzen zum Gleiten und Rollen ruht. Auf diese Weise ist ihr leichtes und schnelles Verrücken in jeder Richtung durch entsprechendes Anziehen und Nachlassen der Kopftaue sicher gewährleistet. Zur Herstellung der Pfahlroste waren 28 500 Holzpfähle von 9 bis 23 m Länge erforderlich.

Die Grundrißanordnung der Zulaufkanäle für das Kühlwasser der Kondensatoren und des gemeinsamen Abflußkanals ist aus Abb. 4 zu ersehen. Für die Absteifung der Baugruben verwendete man bei den Zulaufkanälen bis unter dem Kohlenbunker- und Dampfkesselhaus eiserne und sonst hölzerne Spundwände, Abb. 5. Zum Ausbaggern des Bodens wurden fahrbare Lokomo-

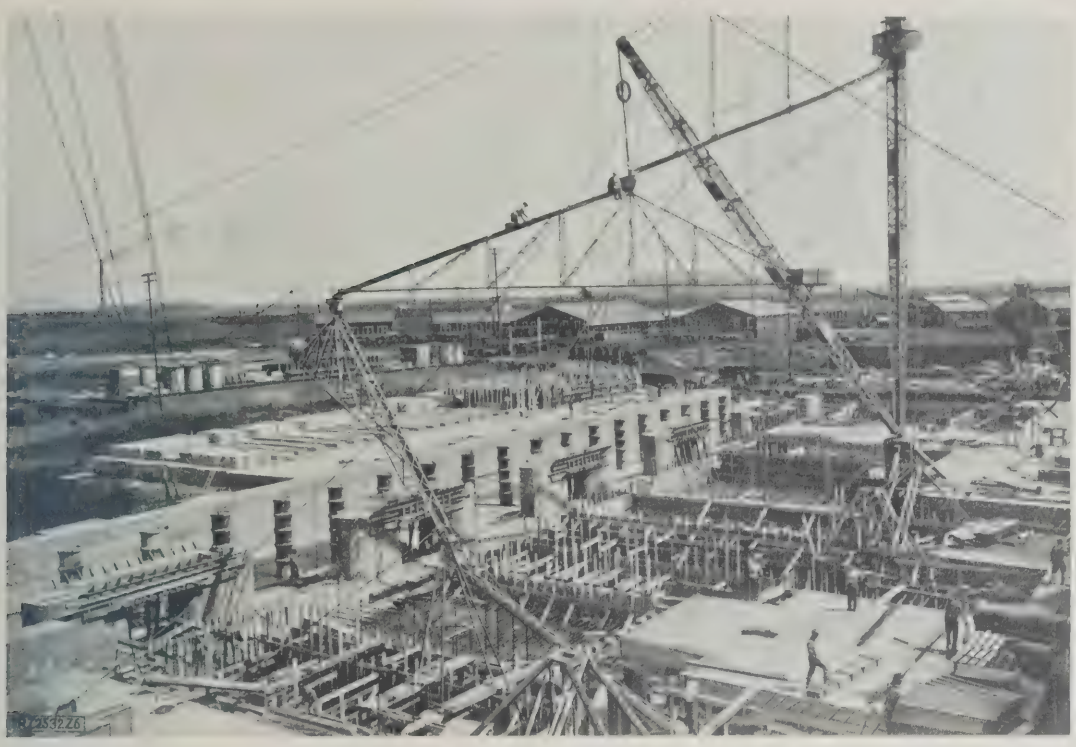


Abb. 5
Die Ausführung der Zulaufkanäle und die Gründung des Turbinenhauses.

ivkrane mit Greifbaggern benutzt, die später gleichzeitig zum Aufstellen der eisernen Tragkonstruktionen dienten, s. Abb. 7. Das Baggergut und der sonstige Bodenaushub wurde auf selbstentladenden Lastkraftwagen abgefahren und zur Geländeaufschüttung verwendet.

Wie auf den amerikanischen Baustellen üblich, errichtete man für die Betonierungsarbeiten eine zentral gelegene, feststehende Betonmischanlage und einen feststehenden Gießturm, Abb. 6. Nur die Einläufe der Kühlwasserzulaufkanäle goß man bis unter das Kohlenbunkerhaus von einer schwimmenden besonderen Mischanlage mit Gießturm vom Hackensackfluß aus.

Die auf dem Wasserwege ankommenden Betonzuschläge, Sand und Schotter, wurden mit einem hölzernen Schwenkkran *a*, Abb. 6, entladen und durch das Förderband *b* zur Betonmischanlage *c* befördert. Die von der Mischanlage nicht sogleich aufnehmbaren Betonzuschläge

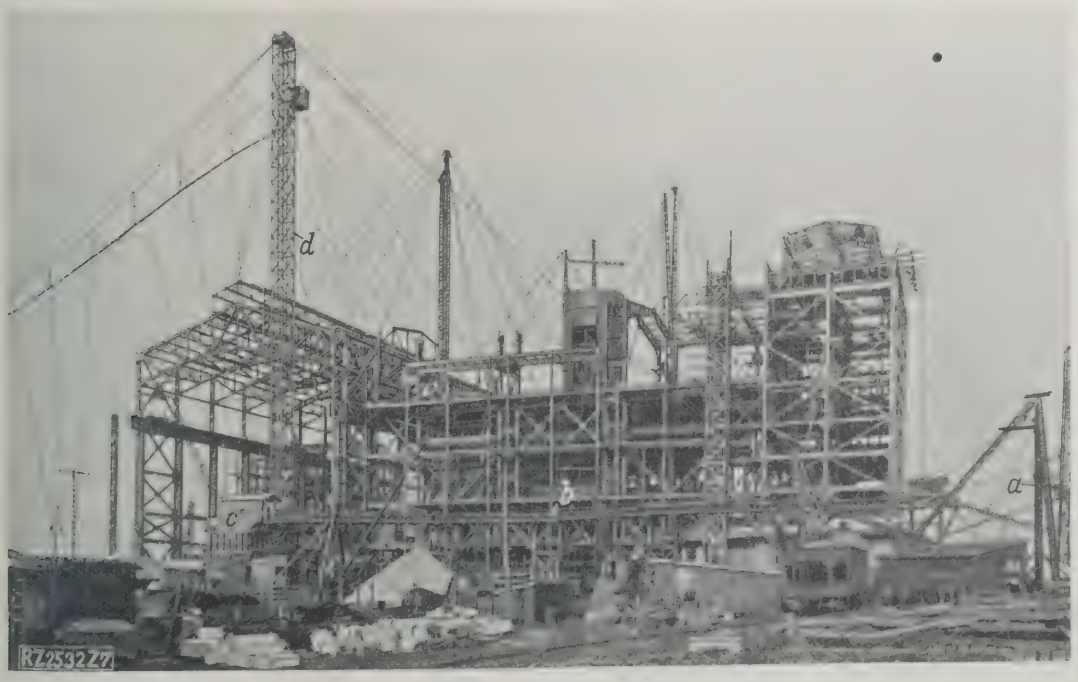



Abb. 6
Tragkonstruktion des Kesselhauses, des Bunkerhauses und des Turbinenhauses sowie die Betonmischanlage mit dem Gießturm.
*a* hölzerner Schwenkkran *b* Förderband *c* Betonmischanlage *d* Gießturm

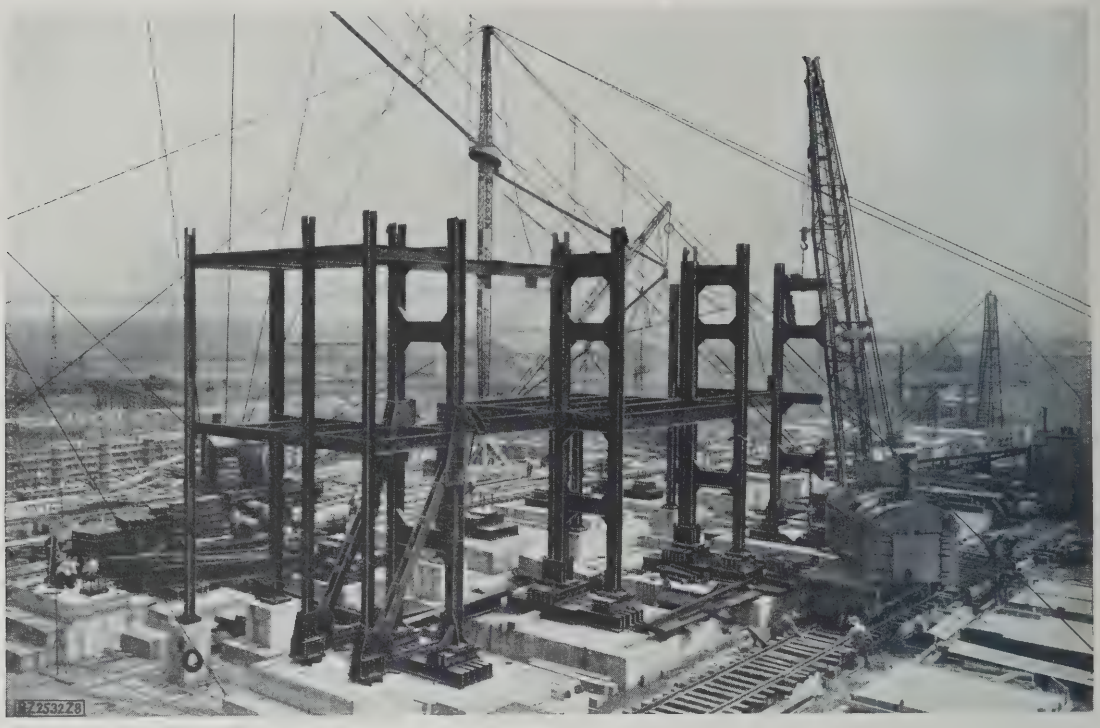


Abb. 7
Die fertiggestellte Betongründung und der Beginn des Aufbaues der eisernen Tragkonstruktionen.

lagerte man neben dem Förderband, von wo sie später noch einmal aufgenommen werden mußten. Der Betonmischer entleerte in den Betonkübel des Gießturms *d*, dessen Höhe es ermöglichte, von hier den Beton nach den einzelnen Einbaustellen ohne Umbau der Gießanlage zu leiten. Für die Herstellung der Decken und der Dachhaut sowie für die Baustoffbeförderung zur Ausführung der Umfassungs- und Zwischenwände wurden leichte hölzerne oder eiserne Aufzüge aufgestellt, damit die Zwischenförderung der Baustoffe möglichst gering gehalten wurde.

Die konstruktive Durchbildung der einzelnen Gebäudeteile, die Abb. 6 zeigt, gruppiert sich um das Dampfkesselhaus als dem Kern der Anlage, weil von diesem Gebäude neben dem Gewicht der Kesselanlage die gesamten Zug- und Druckkräfte aufgenommen werden mußten, die von den zwei auf der oberen Geschoßdecke freiabgetragenen eisernen Schornsteinen ausgehen. Diese ragen rd. 61 m über den Fußpunkt der Dachkonstruktion hinaus. Daher sind das Kohlenbunkerhaus und das Turbinenhaus leichter durchgebildet und haben ihre Hauptversteifung in den Umfassungswänden des Kesselhauses erhalten.

An senkrechten Nutzlasten waren von der eisernen Tragkonstruktion des Bunkerhauses hauptsächlich das Gewicht der 7500 t Kohlen in den beiden Bunkern aufzunehmen, da die andern Teile dieses Gebäudes vorzugsweise als Baustofflager und Ausbesserwerkstätten, sowie als Wasch- und Kleiderräume für die Belegschaft der Kraftwerke dienen. Die Bunkerwände und -rutschen, sowie die Zwischendecken sind in Beton ausgeführt.

Im Turbinenhaus entstehen durch die beiden Laufkrane von je 125 t Tragfähigkeit die Hauptbeanspruchungen in der eisernen Tragkonstruktion. Zur Übertragung der waagerechten Schubkräfte auf die Kesselhauskonstruktion dienen waagerechte Versteifungsträger, die mit den Deckenträgern des Kesselhauses starr verbunden sind, und die Dachkonstruktionen des Turbinenhauses. Zur Aufnahme der Schubkräfte in den Längswänden sind diese durch Diagonalverstrebungen versteift worden, Abb. 6.

Um die eisernen Schornsteine gut aufbauen und verankern zu können sowie um genügenden Raum für die Einführung der Rauchgase und den Einbau der Saugventilatoren in die Abzüge nach dem Schornstein zu erhalten, hat man das Dach des Kesselhauses als Dreigelenkbogen ausgebildet.

Abb. 8
Zellenartiger, eisenfreier Einbau im Schalthaus innerhalb der äußeren Umfassungswände.

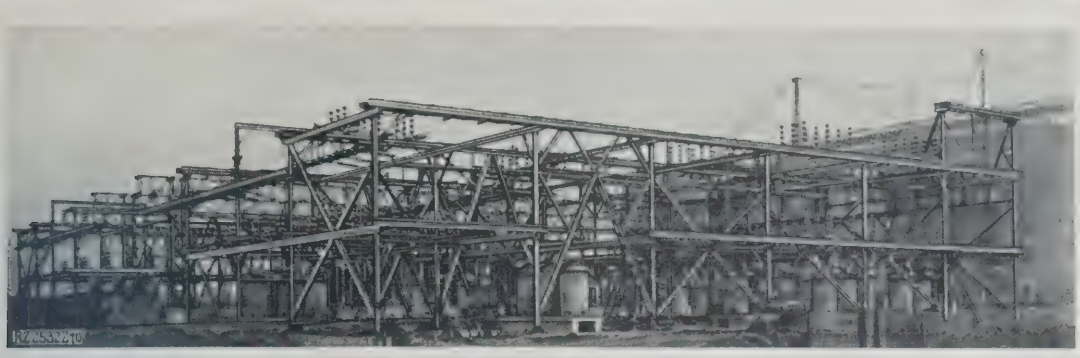


Abb. 9
Freiluft-Transformatorenanlage für 132 000 V.

Abb. 5 zeigt die Einschalung und das Gießen r Kühlwasser-Zulaufkanäle, sowie den herstellten Abflußkanal (ohne Decke) unter dem Turenhause. Im Hintergrund ist die zum größten Teil tiggestellte Gründung des Schalthauses zu sehen. le Umfassungen und Gründungen für die einzelnen bäude wurden in Eisenbeton einheitlich ausgebildet, bei die Umfassungen der Kühlwasser-Zulaufkanäle eichzeitig als Verstärkungsrippen für die Betonplatte r Gründung unter den einzelnen Gebäuden dienen, dat man so eine große Trägheitsmasse gegen die Schwingsbewegungen der großen Maschinensätze erhält.

Die Zulaufkanäle haben rechtwinkligen Querschnitt n 2,90 m Höhe und 1,98 m Breite, und jeder Kanal liert bei einer Zuflußgeschwindigkeit von 0,90 m rd. 50 l/s Kühlwasser. Da der Hackensackfluß hier noch der be und Flut unterliegt, ist die Unterkante der Kanalcken rd. 0,60 m unter den niedrigsten, beobachteten asserstand gelegt worden, so daß der Wasserzufluß zu n Kühlwasserpumpen stets ausreichend bleibt. Um örungen in dem Wasserzufluß durch die am Bollerk festgemachten Kohlenprahme zu vermeiden, hat; an den Einlauf dieser Kanäle etwa 1,20 m hinter das llwerk zurückgelegt. Im Einlauf ist ein Grobrechen d hinter den Absperrschützen ein feiner Bandrechen ngebaut, die grobe Schwimm- und feine Schwebestoffe n den Pumpen und Kondensatoren fernhalten sollen.

Das gesamte Kühlwasser wird durch einen gemeinmen Kanal abgeführt, in dem nach dem endgültigen usbau des Kraftwerks eine Wassergeschwindigkeit von 5 bis 2,30 m je nach den Flutverhältnissen herrschen ll. Um der Gefahr des Wiedereinlaufens von ausgeworhem Kühlwasser in die Zulaufkanäle zu verhüten, hat an beim endgültigen Ausbau zwei Ausläufe, einen stromf-, den andern stromabwärts, und im obersten Teil des blaufkanals eine Segmentschütze vorgesehen. Der uerschnitt des Ablaufkanals erweitert sich allmählich ch der Austrittöffnung am Bollwerk und ist hier so ausbildet, daß sich die Wassergeschwindigkeit beim Rücktritt das Flußbett entsprechend verringert hat. Unter jedem ndensator ist eine Ablaufkammer für das Kühlwasser gelegt, die über ein Wehr nach dem Ablaufkanal entleert, daß die Enden der Ablaufrohre stets im Wasser eingeucht gehalten werden. Die Kammern und Wehre sind gen den Wasserangriff durch schwere gußeiserne Platten schützt.

Abb. 7 zeigt die fertiggestellte Betongründung d die ausgelegten Trägerroste für die Aufnahme und rankerung der Stützen und den Beginn der Errichtung r eisernen Tragkonstruktion des Kesselhauses: den samtaufbau des Kohlenbunker-, Kessel- und Turbinenuses läßt Abb. 6 gut erkennen. Nachdem durch Lokotivkrane die untersten Teile der Tragkonstruktion richtet waren, wurde mit Hilfe von eisernen Wippsten, die auf dem Kesselhaus, Abb. 6, zu erkennen rd, der weitere Aufbau in der üblichen Weise durchführt.

Alle Umfassungswände der Gebäude sind in Ziegelinen als Füllmauerwerk zwischen den eisernen Tragnstruktionen ausgeführt. Von der üblichen Bauweise wich man bei der Ausführung des Schalthauses ab. Bei der weitgehenden Durchführung der senkrechten Phasentrennung und der Abtrennung der Ölschaltgeräte von den andern Ausrüstungen sollten die vier untersten Decken im Schalthaus keine durchgehenden Eisenkonstruktionen haben. Es wurde daher innerhalb der äußeren Umfassungswände ein zweiter, zellenartiger Einbau, wie ihn Abb. 8 zeigt, vorgenommen, der nur in Höhe der einzelnen Decken gegen die eiserne äußere Tragkonstruktion abgestützt und somit unabhängig von dieser auf dem Fundament abgelagert ist. Erst in der Decke des fünften Stockwerks ist mit der Abtragung des oberen Gebäudeteiles auf die äußere Tragkonstruktion, soweit es zulässig war, begonnen worden. Der Kabelzuführungsraum und die Warte im sechsten Stock sind durch Hängeanker an der Dachkonstruktion des Gebäudes aufgehängt. Die Decken sind in Eisenbeton ausgeführt und mit so wenig Eisenbewehrung wie möglich versehen. Auf die Isolierung dieser Eisenbewehrung hat man größte Sorgfalt verwendet, damit unerwünschte magnetische Feldwirkungen nicht entstehen.

Das zweistöckige Dienstgebäude enthält das Verwaltungs- und Lohnbureau des Kraftwerks, sowie einen Frühstücksraum, einen Versammlungsraum und eine Verbandstelle. Unter dem Dienstgebäude führen die Kabelleitungen vom Schalthaus nach der freistehenden Transformatorenanlage für 132 000 V, deren Ausführung Abb. 9 zeigt. [B 2532]

## Einfluß der Kopfform von Schaufelprofilen bei Kreiselrädern auf die Kavitation

*Von Dr.-Ing. PÖTTER, Essen*

Bei Kreiselrädern hoher Schnelläufigkeit treten oft Zerstörungen auf, die ein wesentlich andres Aussehen haben als bei rein chemischer oder galvanischer Einwirkung lufthaltigen Wassers. Diese Erscheinung nennt man Kavitation oder Hohlraumbildung; sie besteht im Grunde nur in einem häufigen Entstehen und Verschwinden von Hohlräumen, deren Wechsel die Zerstörung des Baustoffes und mitunter erhebliche Einbußen an Wirkungsgrad hervorruft. Da Hohlräume in einer Flüssigkeit nur dann entstehen können, wenn an einer bestimmten Stelle der Druck bis nahe an oder unter den Dampfdruck der Flüssigkeit sinkt, muß man also bestrebt sein, den Unterdruck möglichst gering zu halten. Einen Weg dazu bietet die Verringerung der an den Schaufelprofilen auftretenden Geschwindigkeiten. Man weiß, daß diese in großem Maße von der Form und der Abrundung der Schaufelköpfe abhängig sind und an manchen Stellen die mittlere oder die im Unendlichen vorhandene Zuströmgeschwindigkeit bedeutend übersteigen. Ich habe deshalb verschiedene Schaufelkopfformen untersucht, um die Ausbildung zu finden, die eine möglichst geringe Geschwindigkeitserhöhung veranlaßt[1]).

Mittels des *Rankineschen* Verfahrens kann man durch Variation und Kombination verschiedener Quellen und Senken jede beliebige Form einer umströmten Kontur erhalten. In Zahlentafel 1 sind die untersuchten Quellen zusammengestellt. Weil nur die Verhältnisse am Schaufelkopf betrachtet werden, sind nur Quellen angenommen, so

[1]) Z. f. ang. Math. u. Mech. Bd. 9 (1929) Nr. 2 S. 85.

**Zahlentafel 1**
Die untersuchten Quellen und das Verhältnis des größten auftretenden Unterdruckes zur Geschwindigkeitshöhe der ungestörten Strömung.

| Profil Nr. | Art der Quelle | $\left(\frac{p}{h_0}\right)_{min}$ |
|---|---|---|
| 1 | | — 0,59 |
| 2 | $l=0{,}5$ | — 0,558 |
| 3 | $l=1{,}0$ | — 0,50 |
| 4 | $l=1{,}5$ | — 0,44 |
| 5 | $l=0{,}5$ | — 0,57 |
| 6 | $l=1{,}0$ | — 0,528 |
| 7 | $l=1{,}5$ | — 0,482 |
| 8 | $l=0{,}5$ | — 0,564 |
| 9 | $l=1{,}0$ | — 0,512 |
| 10 | $l=1{,}5$ | — 0,452 |
| 11 | $l=1{,}0$ | — 0,46 |
| 12 | $l=1{,}5$ | — 0,39 |
| 13 | $l=1{,}5$ | — 0,46 |

daß sich die Kontur nach einer Seite hin ins Unendliche erstreckt. Außerdem ist in Zahlentafel 1 noch das Verhältnis des größten auftretenden Unterdruckes zur Geschwindigkeitshöhe der ungestörten Strömung $\left(\frac{p}{h_o}\right)_{min}$ aufgetragen. Bei der Berechnung des Unterdruckes sind die Schwerkräfte vernachlässigt und der statische Druck in der ungestörten Strömung gleich null gesetzt. Die Quellformen 6, 7 und 13 ergeben spitze Konturen. Den geringsten Unterdruck zeigt das Profil Nr. 12, das, wie aus Abb. 1 hervorgeht, an der Spitze fast die gleiche Abrundung hat wie Profil Nr. 1, das einen bedeutend größeren Unterdruck aufweist. Aus Abb. 1, worin auch noch Profil Nr. 4 eingetragen ist, ersieht man, daß nicht allein die Abrundung an der Spitze Einfluß auf die Größe des Unterdruckes hat, sondern auch in großem Maß die Ausbildung des Profiles hinter der Spitze. Dies ist aus dem

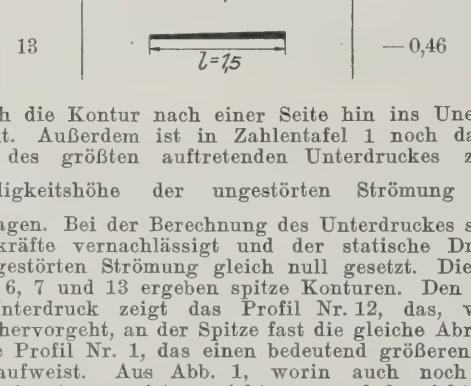



**Abb. 1**
Abhängigkeit des maximalen Unterdruckes von der Form der Profile bei gleicher Abrundung der Vorderkante.

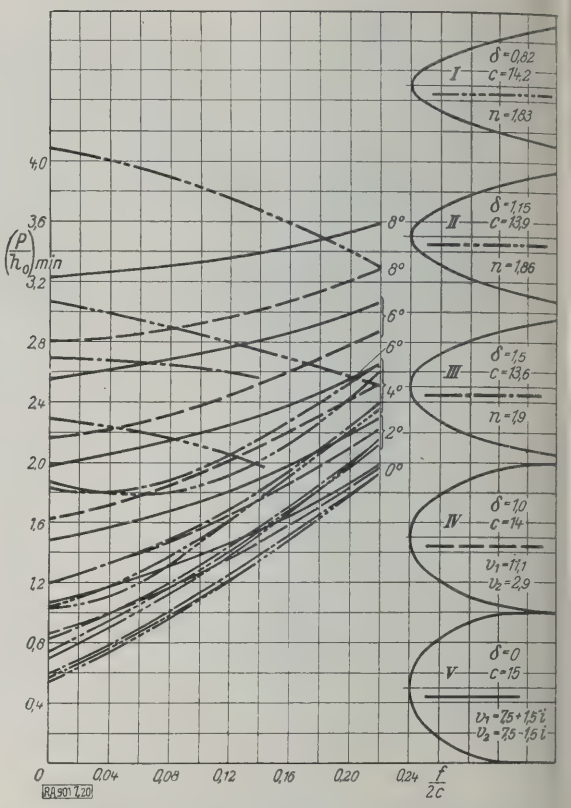



**Abb. 2**
Köpfe der Ganzprofile und Abhängigkeit der Druckverhältnisse auf der Saugseite von der Krümmung.

Grunde von Wichtigkeit, weil bei kleinen Anströmwinke ein spitzes Profil eher zur Kavitation neigen wird wie e abgerundetes.

Es besteht nun noch die Möglichkeit, daß durch d gegenseitige Beeinflussung der Turbinenschaufeln die G schwindigkeitsverhältnisse am Schaufelkopf verändert we den. Wie jedoch die Betrachtung einer Gitterströmu zeigt, ist der Einfluß der benachbarten Schaufeln nur ve schwindend gering.

Die Frage, wie sich Schaufeln mit verschieden au gebildeten Köpfen bei turbulenter Anströmung verhalte habe ich mit Hilfe der konformen Abbildung eines Kreis untersucht. Dabei müssen Ganzprofile zugrunde gele werden, weil bei Halbprofilen bei seitlicher Anströmung d Geschwindigkeit an der Vorderkante unendlich groß wi *Joukowski*, *Kutta*, *v. Mises* sowie *v. Kármán* und *Treft* haben die notwendigen Formeln angegeben. In Abb. 2 si die Köpfe der Profile, die nach diesen Verfahren errechn wurden, aufgezeichnet. Außerdem sind die Druckverhä nisse auf der Saugseite für kleine Anströmwinkel $\beta = 0$ 2 °, 4 °, 6 ° und 8 ° in Abhängigkeit von der Krümmu für die einzelnen Profile aufgezeichnet. Man ersieht, d das Profil Nr. III das mit der günstigsten Abrundung d Vorderkante ist, weil hier die schädlichen Unterdruc spitzen, die eine andre Tendenz der Kurven bedingen, e bei größeren Anströmwinkeln auftreten als bei den ande Profilen und der Unterdruck im allgemeinen geringer als bei noch stärkerer Abrundung der Vorderkante.

Vergleicht man nun die errechneten Halb- und Ga profile, so sieht man, daß das Profil Nr. 12, das bei d Halbprofilen als das günstigste erkannt wurde, an d Vorderkante genau mit dem Ganzprofil Nr. III übere stimmt. Bedenkt man nun noch, daß Wasserturbin schaufeln eben mit Rücksicht auf die auftretenden Unt drücke auf der Saugseite nur eine geringe Krümmung a weisen dürfen, die sogar gestatten dürfte, den ersten T der Schaufel als Halbprofil mit gerader Achse aufzufass so wird eine Ausbildung der Schaufel nach Profil Nr. zweckmäßig erscheinen. Die richtige Abrundung der V derkante gewährleistet die Sicherheit, daß bei den du Turbulenz- und Regulierungserscheinungen bedingten kl nen Anströmwinkeln keine gefährlichen Unterdruckspitz auftreten, während die Ausbildung hinter der Spitze ei möglichst flachen Verlauf der Unterdruckkurve auch normalem stoßfreien Eintritt verbürgt. [M 2722]

# Grundsätzliches über Flughafenbau

*Von Dr.-Ing. ERNST DIERBACH, Berlin*

*Mit der Entwicklung des Luftverkehrs selbst haben sich auch die Flughafenanlagen entwickelt. Die Luftschiffe brauchen für Zwischenlandungen Landemasten, für längeren Aufenthalt und für Wartungsarbeiten jedoch feste Luftschiffhallen. Häfen für Flugzeuge brauchen in erster Linie ein großes, ebenes Rollfeld, auf dem man abfliegen und landen kann. Um den Hafen herum muß eine hindernisfreie Zone liegen. Startbahnen wird man erst bei weiterer Verdichtung des Verkehrs brauchen; zunächst muß der Boden des Rollfeldes selbst zum Abflug hergerichtet werden. Neigungen sollen auf Flughäfen für alle Flugzeuge nicht steiler als 1 : 80 sein; für bestimmte Flugzeugmuster ist noch 1 : 50 zulässig. Bei Seeflughäfen sind die Landanlagen durch die Natur der Wasserfläche bedingt. Am einfachsten sind sie bei Stillwasserflächen ohne große Wasserspiegelschwankungen. Strömung und Wellenschlag erschweren den Betrieb. Bei der Planung der Gebäude für einen Flughafen ist das Einschwebegelände, die Abwicklung des Verkehrs und die Lage der Zufahrtstraßen maßgebend. Zwischen diesen sich zum Teil widersprechenden Gesichtspunkten ist ein Ausgleich zu suchen. Einige der bemerkenswertesten Hallenbauten werden erwähnt. Für die Abfertigungsgebäude hat sich bereits eine Norm mit zentral gelegener Abfertigungshalle herausgebildet.*

)ie Ausbreitung des Luftverkehrs ist nach den sprunghaften Steigerungen der letzten Jahre etwas zum illstand gekommen, nachdem die wichtigsten Städte ren Anschluß an das Luftverkehrsnetz[1]) gefunden ben. Mit allen Kräften kann daher jetzt an einer Bestigung und Vertiefung des Erreichten gearbeitet wern. Neben den Erfahrungen über die Verwendbarkeit r verschiedenen Flugzeug- und Motorenbaumuster hat r regelmäßige Streckendienst auch zahlreiche Untergen für die Anlage und zweckmäßige Ausgestaltung der ughäfen gegeben. Die Anschauungen über die zweckäßigste Form und die beste Ausrüstung eines Hafens hen zum Teil weit ausnander; es dürfte deshalb veckmäßig sein, die bisrigen Grundsätze näher beleuchten.

### nkermast für Luftschiffe

Den eingehenderen Dargungen über die Flugäfen für den Flugzeugerkehr sollen einige Beerkungen über Luftschiffäfen vorausgeschickt werden, da man dem Luftschiff folge der Langstreckenahrten der Jahre 1928 und 929 und der Verkehrspläne ach langjährigem Stillstand wieder Aufmerksameit zuwendet. Unter den eueren Einrichtungen äre hierbei in erster Linie der Landemast zu erwähnen, n dem die Luftschiffe bei jeder Windrichtung und fast der Windstärke auf dem Flughafen festgelegt und mit llen notwendigen Betriebstoffen versorgt werden. Er ann jedoch wegen der leichten Bauart der Luftschiffe, ie nicht dauernd den Unbilden der Witterung ausgesetzt erden dürfen, feste Hallen nicht ersetzen.

Kommt das Luftschiff von seiner Fahrt in die Nähe es Hafens, so wird es zunächst in der Luft ausgewogen, . h. die Motoren werden gedrosselt und die Geschwingkeit wird soweit verringert, bis kein dynamischer uftrieb mehr besteht. Dann wird so viel Gas oder allast abgegeben, bis das Schiff im Gleichgewicht mit er Luft ist. Auf dem Landefelde geben ausgelegte eichen dem Luftschiffführer Windrichtung und Luftmperatur am Boden an. Er muß das Schiff nun so ber die im Halbkreis stehenden Landemannschaften ühren, daß es ohne große Eigengeschwindigkeit mögichst genau gegen den Wind in einer Höhe von 50 is 100 m über dem Felde ankommt. Das Luftschiff irft dann aus seinem vorderen Teil ein Seil herab, as am Erdboden von den bereitstehenden Mannschaften rgriffen und u. U. über eine Seilrolle eingeholt wird. oll das Luftschiff an einen Landemast gelegt werden, o läßt es, nachdem es zur Ruhe gekommen ist, ein eiteres Seil aus der Spitze herab. Dieses wird mit einem von der Spitze des Landemastes herabgelassenen Seil verbunden und durch Windevorrichtungen langsam eingeholt. Um Seitenbewegungen des Schiffes zu vermeiden, führen von der Spitze noch zwei Taue nach beiden Seiten auseinander, die von Mannschaften gehalten werden. Das Luftschiff wird mit seiner Spitze starr durch eine Kupplung mit der Mastspitze verbunden. Es kann sich entsprechend der Windrichtung wie eine Windfahne einstellen und kann Böen und Temperaturveränderungen durch Heben und Senken des Hecks nachgeben. Zu diesem Zweck sind die Maste auf ausländischen Luftschiffhäfen hoch genug gebaut[1a]). Im Mast führen Leitungen für alle Betriebsstoffe bis zur Spitze, die mit den entsprechenden Leitungen des Schiffes gekuppelt werden. Außerdem führt vom Mast zum Laufgang des Schiffes eine Brücke, auf der die Besatzung und Fluggäste hinübergelangen können[2]). Der einzige deutsche Landemast in Staaken bei Berlin, Abb. 1, ist dagegen nur so hoch, daß die Gondeln des Luftschiffes in Bodennähe stehen. Sie sollen durch einen Wagen unterstützt werden, der quer zur Achse des Luftschiffes verfahrbar ist; es wird sich daher der Windrichtung entsprechend einstellen können, soll aber keine senkrechten Bewegungen mehr ausführen. Diese werden durch Belastungen verhindert.

**Abb. 1**
Das Luftschiff „Graf Zeppelin" kurz vor dem Festmachen am Landemast in Staaken bei Berlin.

### Luftschiffhallen

Schwieriger ist der Vorgang, wenn das Luftschiff nach der Landung in eine Halle gebracht werden soll. Das Einbringen des Luftschiffes ist am einfachsten, wenn der Wind in Hallenrichtung weht. Die Hallen werden daher gewöhnlich in der Hauptwindrichtung aufgestellt. Der Vorgang der Landung beginnt ebenso wie bei der Benutzung des Ankermastes, nur daß das Schiff an dem zuerst heruntergelassenen Tau soweit zum Erdboden heruntergezogen wird, bis die Mannschaften die Griffe an den Gondeln fassen können. Dann werden noch zahlreiche Knebeltaue entlang des ganzen Schiffes befestigt, damit die Haltepunkte möglichst in der Nähe der Windangriffsflächen und über die Konstruktion verteilt liegen. Stimmen nun Windrichtung und Hallenrichtung überein, so wird das Schiff vor das Hallentor geführt, mit Laufkatzen, die sich auf seitlichen, in der Erde liegenden Schienen bewegen, verbunden und in die Halle gezogen.

Schwierig wird dieses Manöver, wenn der Wind quer zur Hallenrichtung steht. Das Schiff wird dann, nachdem

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 617.

[1a]) s. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 379.

[2]) Vergl. *Engberding*, Luftschiffe und Luftschiffahrt. 2. Aufl., Berlin 1928, VDI-Verlag, S. 141.

die gesamte Mannschaft zugepackt hat — gegen den Wind gerichtet —, vor das Hallentor geführt, vorn an die Laufkatzen gelegt, in die Hallenrichtung eingedreht und im Laufschritt in die Halle gezogen. Ähnlich ist auch der Vorgang beim Ausbringen des Schiffes. Es ist ohne weiteres klar, daß beide Bewegungen durch heftigen Seitenwind unmöglich gemacht werden können, wenn wir uns vergegenwärtigen, daß alle Haltekräfte am unteren Teil des Schiffkörpers angreifen und nach schräg unten wirken, während der Wind am großen Luftschiffkörper angreift, ihn also herunterzudrücken und nach Lee wegzurollen sucht. Daher kommt es, daß wir öfter in Berichten über Luftschiffahrten lesen, daß das Schiff wegen Querwindes nicht hat in oder aus der Halle gebracht werden können.

Zur Lösung dieser Schwierigkeit sind zahlreiche Wege vorgeschlagen worden[3]). Den größten Erfolg haben bisher die Drehhallen gehabt, die während des Krieges von den deutschen Luftschiffen benutzt wurden. Sie lassen sich jederzeit in die Windrichtung einstellen und ermöglichen daher das Ein- und Ausfahren bei fast jeder Windrichtung und -stärke. Sie sind leider dem Ententediktat zum Opfer gefallen. In Lakehurst hat man die Hallen so groß bemessen, daß selbst größere Bewegungen des Luftschiffkörpers beim Einbringen nicht zu einer Kollosionsgefahr mit den Hallenwänden führen. So große Hallen haben jedoch den Nachteil, daß an ihrer Leeseite Wirbel entstehen, die den Einholvorgang stark erschweren können.

Eine Durchführung des Landevorganges mit mechanischen Mitteln ist bisher noch nicht erreicht, vor allem wohl deshalb, weil Luftschiffe bisher fast ausschließlich für militärische Zwecke benutzt wurden, Mannschaften daher genügend zur Verfügung standen. Für einen sich entwickelnden Verkehrsbetrieb mit Luftschiffen wird jedoch diese Frage von nicht zu unterschätzender Bedeutung sein, da die Bereithaltung einer nur kurze Zeit notwendigen Haltemannschaft sehr erhebliche Unkosten verursacht, auch, wenn man sie in den Pausen anderweitig beschäftigt. An den Zustand des für die Landung erforderlichen Geländes stellt ein Luftschiff keine sehr hohen Anforderungen. Landemannschaften können ihre Arbeiten auch auf weichem und nicht ganz ebenem Gelände erfüllen.

**Anforderungen an Flughäfen für Flugzeuge**

Wesentlich anspruchsvoller sind in dieser Beziehung Flugzeuge. Bei ihnen kommt es in erster Linie darauf an, für das Aufsteigen und Landen ein möglichst großes, ebenes und festes Gelände zu haben.

Rollfeld und Flughafenzone

Für seine Bemessung sind in erster Linie die Leistungen der Flugzeuge maßgebend. Die deutschen Zulassungsbedingungen für Flugzeuge schreiben vor: Das Flugzeug soll sich nach einer Strecke von 600 m in einer Höhe von 20 m befinden. Die Länge des Anlaufs ist dabei nicht festgelegt, ebenso der Steigewink nach dem Abheben. Demgegenüber schreiben die de schen Zulassungsbedingungen für Flughäfen eine Ro länge von 600 m in jeder Richtung vor, an die sich e hindernisfreier Einschwebewinkel im Steigeverhältn 1 : 15 anschließen soll, Abb. 2. Diese Bestimmung haben sich, soweit sie die Ausdehnung des Rollfeld betreffen, durchaus bewährt.

Fast alle unsere heute benutzten Flugzeuge komm in der Regel mit einem Anlauf oder Auslauf von 600 aus. Es herrscht sogar bei fast allen Flugzeugkonstru teuren das Bestreben vor, die Aufstieg- und Landeeige schaften möglichst gut zu halten, damit die Flugzeu in der Lage sind, auch Zwischenlandungen auf klein Hilfslandeplätzen oder Ackerfeldern vorzunehmen. D gegen hat es sich gezeigt, daß der Einschwebewink von 1 : 15 für eine ganze Reihe von Flugzeugen m großem Schwebevermögen etwas zu steil gewählt i Wenn wir mit einem üblichen Anlauf von 300 m rechne so haben wir bei einer Rollfeldlänge von 600 m bei Aufstieg nur eine Sicherheitszahl zwei. Denken wir u jedoch die Abflugleistung in eine Anlauf- und eine A steigestrecke zerlegt, so würde diese etwa einen Wink 1 : 20 haben. Die Bestimmungen lassen sogar zu, d nach Erreichung der 20 m das Flugzeug wieder gedrüc werden kann. Es würde also recht bald, trotz Erfüllu der Zulassungsbedingungen, die Grenze der Flughafe zone erreichen, d. h. der zunächst beim Abheben vo handene Sicherheitskoeffizient wird sehr schnell i Verlaufe des Starts wieder aufgezehrt. Es wäre de nach zu verlangen: Der hindernisfreie Raum beginnt a der Rollfeldgrenze und steigt in einem Verhältnis 1 : bis zu einer Höhe von 25 m an.

Die Erfahrungen des Flugbetriebes haben weiterhi ergeben, daß ein sich gleichbleibendes Ansteigen d Flughafenzone keinen wirksamen Schutz gegen Flu hindernisse in der Nähe des Flughafens gibt. Nach de augenblicklichen Bestimmungen könnte in einer Entfe nung von 1 km von Platzgrenze ein Bauwerk von 66 Höhe stehen. Um einfach einzuschweben, würde wohl b einigen Flugzeugmustern diese Höhe genügen, aber b sehr schlechtem Wetter, vor allem bei Nacht, sind d Flugzeuge gezwungen, vor der Landung eine Platzrund in sehr geringer Höhe zu fliegen, um die Landerichtun und sonstige Signale wahrzunehmen. Die hierfür no wendige Zone um den Flughafen herum müßte nac unten durch eine waagerechte Ebene in einer Höhe vo 25 m über Rollfeld begrenzt werden; sie endet in eine Entfernung von 2 km von Flughafengrenze, Abb. 3.

Es erscheint daher zweckmäßig, die hindernisfre Zone des Flughafens folgendermaßen festzulegen: Vo der Flughafengrenze aus steigt sie im Winkel 1 : 20 b zu einer Höhe von 25 m an und verläuft waagerecht b zu einer Entfernung von 2 km von der Flugplatzgrenz Alle in diese Zone hineinragenden Hindernisse müßte bei Tage, soweit sie schlecht erkennbar sind, durch ro weißen Anstrich, bei Nacht durch rote Hindernislampe kenntlich gemacht werden. Die Errichtung von neue Hindernissen soll nach Möglichkeit nicht, in Ausnahm fällen nur mit Genehmigung der zuständigen Flughafe verwaltung und der Luftüberwachungsbehörde, stat finden.

Die Vorschriften der andern europäischen Staate sind im großen und ganzen ähnlich den bestehende deutschen. Bemerkenswert ist jedoch, daß die kürzlic erlassenen amerikanischen Vorschriften wesentlich g ringere Anforderungen an das Einschwebegelände de Flughafens stellen. So ist in Amerika der zulässige Ei schwebewinkel 1 : 7, eine Neigun die zweifellos für die meisten u serer Verkehrsflugzeuge nicht au reichend sein dürfte. Ich werde b den späteren Betrachtungen noc auf weitere grundsätzliche Unte schiede zwischen der amerik nischen und der deutschen Auffa sung kommen, bei denen die am rikanischen Ansprüche erstaunli

[3]) Vergl. *O. Krell*, Ein Beitrag zur Landetechnik großer Luftschiffe, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 401.

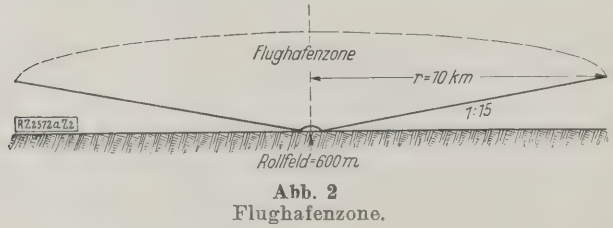



**Abb. 2**
Flughafenzone.

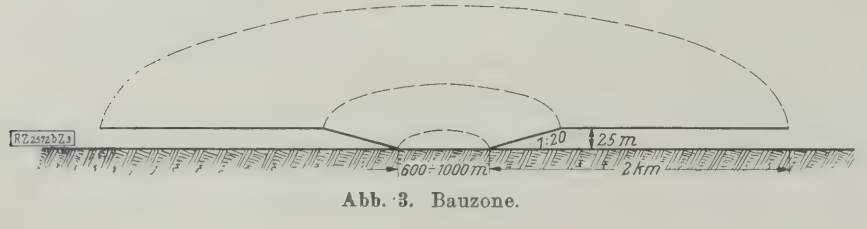



**Abb. 3.** Bauzone.

ing sind. Dies findet wohl seine Erklärung darin, ß in Amerika nur verhältnismäßig wenig hochbelastete ugzeuge für die Personenbeförderung verwendet wer-n. Die Sportflugzeuge der Privateigentümer und die n Postverkehr versehenden Flugzeuge ähneln in ihren ıfstieg- und Landeeigenschaften stark den Kriegsflug-ıgen, deren Gewicht, auf die Leistung in PS bezogen, r etwa ein Drittel der für Verkehrsflugzeuge üblichen hl beträgt.

Die deutschen Zulassungsbedingungen für Flug-fen sehen außerdem vor, daß die Rollänge von min-stens 600 m in jeder Richtung vorhanden sein muß, h., daß das Gelände im Idealfalle einen Kreis, ge-ihnlich jedoch eine beliebige gradlinig begrenzte gur darstellt. Von diesem Gelände wird parallel der weiligen Windrichtung z. Z. nur ein verhältnismäßig hmaler Streifen des Platzes benutzt. Der Gedanke gt nahe, den Flugplatz nur auf einige entsprechend den auptwindrichtungen gelegte Streifen zu beschränken, d in der Tat sehen die amerikanischen Vorschriften lche 150 m breiten Landestreifen vor, Abb. 4.

Eine solche Bemessung des Rollfeldes auf das un-lässige Mindestmaß erscheint aus folgenden Über-gungen heraus nicht zweckmäßig: Ganz abgesehen von, daß die einzelnen Aufstieg- und Landestreifen in r Regel nicht alle vorkommenden Windrichtungen er-ssen können und daher häufig Seitenwind bei Auf-ieg oder Landung in Kauf genommen werden muß, irften sie nur für schwachen Verkehr erträglich sein. ir haben in Deutschland auf Häfen mit stärkerem Ver-hr bereits die Aufstiegzone von der Landezone durch e dazwischenliegende 50 m breite neutrale Zone ge-ennt. Trotzdem darf ein Flugzeug nicht gleichzeitig it einer landenden Maschine starten, da die Gefahr rliegt, daß eine der beiden beim Rollen ausbricht und durch die andre gefährdet. Eine Gefahr für gleich-itig landende Flugzeuge kann nur vermieden werden, enn die neutrale Zone breiter gemacht wird, also etwa 00 m. Bei einer Breite eines jeden Streifens von 70 is 80 m würde damit die ganze Zone eine Breite von wa 250 m erhalten. Denken wir aber noch einen Schritt eiter, so müssen auf den Flughäfen, vor allem in den auptverkehrszeiten, sehr viele Flugzeuge abgefertigt rden und das Vorhandensein von nur einer Aufstieg-der Landebahn würde zu langen Wartezeiten führen.

Wir werden bei fortschreitender Verdichtung des Ver-hrs unzweifelhaft zu mehreren Aufstieg- und mehreren ndebahnen kommen und diese nebeneinanderliegenden hmalen, langen Streifen dürften das Feld auch in seiner llen Breite ausnutzen. Außerdem werden wir eine roße Flugplatzfläche auch in der Breitenausdehnung rauchen, wenn wir allmählich zum Fliegen bei sehr hlechtem Wetter und vor allem zum Landen bei Nebel bergehen. Durch welche Mittel oder Geräte dies ermög-icht wird, ist z. Z. noch nicht zu übersehen; aber man uß darauf gefaßt sein, daß eine solche Landung nicht it der Genauigkeit wie eine mit Erdsicht vorgenommene lücken wird. Wir müssen wahrscheinlich mit ziemlich eträchtlichen Abweichungen, vor allem nach den Seiten, ber auch in der Flugrichtung, rechnen.

### Startbahnen

Eine andere Aufgabe, die mit der eben erörterten rage zusammenhängt, ist die Frage des Rollfeldbodens. weifellos bietet die auf deutschen Flugplätzen in den eisten Fällen vorhandene Grasnarbe des Rollfeldes, vor llem wenn sie durch Regen aufgeweicht ist, dem auf-teigenden Flugzeug einen verhältnismäßig hohen Roll-widerstand, und es liegt nahe, die erforderliche Rollänge urch Schaffung einer festen Startbahn herabzusetzen. elbst hochbelastete Flugzeuge dürften auf einer guten benen Betonfläche mit der Hälfte des auf Grasboden otwendigen Anlaufs auskommen. Die erforderliche röße eines Flugplatzes hängt jedoch nicht allein von er Rollänge der verwendeten Flugzeuge ab. Wir üssen z. Z. noch stets damit rechnen, daß beim Aufstieg ine Motorstörung auftritt. Der Flugplatz muß daher ine so große Fläche bieten, daß der Flugzeugführer in

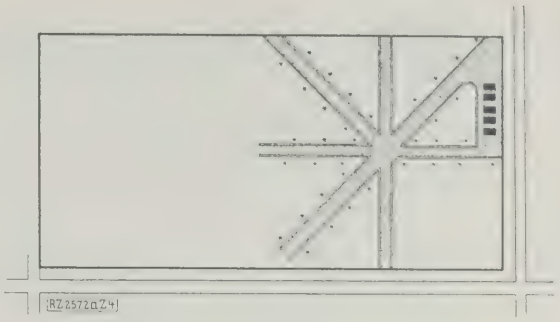


Abb. 4
Flughafen mit Abflug- und Landebahn.

einem solchen Fall das Flugzeug noch auf dem Platz ausrollen lassen und zum Stehen bringen kann. Im Verhältnis zu den hierfür notwendigen großen Rollängen spielt eine Verkürzung des Anlaufs um 100 bis 150 m nur eine verhältnismäßig geringe Rolle. Außerdem dürften die Startbahnen recht erhebliche Unkosten verursachen. Sie sind ferner für die Landung nicht zu gebrauchen, da hierfür eine weiche, federnde Oberfläche verlangt wird, bei der es nur günstig ist, wenn sie keinen zu geringen Rollwiderstand bietet. Sie dürfen daher nur auf den Teilen des Platzes angelegt werden, die gewöhnlich für Landungen nicht benutzt werden. Daß wir auch in späterer Zukunft ganz ohne Aufstiegbahnen auskommen werden, ist allerdings nicht anzunehmen, da die Grasnarbe nicht jeder beliebigen Beanspruchung durch rollende Flugzeuge und durch Propellerwind gewachsen ist; z. Z. ist jedoch selbst auf den belebteren Verkehrsflughäfen die Zahl der Aufstiege und Landungen so gering, daß es möglich ist, eine gute, dichte Grasnarbe zu halten, vor allem, wenn die Sporne der Flugzeuge durch eine andere, das Gras schonende Einrichtung ersetzt sind.

### Geländeneigungen

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre auf den im Mittelgebirge liegenden Plätzen haben auch einiges Licht in die für Flugplätze zulässigen Neigungen des Geländes gebracht. Ein Ansteigen des Geländes verlängert den Start und umgekehrt vergrößert abfallendes Gelände bei der Landung den Auslauf. Ein Grenzwert scheint nach den Erfahrungen der Deutschen Luft-Hansa A.-G. bei einer Neigung von 1 : 80 zu liegen. Diese oder noch flachere werden von den Flugzeugführern im allgemeinen gar nicht bemerkt. Steilere dagegen haben auf verschiedenen Plätzen zu Schwierigkeiten geführt. Es wird jedoch im Gebirge wegen der entstehenden ungeheuren Kosten der Einebnungsarbeiten nicht immer möglich sein, einen Platz mit den geringen Neigungen zu schaffen. Das ist auch zulässig, wenn beim Einsatz der Flugzeuge auf diese Eigenheiten Rücksicht genommen wird. Steiler als 1 : 50 sollen jedoch die Neigungen auch in Ausnahmefällen nicht sein, da sonst selbst die gut startenden und landenden Flugzeuge mit Schwierigkeiten zu kämpfen haben. Die Verhältnisse bei solchen Gebirgsplätzen liegen ähnlich wie bei den Gebirgsstraßen; auch bei ihnen werden Steigungen und Krümmungsradien als erträglich angesehen, die bei einer Straße im Flachlande undenkbar wären. Die amerikanischen Vorschriften sind auch in diesem Punkte recht weitherzig. Dort ist eine Einzelneigung von $2\frac{1}{2}$ vH = 1 : 40, eine Gesamtneigung des Geländes von 2 vH = 1 : 50 ohne weiteres zulässig. Auch diese Vorschrift findet ihre Begründung in der Verwendung andrer Flugzeugbauarten als bei uns. Bei der Veranschlagung von Einebnungsarbeiten von einem Flugplatz muß man sich außerdem davor hüten, das Gefälle mehrfach wechseln zu lassen. Eine durchgehende Gesamtneigung ist durchaus erträglich. Aufstieg und Landung werden aber außerordentlich erschwert, wenn beim Rollen das Flugzeug über Steigungen und Senkungen hinweg muß.

Abb. 5
Land- und Seeflughafen Stettin-Altdamm.

### Seeflughäfen

Dies wäre in großen Zügen ein Überblick über die nach dem heutigen Stande der Erfahrungen an Landeflugplätze zu stellenden Anforderungen. Auch die mit den Seeflughäfen verbundenen Fragen sind in den letzten Jahren etwas klarer geworden, wenngleich die Erfahrungen entsprechend der verhältnismäßig geringen Zahl der Seeflughäfen noch kein so festes Bild geben wie bei den Landflughäfen. Die Ansichten über die erforderliche Größe und Wassertiefe von Seeflughäfen sind noch recht großen Wandlungen unterworfen. Dies ist bedingt in der Hauptsache durch die große Entwicklung, die in den letzten Jahren die Seeflugzeuge durchgemacht haben. Aus verhältnismäßig kleinen und für Flugplätze anspruchslosen Flugzeugmustern haben sich Großflugboote von einem bisher unbekannten Fluggewicht bis 18 t entwickelt, die allerdings z. Z. noch ihre Probeflüge durchführen und über deren Aufstieg- und Landeeigenschaften verhältnismäßig wenig gesagt werden kann. Wir müssen daher noch die bisherigen Anforderungen mit etwa 2,5 km Rollänge und rd. 4 m Wassertiefe zugrunde legen.

Für die festen Landanlagen haben sich jedoch in der letzten Zeit schon einige grundsätzliche Richtlinien ergeben. Die Verhältnisse liegen am einfachsten dort, wo man über eine Stillwasserfläche ohne große Wasserspiegelschwankungen verfügt, Abb. 5. Hier wird sich ein Teil des Verkehrs unmittelbar am Strande abspielen, auf dem Flugboote ohne Kiel und Schwimmerflugzeuge unmittelbar auflaufen können, während gekielte Flugboote an Landungsbrücken anlegen können. Als außerordentlich zweckmäßig haben sich die sogenannten Stichkanäle erwiesen, in die die Flugzeuge hereingebracht werden und die die verkehrsmäßigen und technischen Abfertigungsarbeiten außerordentlich erleichtern, da man zu beiden Seiten des Flugzeuges festes Land hat. Das Liegen der Boote an Land oder in den Stichkanälen ist jedoch nur dort möglich, wo man selbst vor schwachem Seegang hinreichend geschützt ist. Wo dies nicht von Natur der Fall ist, wird man eine ruhige Liegebucht mit künstlichen Mitteln schaffen müssen.

Ist der Wasserstand starken Schwankungen unterworfen, so muß man von den festen Brücken zu schwimmenden Kasten mit Landverbindung übergehen und kann den Strand oder Stichkanäle nicht mehr benutzen. Die letzteren werden in diesem Falle durch zwei nebeneinanderliegende Schwimmkasten ersetzt.

Noch schwieriger werden die Verhältnisse, wenn Strömung hinzukommt, wie es z. B. auf dem Unterweser-Seeflughafen der Fall ist. Ein Festmachen der Flugzeuge an Brücken oder Pontonbrücken ist dann nicht mehr möglich. Diese Schwierigkeiten sind auf dem Unterweser-Seeflughafen durch ein beweglich verankertes Ponton, Abb. 6, sehr gut überwunden worde Dieses weist außer den für die technische und verkehr mäßige Abfertigung der Flugzeuge notwendigen Räum an seinem hinteren Ende eine dockartige Hebebühne a Diese bildet, wenn sie versenkt ist, einen geschützt Hafen, in den das Flugzeug hineingeholt werden kan Sie gestattet außerdem ein Heben des Flugzeuges, we Ausbesserungen unterhalb der Wasserlinie vorgenomm werden müssen. Da sich das Ponton selbsttätig in d Stromrichtung einstellt und außerdem auch an d Seiten so flach gehalten ist, daß Boote auch an d Seite anlegen können, ist es bei jeder Wind- und Str mungsrichtung möglich, gefahrlos anzulegen. Die fest Landanlagen halten sich in bescheidenen Grenzen, da d Schwerpunkt des Betriebes auf das Wasser verle worden ist.

Grundsätzlich unterscheidet sich der Betrieb auf Se flughäfen darin von Landflughäfen, daß die Flugzeu in der Regel im Freien bleiben und nur in Ausnahm fällen, wenn größere Ausbesserungen an ihnen v zunehmen sind, aus dem Wasser geholt werden. Häuf werden auch auf Landflughäfen Metallflugzeuge Freien gelassen, um unnötigen Arbeitsaufwand f das Einbringen zu vermeiden und wenn keine Hall vorhanden sind. Gewöhnlich werden jedoch Landflu zeuge in die Hallen gebracht, da dies für die notwe digen Überwachungen und Arbeiten günstiger ist. Flu zeuge, die nicht aus Metall bestehen, dürfen nur in Au nahmefällen und für kurze Zeit allen Unbilden d Witterung ausgesetzt werden.

Es ist anzunehmen, daß man später bei sehr groß Flugzeugen nur noch für große Ausbesserungen u Überholungen feste Hallen aufsuchen, dagegen im Ve kehr stets im Freien übernachten wird. Dieser Zusta wird dann eintreten, wenn der Motorenraum im Flugze so groß geworden ist, daß das bedienende Personal ihm am Motor arbeiten kann. Solange bei den heutig Maschinen der Motor noch völlig frei liegt, muß man b sehr schlechtem Wetter Hallen aufsuchen.

### Anordnung der Flughafengebäude

Die Flugzeughallen nehmen wegen ihrer großen A messungen im Rahmen des Gesamtbebauungsplanes ein Hafens die erste Stelle ein, während die eigentlichen Ve

Abb. 6
Beweglich verankerter Schwimmkasten zum Festmachen von Flugzeugen.

ırsräume im allgemeinen in einem verhältnismäßig inen Gebäude untergebracht werden können. Man l bei allen etwas größeren Anlagen den technischen rieb von dem reinen Verkehrsbetrieb möglichst tren-ı. Es würde aber zu erheblichen Betriebserschwe-ıgen führen, wenn die beiden Betriebszweige zu weit einanderliegen. Im allgemeinen werden die Flug-tzgebäude, zu einer Gruppe vereinigt, möglichst dicht Rollfeld liegen.

Für die Gesamtplanung der Anlage sind verschiedene ge beschritten worden. Der eine ist die sogenannte ontlösung, bei der die Gebäude an einer der Flug-tzgrenzen in einer mehr oder minder langen Front eordnet sind. Sie hat den großen Vorteil, daß vor den ıgzeughallen ein breites Vorfeld entsteht, das Ge-enheit für alle mit dem Fertigmachen der Flugzeuge wendigen Arbeiten gibt, während der reine Abfer-ungsbetrieb wohl in der Nähe dieses Vorfeldes statt-det, aber doch von ihm ausgesprochen getrennt ist. ohl das kennzeichnendste Beispiel für diese Lösung der Flughafen Berlin-Tempelhof[4]), der z. Z. wohl die ößte Anzahl von Verkehrsflugzeugen auf der Welt be-rbergt. Ein Nachteil ist jedoch mit dieser Anordnung rbunden, denn es wird die eine Grenze des Platzes rch die Gebäude vollständig eingenommen und fällt her für das Aufsteigen und Landen von Flugzeugen g. Solange an den beiden Ecken dieser Grenze ge-gend breite Einschwebelücken von etwa 150 bis 200 m ibleiben, wird man sich damit abfinden können, aber ıe Erweiterung der Anlagen dürfte entweder zu einer rschlechterung des Einschwebegeländes oder zu einer erwünschten Trennung des technischen Betriebes ıren.

Ein andrer Weg, der häufig beschritten worden ist, die Anordnung der Gebäude in der einen Ecke des atzes. Hierbei wird im allgemeinen das Abfertigungs-bäude städtebaulich ansprechend in die Ecke des atzes gelegt, von der nach beiden Seiten die Hallen-nten ausstrahlen. Von der Rollfeldmitte aus gesehen, hmen bei dieser Anordnung die Flugplatzgebäude einen rhältnismäßig kleinen Winkel ein, der Flugplatz wird her nicht so stark verbaut. Zu Schwierigkeiten führt doch die Zusammenfassung der Gebäude in der Ecke, man nicht allein die Gebäude betrachten darf, sondern ese stets nur zusammen mit dem notwendigen Vorfeld. ne Flugzeughalle hat dann nicht zur 30 m Tiefe, son-rn noch vor ihren Toren einen Streifen von etwa 100 m eite, während vor dem Abfertigungsgebäude ein weiter atz liegen muß, der nicht nur den Flugzeugen von der lle aus das Vorrollen gestattet, sondern auch von rchgangsflugzeugen, die vom Rollfeld kommen und eder zu diesem hinausrollen, ohne Schwierigkeiten be-

[4]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1549.

**Abb. 7**
**Flughafen Hannover.**

nutzbar sein muß. Diese Vorfeldflächen und Rollwege überschneiden sich entweder und führen damit zu Betriebschwierigkeiten bei lebhaftem Verkehr oder sie drängen die Gebäude weit auseinander. Der Ecklösung haftet außerdem noch der Mangel an, daß die Flugzeuge häufig schräg über den Platz rollen müssen. Dadurch geht Zeit verloren und die Motoren werden über Gebühr beansprucht.

Es ist daher von verschiedenen Seiten vorgeschlagen worden, die Abfertigungsstelle mit ihrem Gebäude fast in die Mitte des Platzes hereinzurücken und hinter dem Gebäude die Flugzeughallen anzuordnen. Aus dem, was ich oben über Landestreifen usw. sagte, erscheint diese Lösung nicht ganz zweckmäßig, da durch sie die notwendige Breite des Platzes stark eingeengt wird und später bei Verdichtung des Verkehrs zu Schwierigkeiten führen kann.

Die günstigste Lösung scheint ein Ausgleich zwischen den verschiedenen Grundsätzen zu sein. Der Weg, auf dem man diesen Ausgleich zwischen den verschiedenen Auffassungen schließt, wird stets in der Hauptsache von der örtlichen Lage, d. h. den vorhandenen Hindernissen, der Lage der Zufahrtstraßen usw. abhängig sein. Einen Lösungsversuch habe ich bei meinem Entwurf für den Flughafen Hannover, Abb. 7, gemacht, bei dem das Abfertigungsgebäude stark in den Platz vorgezogen worden ist, jedoch nicht weit genug, um das Rollgelände zu behindern, und bei dem die Hallen, wenn auch in andrer Form als bei der keilförmigen Lösung, hinter dem Verwaltungsgebäude angeordnet sind. Hinsichtlich der glatten Abwicklung des Betriebes und der Einschwebefreiheit des Platzes ist jedenfalls für die in Hannover gegebenen Verhältnisse auf die Weise ein Höchstwert erreicht.

### Abfertigungsgebäude

Für die Abfertigungsgebäude hat sich in den letzten Jahren bereits eine gewisse Norm herausgebildet. Die zweckmäßigste Grundrißlösung scheint zu sein, in die Mitte eines langgestreckten Baukörpers die Abfertigungshalle zu legen, an die sich auf der einen Seite die Restaurations- und Warteräume und auf der andern Seite die für den Verkehrsbetrieb notwendigen Bureauräume anschließen. Durch diesen Grundriß werden die ganzen Betriebsräume zweckmäßig vereinigt und von dem Restaurationsbetrieb getrennt. Bei diesem ist zu berücksichtigen, daß er nicht wie bei den Wartesälen der Bahnhöfe nur den Reisenden selbst oder deren Angehörigen, sondern stets auch einer recht erheblichen Anzahl von Zuschauern dient, die den Flugplatz besuchen, um dem neuartigen Betriebe zuzusehen. Gerade diese „Sehleute" sind auf vielen Häfen recht zahlreich. Sie behindern natürlich in gewissem Grade den reinen Abfertigungsbetrieb, man muß ihnen jedoch bei Entwurf des Gebäudes Rechnung tragen, da ihre Anwesenheit im Sinne der Werbung für das neue Verkehrsmittel erwünscht ist. Es ist vorauszusehen, daß in absehbarer Zeit diese Erscheinung nachlassen wird, wahrscheinlich wird jedoch dann die Fluggastzahl selbst so gestiegen sein, daß große Warte- und Restaurationsräume notwendig sind.

Eine sehr bemerkenswerte Lösung ist bei dem z. Z. im Bau befindlichen Abfertigungsgebäude auf dem Flughafen Hamburg-Fuhlsbüttel gefunden worden, bei dem die für die Gepäck- und Frachtabfertigung notwendigen Räume im Untergeschoß, die Räume für die Fluggastabfertigung darüber im Erdgeschoß angeordnet sind. Hierdurch ist eine Trennung der beiden Betriebe herbeigeführt; sie liegen jedoch so dicht beieinander, daß die Einheitlichkeit ohne weiteres gewahrt ist. Nachteilig ist die Lösung nur insofern, als man zur Höhenlage der Abfertigungsplattform über eine schwachgeneigte Rampe aufsteigen muß, die Abfertigungsstelle der Flugzeuge daher in eine verhältnismäßig große Entfernung vom Verwaltungsgebäude rückt. Im allgemeinen soll man danach streben, die Flugzeuge so dicht wie möglich vor dem Gebäude halten zu lassen, damit unnötige Laufwege, die bei schlechtem Wetter sehr störend sein können, vermieden werden.

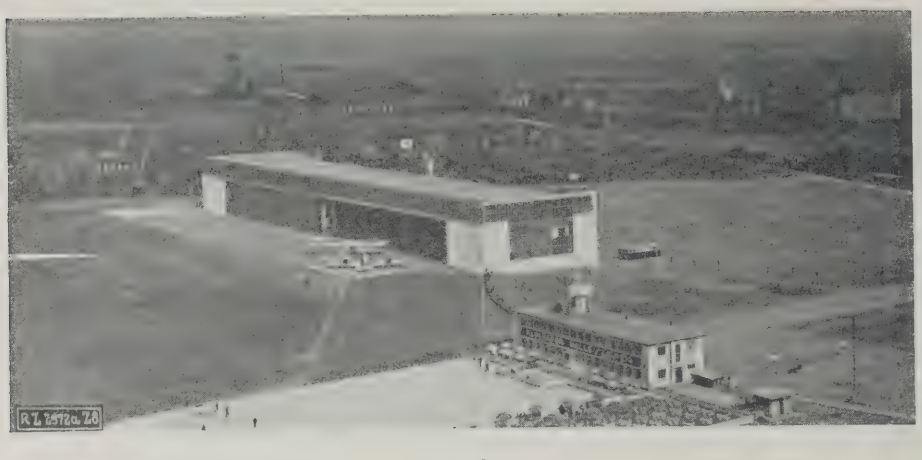


Abb. 8
Flugzeughalle Schkeuditz, Halle-Leipzig.

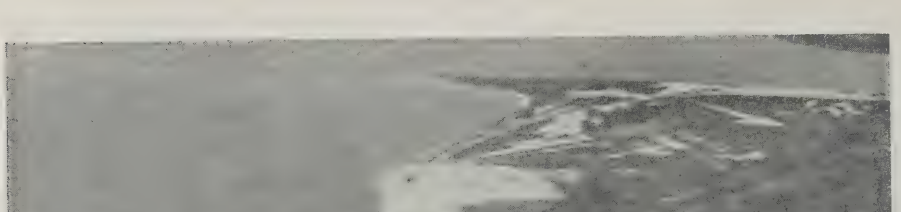


Abb. 9
Flugzeughalle Lübeck-Travemünde.

### Flugzeughallen

Bei der Anlage von Flugzeughallen ist man zur Schaffung immer größerer Einheiten geschritten. Bemerkenswert ist vor allem die Anlage auf dem Flughafen Tempelhof durch die Zahl ihrer Flugzeughallen und die Ausdehnung von 208 m einer Baugruppe[5]), die Anlage in Halle-Leipzig durch die Toröffnung der Flugzeughalle von 120 m mit nur einer Mittelstütze, Abb. 8, die Flugzeughalle B in Hamburg durch ihre lichte Toröffnung von 80 m Spannweite ohne Stütze[6]) und die Flugzeughalle von Travemünde, Abb. 9, durch ihre bedeutende Tiefe von 60 m bei einer lichten Toröffnung von ebenfalls 60 m.

Im großen und ganzen stellen jedoch diese Flugzeughallen konstruktiv gesehen keine besonderen Ausnahmeleistungen dar. Bemerkenswert ist an ihnen in der Hauptsache, daß die eine Front im allgemeinen durch Tore vollkommen geöffnet werden kann. Dieses Erfordernis hat zu verschiedenen Lösungen geführt, vor allem, als man

[5]) Vergl. Anm. 4.
[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1557.

wegen der Größe der Tore einem mechanischen Antr überzugehen gezwungen w Die erste derartige Ausführu ist in Tempelhof durchgefü worden; die harmonikaartig sammenlegbaren Schiebet werden durch ein unterirdi verlegtes endloses Seil, das v ebenfalls versenkten Elektron toren angetrieben wird, bewe In Stettin, wo mit Grundwass schwierigkeiten zu rechnen w und daher eine unterirdis Anordnung nicht angebracht schien, ist der Antrieb der e fachen Schiebetore an die Ob kante der einzelnen Tortaf gelegt worden und erfo ebenfalls durch ein Seil mitt Elektromotoren. Eine neuarti Lösung für eine Flugzeugha ist bei meinem oben bereits wähnten Entwurf für den Flu hafen Hannover vorgesehen. Flugzeughallen sind hier nic wie bisher üblich, mit ihrer Fr parallel der Flugplatzgrenze, s dern senkrecht zu ihr angeord worden. Sie haben dafür Tore beiden Seitenwänden erhalt Ein Vorteil dieser Anordnu liegt darin, daß die Flugzeu ohne große Rangierarbeiten liebig auf der einen oder and Seite der Halle herausgeholt w den können, vor allem aber da daß das Vorfeld auf jeder Hallenseiten nur verhältnismä schmal zu sein braucht, da Flugzeuge nebeneinander z Abbremsen aufgestellt wer können. Es ergibt sich hier eine recht beträchtliche Gelän ersparnis. [B 2572 a

## Amerikanische dieselelektrische Versuchslokomotive

Die New-Yorker Zentralbahn macht gegenwärtig V suche mit einer neuen dieselelektrischen Lokomotive, 180 t wiegt und vier Treibachsen sowie je ein zweiachsi Drehgestell an den Enden aufweist. Ein Zwölfzylindermo mit V-Anordnung der Zylinder leistet bei 310 U/min 900 Die vier auf den Achsen angeordneten Elektromotoren üb tragen die Kraft über Getriebe (Übersetzung 69 : 20). sechs von den zwölf Zylindern haben Anfahrluftventile; Einspritz- und Anfahrluft liefert ein von einem Benzi motor angetriebener Luftverdichter. Die Hauptkonstr tionszahlen betragen:

| | |
|---|---|
| Länge | 18 085 mm |
| Treibachs-Dmr. | 1 120 „ |
| Zyl.-Dmr. | 356 „ |
| Hub | 457 „ |
| Reibungsgewicht | 92 t |
| Höchstzugkraft | 21 000 kg |
| Dauerzugkraft | 7 250 „ |

(„The Engineer“ 20. Juli 1929 S. 92) [N 3404 g] Re

# Einführvorrichtungen und Stapelgreifer an Büromaschinen

*Von Dr.-Ing. RICHARD BERGER, Berlin*

*An Beispielen wird gezeigt, wie bei Büromaschinen die ursprünglich übliche Handarbeit beim Einlegen von Papierbogen und ihrem Greifen vom Stapel durch Getriebe ersetzt worden ist.*

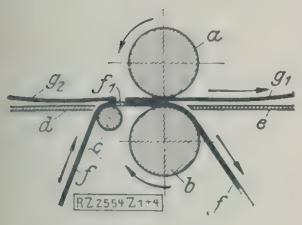



**Abb. 1**
Einführen mit der Hand durch Anlegen an die Perforierung nach dem Augenmaß.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
*c* farbige Walze
*d* Auflegeblech
*e* Ablegeblech
*f* Kopierpapier
$f_1$ Perforierung
$g_1$, $g_2$ Papierbogen

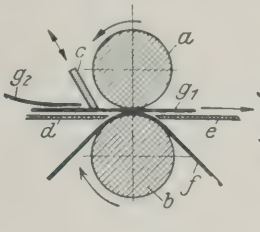



**Abb. 2**
Zeitweise Verriegelung der Einführstelle und Rückhalten des nächsten Bogens.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
*c* Sperrschiene
*d* Auflegeblech
*e* Ablegeblech
*f* Kopierpapier
$g_1$, $g_2$ Vorlagen.

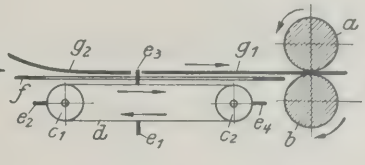



**Abb. 3**
Ketten- oder- Bandführungen mit Bogenvorschub von der Hinterkante.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
$c_1$, $c_2$ Kettenräder
*d* Kette
$e_1$, $e_2$, $e_3$, $e_4$ Vorschubstifte
*f* Auflegeblech mit Schlitzen für die Vorschubstifte
$g_1$, $g_2$ Vorlagen

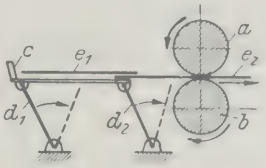



**Abb. 4**
Schwingblech zum Bogeneinführen.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
*c* Schwingblech
$d_1$, $d_2$ Hebel des Schwingbleches
$e_1$, $e_2$ Vorlagen

Wenn man die durch die Augen überwachte Tätigkeit der Hand durch Getriebe ersetzen will, bemerkt man staunend die vielseitige Verwendbarkeit und die hohen Leistungen der Hand. In vielen Fällen ist es erst allmählich gelungen, der Hand eine Arbeit nach der anderen abzunehmen, bis endlich die Getriebe die Hand völlig ersetzen. Der Ingenieur ahmt aber mit seinen Getrieben die Bewegungen der Hand nie sklavisch nach.

### Einführen einzelner Papierbogen

Bei der Einrichtung nach Abb. 1 muß die Hand noch die Hauptarbeit leisten. Ein zu vervielfältigender Briefbogen $g_2$ wird auf eine stetig bewegte, mit Perforierung $f_1$ versehene Kopierbahn $f$ aufgelegt. Zwischen der Formwalze *a* und der Gegendruckwalze *b* druckt sich der als Druckformplatte wirkende Briefbogen $g_2$ auf das Kopierpapier $f$ ab. Der Abstand zweier Perforierungen entspricht der Länge des Briefbogens. Die von voreilenden Walzen abgetrennten Kopierpapierfelder haben dann die Länge der Briefbogen. Der dem Briefbogen $g_1$ folgende Bogen $g_2$ muß mit seiner Vorderkante von Hand genau an den Perforierrand $f_1$ angelegt werden. Die Hand muß dann, den Bogen $g_2$ haltend, der Kopierpapierbahn mit gleicher Geschwindigkeit folgen, bis die Vorderkante des Bogens $g_2$ von den Walzen *a*, *b* erfaßt wird. Um die Perforierstelle gut zu erkennen, kann man eine gefärbte Walze *c* den Kopierwalzen *a*, *b* vorlagern. Diese Maschinen sind noch heute im Gebrauch.

Damit man nicht das Auftauchen der Perforierreihe abwarten muß, hat man auf eine Perforierung verzichtet und war so nicht an Vorlagen bestimmter Länge gebunden. Das Kopierpapier wird dann nachher selbsttätig zerschnitten. Den Walzen *a*, *b*, Abb. 2, ist eine Sperrschiene *c* vorgelagert, die den Zugang zu den Walzen *a*, *b* verriegelt. Unter der Sperrschiene *c* wird der Bogen $g_1$ hindurchgezogen. Den folgenden Bogen $g_2$ kann man frühzeitig auflegen, da ihn die Sperrschiene *c* vom erfaßten Bogen $g_1$ abschabt und an der Mitnahme hindert. Wenn die Hinterkante des Bogens $g_1$ zwischen den Walzen *a*, *b* hindurchgeht, hebt sich die Sperrschiene *c* im Takt mit der Abschneide- und Sammelvorrichtung und man kann den Bogen $g_2$ zwischen die Walzen *a*, *b* einführen. Hierauf senkt sich die Sperrschiene *c* und man kann den nächsten Bogen anlegen. Die Anordnung nach Abb. 2 hat gegenüber der nach Abb. 1 den Vorteil, daß man den zweiten Bogen schon auflegen kann, sobald der erste zwischen den Walzen *a*, *b* eingeführt ist. Ferner ist das Hochgehen der Sperrschiene *c* und das Freigeben der Einführöffnung viel leichter erkennbar als die Perforierlinie.

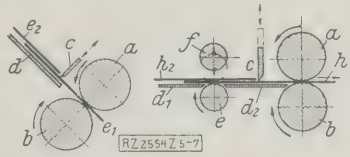



**Abb. 5**
Einführen durch Eigengewicht.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
*c* Sperrschiene
*d* Stützblech
$e_1$, $e_2$ Vorlagen

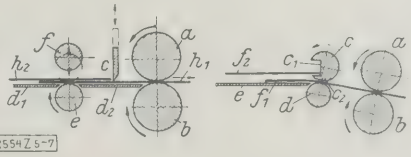



**Abb. 6**
Zusammenwirkende, zeitweise gehobene und gesenkte Anschlagschiene und Einführwalzen.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
*c* heb- und senkbare Sperrschiene
$d_1$, $d_2$ Stützblech
*e* dauernd umlaufende Einführwalze
*f* in der Tieflage von *e* mitgenommene Einführwalze
$h_1$, $h_2$ Vorlagen




**Abb. 7**
Einführwalze mit Anschlagfläche.

*a* Formwalze
*b* Gegendruckwalze
*c* zeitweise gedrehte Einführwalze
$c_1$ Anschlagfläche
$c_2$ Abschrägung
*d* Einführwalze vom Umfang der Walze *c* mitgedreht
*e* Stützblech
$f_1$, $f_2$ Vorlagen

Um der Hand das Einführen der Bogen zwischen die Walzen *a*, *b* zu ersparen, hat man Bandführungen oder Schwingbleche angewendet, Abb. 3 und 4. Auf ihre Stützflächen werden die Bogen einzeln nacheinander aufgelegt und von der Hinterkante her in die Walzen *a*, *b* geschoben. Das Schieben der Bogen von der Hinterkante her hat bei dünnem Papier eine Reihe von Nachteilen, da es ungenau eingeführt wird.

Um nun den Vorteil des selbsttätigen Einführens, Abb. 3 und 4, mit dem Vorteil des unmittelbaren Auflegens eines zweiten Bogens auf den ersten nach seinem Erfassen durch die Walzen *a*, *b* zu verbinden, kam man zu der in Abb. 5 dargestellten Lösung.

Beim Freigeben der Einführöffnung durch Ausschwenken der Sperrschiene *c* gleitet der dem Bogen $e_1$ folgende Bogen $e_2$ durch sein Eigengewicht selbsttätig zwischen die Walzen *a*, *b*. Es kann aber vorkommen, daß ein Bogen hängen bleibt und die Hand ihn nachschieben muß. Dieser Fehler ist in den Ausführungen nach Abb. 6 und 7 beseitigt. Hier wird wieder der Bogen gegen eine Sperrschiene *c* oder Sperrfläche $c_1$ angelegt. Sobald ein Bogen von den Walzen *a*, *b* erfaßt ist, kann der folgende Bogen auf den ersten gelegt werden, ohne daß man den Einführzeitpunkt genau abpassen muß.

In Abb. 6 finden wir wieder die Sperrschiene *c*, gegen die man den Bogen $h_2$ anlegt, sobald die Schiene sich auf den von den Walzen *a*, *b* erfaßten Bogen $h_1$ auflegt. Ist dessen Hinterkante im Begriffe zwischen den Walzen

*a*, *b* hindurchzugehen, so hebt sich die Sperrschiene *c* und die lose Förderwalze *f* senkt sich gegen die dauernd umlaufende Förderwalze *e*, worauf beide den Bogen $h_2$ einführen. In der Ausführung nach Abb. 7 ist eine genutete Einführwalze *c* mit Anschlagfläche $c_1$ für den Papierbogen $f_2$ benutzt. Sobald der Bogen $f_1$ im Begriffe ist, zwischen den Walzen *a*, *b* hindurchzugehen, dreht sich die Walze *c* in der Pfeilrichtung. Der Umfang der Walze *c* berührt die zweite Einführwalze *d* und beide führen den Bogen $f_2$ zwischen die Walzen *a*, *b*. Wenn die Walze *c* in die Ruhestellung zurückgekehrt ist, steht die Abschrägung $c_2$ der Walze *c* der Einführwalze *d* gegenüber. Durch den Zwischenraum zwischen beiden Einführwalzen *c*, *d* wird dann der eingeführte Bogen von den Walzen *a*, *b* hindurchgezogen und der nächste Bogen kann gegen den Anschlag $c_1$ der Walze *c* angelegt werden. Für die Einführung von Karten u. a. sind noch eine Reihe von anderen Getrieben gebräuchlich.

### Stapelgreifer und Einführvorrichtungen

Die vorstehend beschriebenen Beispiele, mit denen die gebräuchlichen Getriebe durchaus nicht erschöpfend behandelt sind, zeigen, wie das Einführen der Bogen in die Büromaschinen von Hand durch Anwendung von Getrieben möglichst erleichtert wird. Jeder Bogen muß aber einzeln von der Hand erfaßt werden. Um auch diese Arbeit zu ersparen, wurden Stapelgreifer gebaut. Die Hand hat nur den Papierstapel auf die Stapelunterlage aufzulegen. Das Erfassen und Einführen der einzelnen Bogen besorgen Getriebe. Die Stapelgreifeinrichtungen an Büromaschinen können, wenn möglichst alle Störungsquellen vermieden werden sollen, oft wesentlich mehr kosten als die eigentliche Büromaschine. Bei billigen Büromaschinen wird daher auf Stapelgreifer verzichtet. Auch bei manchen Maschinen, die Urkunden zu bearbeiten haben, wie Kopiermaschinen u. dergl., wagt man nicht, Stapelgreifer anzuwenden. Wenn hier ein Stapelgreifer versagt, können Urkunden verloren gehen. Man zieht hier die Sicherheit der Bequemlichkeit vor und bleibt bei Getrieben, die den bisher beschriebenen ähnlich sind. Bei Vervielfältigern zieht man oft billige einfache Getriebe teueren und vollkommneren vor und nimmt einen gewissen, selbstverständlich möglichst geringen Ausfall durch Störungen in den Kauf.

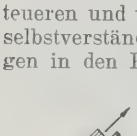



**Abb. 8**
Geneigter Stapelhalter.

**Abb. 9**
Stapelhalter mit Seitenklemmung oder Seitenreibung.

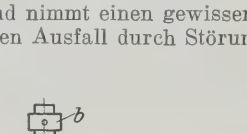



**Abb. 10**
Stapelhalter mit Ritzmesser.
*a* Messer *b* Gewicht

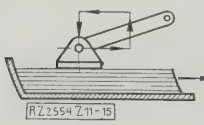



**Abb. 11**
Hin- und rückgehende Reibplatte, beim Rückgang abgehoben.

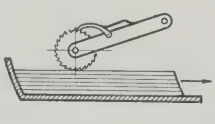


**Abb. 12**
Dauernd aufliegende, beim Greifen gesperrte Reibwalze am Hebel.

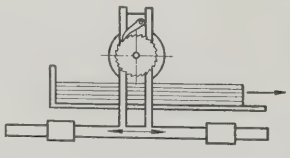


**Abb. 13**
Dauernd aufliegende, beim Greifen gesperrte Reibwalze an Prismenführung.

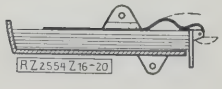



**Abb. 16**
Anschlaghaken und Vorderbausch.

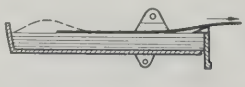


**Abb. 17**
Anschlaghaken und Hinterbausch.

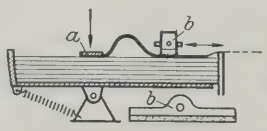



**Abb. 18**
Anschlaghaken und Zwischenbausch.
*a* Anschlagleiste
*b* Reibplatte

### Stapelgreifer an Büromaschinen

Soll der erste Bogen selbsttätig vom Stapel gehoben werden, so muß man den nächsten gegen Mitnahme sichern. Hierzu benutzt man manchmal das Eigengewicht der Bogen. In diesem Falle stellt man den Stapel schief Abb. 8. Am häufigsten aber wird der Stapel, falls er randscharf ist, seitlich zwischen blanken Anschlagblechen eingeklemmt. Bei geringerer Randschärfe des Stapels werden die Bleche mit Samt, Schmiergelleinen oder Schwammgummi überzogen, damit eine große Seitenreibung den Stapel gut festhält und den zweiten Bogen beim Erfassen des ersten gegen Mitnahme schützt, Abb. Große Sicherheit gegen Mitnahme des zweiten Bogens gewähren auch Ritzmesser, Abb. 10. An der Hinterkante des Stapels liegen zwei mit dem Gewicht *b* beschwerte Ritzmesser *a* mit entsprechender Schneide und passendem Schneidwinkel auf dem Stapel auf. Wird der oberste Bogen unter Druck vom Stapel abgezogen, so wird die Hinterkante des Bogens geschlitzt, der darunter liegende Bogen aber festgehalten. Störend wirkt der kurze Schlitz an der Hinterkante. Bei Liniiermaschinen benutzt man solche Messer allgemein.

### Abgreifen vom Stapel unter Druck

Am häufigsten werden bei einfachen Büromaschinen zum Greifen einzelner Bogen vom Stapel Reibungsflächen verwendet. Die Reibung zwischen der Reibungsfläche und dem Papierbogen muß wesentlich größer sein, als die Reibung der einzelnen Bogen an einander. Doch müssen sie aber noch so viel Reibung haben, daß sie beim Erfassen des obersten Bogens durch die darauf drückende Reibungsfläche nicht mitgenommen werden. Für die Reibungsflächen nimmt man gewöhnlich aufgerauhten, gemusterten oder Schwammgummi, Abb. 11.

Abb. 12 und 13 zeigen hin- und hergehende auf dem Stapel dauernd aufliegende Reibwalzen. Seitlich neben den Reibwalzen sind Sperräder angeordnet. Eine oder manchmal, um den Einfluß der Sperrzahnteilung zu verkleinern, mehrere Klinken sperren das Sperrad und hindern die Reibwalze am Drehen beim Mitnehmen des obersten Bogens. Dieser wird also durch die große gleitende Reibung zwischen ihm und der Walze mitgenommen. Bei der Rückbewegung der Walze wirkt die Sperrung nicht und die Walze rollt mit der wesentlich geringeren rollenden Reibung in die Greifstellung zurück ohne den darunterliegenden Bogen zu verschieben und aufzubauschen. Bei den Ausführungen nach Abb. 11 bis 13 werden die Bogen in allmählich abnehmenden Höhen gefaßt. Bei großen Stapelgreifhöhen können dabei merkliche Unterschiede im Zuführen gegen die An-

**Abb. 14**
Ortfest gelagerte Reibwalze.
(Der unterste Bogen wird stets in gleicher Höhe abgenommen.)

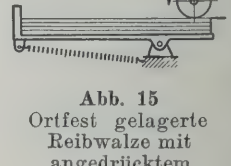


**Abb. 15**
Ortfest gelagerte Reibwalze mit angedrücktem Stapelblech.
(Der oberste Bogen wird stets in gleicher Höhe abgenommen.)

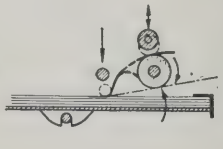


**Abb. 19**
Der Bogen wird über die Reibwalze hinweggeführt.

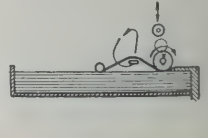


**Abb. 20**
Der Bausch wird mittels seitlich eingreifenden Fingern hochgezogen.

eitswalzen auftreten. Man faßt daher manchmal, Abb. 14, ittels einer ortfest gelagerten Reibungswalze den unteren Bogen.

Besser und verbreiteter ist die Anordnung nach bb. 15. Hier ist der als zweiarmiger Hebel durchebildete Stapelträger drehbar gelagert. Die ortfeste eibwalze nimmt beim Drehen den obersten Bogen tets in gleicher Höhe ab. Den Drehpunkt des Stapels ringt man am besten in mittlerer Stapelhöhe an. Sehr erbreitet sind auch die Bauarten, bei denen die Vorderante des Stapels mit einem Anschlaghaken gefaßt wird, bb. 16 bis 20. Nach Abb. 16 wird der oberste Bogen von iner Reibfläche gegen den Anschlaghaken unter Bildung ines Vorderbausches verschoben. Der Anschlaghaken chnellt dann in die gestrichelt gezeichnete Stellung. Hierei legt sich der Bausch wieder flach über den Anschlagaken hinaus und wird nun von den Förderwalzen erfaßt. Der Haken schnappt dann wieder in die ausgezogen gezeichnete Lage unter dem erfaßten Bogen zurück und hält en folgenden Bogen fest.

Abb. 17 zeigt, wie durch Rückbewegung einer Reibplatte der oberste Bogen unter dem Haken hervorezogen und dabei ein Hinterbausch gebildet wird. Beim Vorbewegen der Reibplatte wird dann der Bogen über en Haken hinweg den Förderwalzen zugeführt. In bb. 18 wird ein Zwischenbausch zwischen der niederedrückten Anschlagleiste *a* und der seitlich verschobenen eibplatte *b* gebildet, wenn diese den obersten Bogen nter dem Anschlaghaken hervorzieht. Beim Vorbewegen ird wieder der Bogen über den Anschlaghaken hinweg en Förderwalzen zugeführt und dabei die Anschlageiste *a* gehoben. Die Bauarten mit Anschlaghaken werden auch so ausgeführt, daß der oberste unter dem Haken ervorgezogene Bogen nicht wie bisher unter der Reibläche, sondern darüber hinweggeführt wird. Eine bemerkenswerte Durchbildung zeigt Abb. 19. Der Stapelalter wird zeitweise nach oben gedreht. Der oberste Bogen kommt hierbei in Berührung mit der Reibwalze, ird unter dem Anschlaghaken vorgezogen und unter Bildung eines Vorderbausches über die Reibwalze hinwegeführt. Eine heb- und senkbare Anschlagleiste hält hierei das andere Ende des Bausches fest. Die Reibwalze ist leichzeitig Förderwalze und führt, unterstützt von einer arüberliegenden heb- und senkbaren Förderwalze, den Bogen den Arbeitswalzen zu. Eine ähnliche Ausführung eigt Abb. 20. Von der Seite her unter den Bausch einreifende Finger ziehen diesen hoch und sichern so das Hinwegführen des obersten Bogens über die Reibwalze.

In manchen Fällen werden die gegriffenen Bogen nmittelbar vor dem Eintritt in die Arbeitswalzen an Vordermarken nachgerichtet, Abb. 21 und 22. In Abb. 21 ird der vom Stapel gegriffene Bogen zwischen fortaufend bewegte Fadenbahnen geleitet. Ein Anschlag erhindert die Mitnahme des Bogens durch die Fadenahn. Sobald die Anschlagmarke gehoben wird, kann der Bogen von den Fadenbahnen weitergeleitet und den Arbeitswalzen zugeführt werden. In Abb. 22 wird der vom Stapel gegriffene Bogen in eine Führung geleitet, aber durch eine Anschlagmarke an der Fortbewegung gehindert. Wenn von der Hinterkante her Förderwalzen nachschieben, bildet der Boden einen Bausch am Eingang in die Führungen. Im richtigen Zeitpunkt hebt sich die Anschlagmarke und senkt sich die Förderwalze $c_1$ auf die dauernd bewegte Förderwalze $c_2$, worauf beide den Bogen den Arbeitswalzen zuführen.

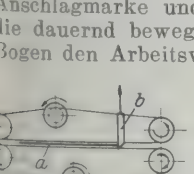



**Abb. 21**
Nachrichten der Bogen zwischen Fadenbahnen an Anschlägen.
*a* Bogen
*b* Anschlagmarke

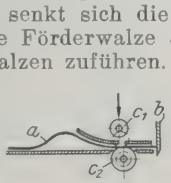



**Abb. 22**
Nachrichten der Bogen in Führungen.
*a* Bogen
*b* Anschlagmarke
$c_1$, $c_2$ zweites Förderwalzenpaar

**Abb. 23**
Stapelhalter mit Kippsauger.

### Absaugen vom Stapel

Alle bisher betrachteten Stapelgreifer haben den ersten Bogen unter Druck auf den Stapel abgegriffen. Im Gegensatz hierzu wird in den Ausführungen nach Abb. 23 und 24 der Bogen durch Absaugen vom Stapel gegriffen. Abb. 23 zeigt einen Kippsauger, wobei nach dem Ansaugen des obersten Bogens der Sauger seitlich kippt und so den obersten Bogen sicher von dem folgenden löst und abhebt[1]). Die bei Druckpressen angewandte Saugwalze, Abb. 24, wurde auch für Büromaschinen vorgeschlagen. Sie hat in der Mitte eine feststehende Achse mit Bohrungen an der Unterseite. Ebenso hat die Saugwalze Bohrungen, die von der Achse bis zur Oberfläche reichen. Die hohle Achse ist an eine Luftpumpe angeschlossen. Beim Umlaufen der Walze treten nacheinander die nach unten gedrehten Walzenbohrungen in Verbindung mit den Achsenbohrungen. Die Luftpumpe saugt über die Achsenbohrungen hinweg aus den unteren Walzenbohrungen die Luft, der unter der Walze liegende Bogen wird angesogen, wobei jeweils andre Walzenbohrungen das Ansaugen und Weiterbewegen des Bogens bewirken. Gegen Mitnahme des Bogens um die Walzenoberfläche können in Rillen der Saugwalze eingreifende Abstreifer sichern oder man kann in die nichtsaugenden Bohrungen Druckluft einführen.

### Rotary-Bogenanleger

Auf der 6. Büroausstellung (1928) in Berlin war an einer Büromaschine eine amerikanische Ausführung des Rotary-Bogenanlegers vorgebaut, Abb. 25. Ein solcher Bogenanleger kostet erheblich mehr als die ganze Büromaschine. Im Gegensatz zu den bisher beschriebenen Feststapeln hat dieser Bogenanleger einen umlaufenden oder Rundstapel. Bei den bisher beschriebenen Stapelarten kann man Papier nur bei stillstehender Maschine nachlegen. Bei der vorliegenden Bauart wird das Papier während des Ganges der Maschine angelegt. Die Bogen werden auf den Ladetisch *a* aufgelegt und hierbei von der Hand etwas ausgestrichen, dann von Förderbändern zwischen der Walze *b* und dem Bügel *c* herum auf den Fördertisch *d* geführt. Die Bogen werden von zwei Streichrädern *e* abgehoben[2]).

### Schlußwort

Wenn man beobachtet, wie sicher die Hand einen Bogen vom Stapel greift, unter Ausnutzung der Reibung zwischen Fingerfläche und Papier und Anwendung des richtigen Reibungsdruckes, und dann die Getriebe betrachtet, die notwendig sind, um mit gleicher Sicherheit Papierbogen zu erfassen und einzuführen, muß man die Tätigkeit der Hand bewundern. Aber eines erreicht sie nicht, die große Geschwindigkeit, mit der die Getriebe arbeiten. Diese Geschwindigkeit muß noch unbedingt gesteigert werden. Die eigentlichen Arbeitsvorgänge in den Büromaschinen könnten wesentlich schneller erfolgen, wenn nicht bei diesen Geschwindigkeiten die Papiergreif- und -einführgetriebe versagen würden. Einfache, billige und dabei rasch und sicher wirkende Stapelgreif- und Papiereinführvorrichtungen können die Leistungsfähigkeit der Büromaschinen wesentlich steigern.

[B 2554]

[1]) Eine Beschreibung der vollkommeneren Bogensauger an Druckpressen gibt *A. Kupfer*, Bogenanlegeapparat Universal, Leipzig 1921.
[2]) Eingehende Beschreibung für Druckpressen s. *A. Kupfer*, Bogenanlegeapparat Rotary, Leipzig 1927.

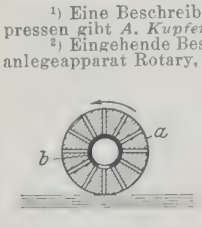



**Abb. 24**
Saugwalze.
*a* umlaufende Walze mit Bohrungen
*b* feste Achse mit Öffnungen an der Unterseite

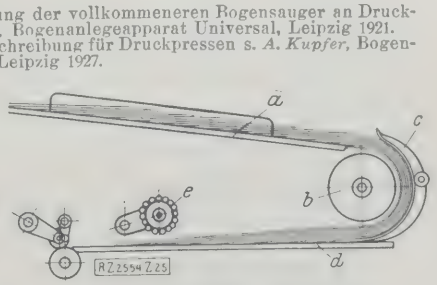



**Abb. 25**
Der Rotary-Bogenanleger.
*a* Ladetisch *b* Walze *c* Bügel
*d* Fördertisch *e* Streichräder

# RUNDSCHAU

## Aus dem Ausland

### Energie

#### Fortschritte im Bau von Turbostromerzeugern

Die Grenzleistungen der Turbostromerzeuger[1]) haben sich in den letzten Jahren um 50 vH und mehr erhöht, so daß heute im Einwellensatz folgende Leistungen gebaut werden:

50 MVA, 3000 U/min, 50 Hertz;
100 „ 1500 „ , 50 „ ;
160 „ 1500 „ , 25 „ .
(1 MVA = 1000 kVA.)

Diese Leistungsteigerung bei derselben Drehzahl wurde fast ausschließlich durch Verlängern der Maschinen (bis zu 5 m) und nur unwesentlich durch Vergrößern des Durchmessers (Erhöhen der Umfangsgeschwindigkeit) erreicht.

Es galt daher vor allem, eine ausreichende Belüftung durchzubilden. Die vereinigte Quer- und Längsbelüftung hat sich am zweckmäßigsten erwiesen, um die Verlustwärme möglichst nahe am Entstehungsort abzuführen. Eigenbelüftung durch zwei auf jeder Stirnseite angebrachte Bläser wird wegen der größeren Betriebsicherheit einer Belüftung durch Außenlüfter trotz des niedrigeren Wirkungsgrades vorgezogen. Bei weiterer Leistungssteigerung wird sich jedoch eine Zusatzbelüftung von außen als notwendig erweisen, die bei kleinerer Belastung abgestellt werden könnte.

Zur Leistungsteigerung trug zweitens die Erforschung und Verminderung der Zusatzverluste bei[2]). Um die stromdurchflossenen Leiter der Ständerwicklung bilden sich, begünstigt durch die Nähe des Eisens, unerwünschte magnetische Wechselfelder aus, die in der Nut eine ungleiche Stromverteilung und auf der Stirnseite Wirbelströme in den Ständerdruckplatten hervorrufen. Durch Unterteilung der Kupferstäbe und Verdrillen der Teilleiter in der Nut lassen sich die Zusatzverluste infolge Stromverdrängung beträchtlich vermindern. Dem ersten Patent von *Crompton* sind zahlreiche andere auf „Kunststäbe“ gefolgt. In neuester Zeit verlegt man die Verdrillung der Teilleiter in die Stirnverbindung, was sich besonders bei der in Amerika gebräuchlichen Zweilagen-(Trommel-, Faß-)Wicklung bequem ausführen läßt. Solange die Ständerdurchflutung in mäßigen Grenzen blieb, traten starke Erwärmungen durch Wirbelströme nur in den Ständerdruckplatten in Erscheinung. Bei großen Maschinen jedoch wurden davon auch die Endblechpakete und besonders die Ständerzähne betroffen. Die Nutisolation verkohlte und die Lötstellen der Wicklung auf der Stirnseite löteten sich aus. Bei Einphasenstromerzeugern wurden auch die Läuferwicklungskappen durch das Ständerstreufeld erhitzt. Man vermindert diese Wirbelstromverluste, indem man die Läuferwicklungskappen und die Druckfinger der Ständerzähne aus unmagnetischem Stahl herstellt. Neuerdings führt man in England zur Dämpfu des Ständerstreufeldes die Druckplatten auf der Stirnse aus Kupfer aus. Ebenso bringt man zwischen den Ständ wickelköpfen und dem Läufer einen Dämpferkäfig an, Abb Der Weg der Streulinien wird dadurch vergrößert und il Anzahl vermindert[3]).

Mit der Maschinenleistung stieg auch die Beansp chung der Isolation. Durch die magnetische Kraftw kung des Stromes werden die Stäbe mit doppelter Schw gungszahl gegen den Nutengrund gehämmert; Temperat schwankungen rufen Schwellen und Schrumpfen der Iso tion hervor, was bei langen Maschinen zu Beschädigung führen kann. Die Wärmeausdehnungszahl von Kupfer 17 . $10^{-6}$, die der Isolation etwa $10 \cdot 10^{-6}$ je °C. Das gibt bei 5 m Länge und 50 °C einen Längenunterschied v 1,75 mm zwischen beiden Baustoffen. Aus diesem Grur empfiehlt es sich, unterteilte Vollstäbe mit glatter Ob fläche zu verwenden. Dem Anschwellen der Isolation den Luftschlitzen begegnet man dadurch, daß man hier Stäbe mit Blechrahmen umgibt, die zugleich den Absta zwischen den Blechpaketen halten. Die Mikaisolation e spricht am besten der Forderung guter Wärmeleitfähigk bei großer mechanischer und elektrischer Festigkeit.

Isolationsbrüche der Stirnverbindungen bei Kurzschli sen werden durch gutes Abstützen und zweckmäßige Ano nung der Wickelköpfe vermieden.

Schließlich hatte auch die Veredlung der Läufe baustoffe an der Leistungssteigerung Anteil. Un Verwendung von hochwertigem Chromnickelstahl baut m heutzutage betriebsichere Läufer bis zu einer Umfangsg schwindigkeit von 150 m/s. Dieser Stahl hat etwa folgen Eigenschaften: Festigkeit 70 kg/mm², Streckgrenze 50 kg/m Dehnung 25 vH, Einschnürung 28 vH. Der Eisenkörper d Läufers wird bei großen Maschinen zuweilen auch dr teilig ausgeführt und durch Schrumpfglieder zu einem fest Ganzen verbunden, Abb. 2 und 3. Unmagnetische Sta kappen sichern die Wickelköpfe des Läufers gegen Flie kräfte. Die kritische Drehzahl liegt bei großen Stro erzeugern für 3000 U/min etwa bei 60 vH dieser Drehzahl.

Die weitere Leistungsteigerung — man plant zur Z Einheiten für 70 MVA bei 3000 U/min — hängt von der B herrschung der Belüftung und der kritischen Drehzahl a Denn bei zweipoligen Stromerzeugern nähert sich die do pelte, bei vierpoligen die einfache kritische Drehzahl d Betriebsdrehzahl.

**Zahlentafel 1**
Vergleich der Kosten bei mittelbarer (I) und unmittelbarer (II) Erzeugung der Übe tragungsspannung

| | | Fall I | Fall |
|---|---|---|---|
| Spannung der Stromerzeuger . . . . . kV | | 11 | 33 |
| Kostenanteil | der Stromerzeuger . . . . vH | 55 | 70 |
| | „ Umspanner . . . . . „ | 20 | — |
| | „ kapitalisierten Umspannerverluste . . . „ | 25 | — |
| | | 100 | 70 |

Mit zunehmender Maschinenleistung wuchsen bei Ve wendung der üblichen Spannungen bis zu 11 kV die Schwi rigkeiten, die Kabel für die großen Ströme auf der verhä nismäßig kleinen Stirnseite der Stromerzeuger unterz bringen. Die General Electric Co. sah sich aus diese Grunde veranlaßt, die Spannung d 208 MVA-Satzes in Hammond von auf 22 kV zu erhöhen[4]). Die u mittelbare Erzeugung d Übertragungsspannung bietet nicht nur bauliche, sonde auch geldliche Vorteile, wie der Ve gleich der unterschiedlichen Kost der elektrischen Ausrüstung ein 11 kV- und eines 33 kV-Kraftwerk in Zahlentafel 1 zeigt. In jede

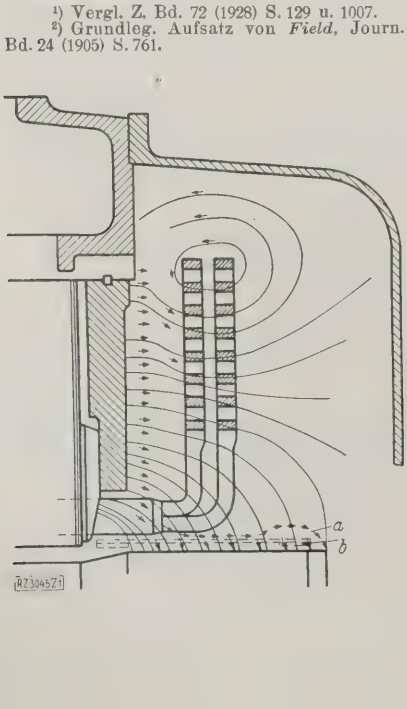



**Abb. 1**
Stirnstreufeld eines Einphasen-Turbostromerzeugers für 3750 kVA mit Dämpferkäfig.
*a* Wirkung des Dämpferkäfigs *b*

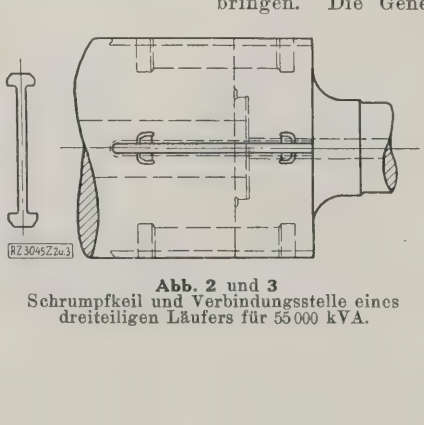



**Abb. 2 und 3**
Schrumpfkeil und Verbindungsstelle eines dreiteiligen Läufers für 55000 kVA.

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 129 u. 1007.
[2]) Grundleg. Aufsatz von *Field*, Journ. Am. Inst. Electr. Engrs. Bd. 24 (1905) S. 761.
[3]) Vortrag *Kuyser*, Inst. Electr. Engr London.
[4]) Gen. Electric Review Bd. 31 (19 S. 7.

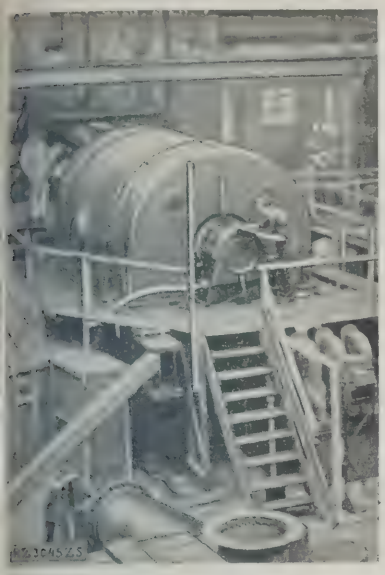


Abb. 4
Drehstromerzeuger für 33 kV, 31 250 kVA, 3000 U/min, im Prüffeld der Heaton Works, C. A. Parsons & Co., Newcastle-on-Tyne.

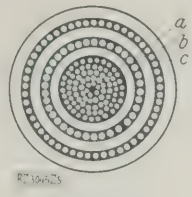



Abb. 6
Schnitt durch den Dreifachleiter der Maschine Abb. 4 und 5.
*a* Innenleiter
*b* Zwischenleiter
*c* Außenleiter

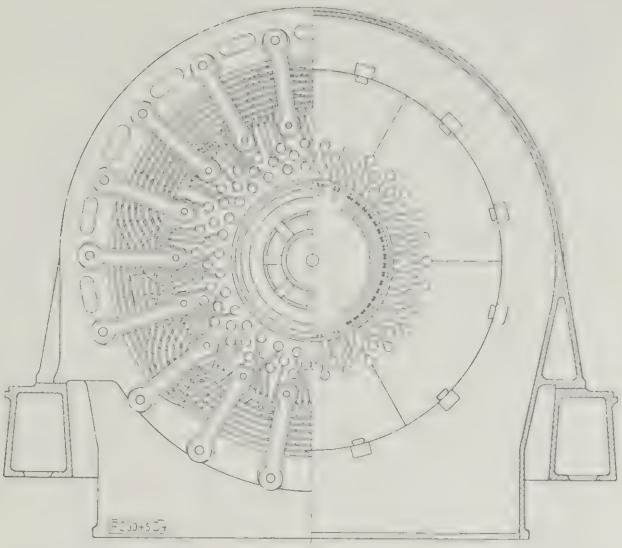


Abb. 5
Drehstromerzeuger für 33 kV, 31 250 kVA, 3000 U/min.
Links Wickelköpfe, rechts Schnitt

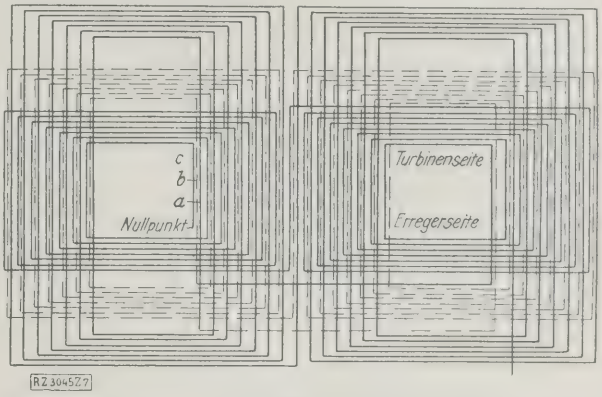



Abb. 7
Ständerwicklung (einer Phase) des Drehstromerzeugers für 33 kV.
Der Stromerzeuger hat 2 Pole mit 90 Nuten und 264 Leitern: je 3 Leiter bilden nach Abb. 6 einen Dreifachleiter.
*a* Innenleiter *b* Zwischenleiter *c* Außenleiter

seien drei Einheiten zu je 50 MVA aufgestellt, von denen eine als Aushilfe dienen soll.

Selbst bei dem eingesetzten hohen Preisunterschied der Stromerzeuger sowie der Vernachlässigung der Gebäudekosten für die Umspanner und der Mehrkosten für Kabel und Schaltgeräte im Falle I ergibt sich für den Fall II eine Kapitalersparnis von rd. 30 vH.

Der Gedanke, Stromerzeuger für die Übertragungsspannung zu bauen, wurde bereits im Jahre 1905 von Ganz & Co. verwirklicht[5]). Es wurden zwei Drehstromerzeuger für 30 kV, 5200 kVA, 450 U/min, 45 Hertz gebaut, die Rom über eine 55 km lange Fernleitung mit Strom versorgten. Die rasche Entwicklung der Fernkraftübertragung in den folgenden Jahren verlangte bald Spannungen von 60 und 100 kV, die wirtschaftlich und betriebsicher nur über Umspanner zu erhalten sind. So kam es, daß die erwähnten beiden Stromerzeuger zwei Jahrzehnte lang die einzigen Maschinen dieser Art blieben. Erst als in neuester Zeit für die Kabelübertragung in Großstädten die Spannung von 30 kV gewählt wurde und sich ferner die oben angeführten Schwierigkeiten beim Anschluß und Verlegen der starken Stromkabel ergaben, rückte die Frage der Hochspannungsmaschine wieder in den Vordergrund.

Im Sommer 1928 wurde im Brimsdown-Kraftwerk, London, ein 33 kV-Drehstromerzeuger für 31 250 kVA, 3000 U/min in Betrieb gesetzt[6]), Abb. 4. Der Ständer hat 90 runde Nuten, die auf drei Lagen verteilt sind, Abb. 5. Die drei Leiter einer Nut bestehen aus konzentrisch angeordneten Einzelleitern, Abb. 6, die so hintereinander geschaltet sind, Abb. 7, daß die inneren Leiter die höchste Spannung (19 bis 13 kV), die äußern die niedrigste (6,5 bis 0 kV) gegen Erde haben. Diese Anordnung ergibt eine gleichmäßige und daher günstige elektrische Beanspruchung der Isolation (19 bis 12 kV/cm). Die Spannungskurve weicht weniger als 1 vH von der Sinusform ab und ist frei von Oberschwingungen. Der Wirkungsgrad wurde bei Vollast zu 96,5 vH, bei Halblast zu 94,3 vH ($\cos \varphi = 0{,}8$) gemessen. Die Streuung beträgt etwa ebensoviel wie die eines normalen Stromerzeugers und des dazugehörigen Transformators zusammen, nämlich 21 vH, was einen Kurzschlußstrom vom 4,75fachen des Nennstromes ergibt. Trotz der großen Streuung hat sich die Wicklung bei Kurzschlüssen ebenso widerstandfähig erwiesen wie die einer 11 kV-Maschine. [M 3045]

Berlin-Spandau *Max Zorn*

[5]) Vergl. ETZ Bd. 30 (1909) S. 252.
[6]) Vergl. Vortrag *Parsons* u. *Rosen*, Inst. Electr. Engrs., London.

## Die Energiequellen Brasiliens[1])

### Brennstoffe

Die Energiequellen Brasiliens bestehen im wesentlichen in festen Brennstoffen, Petroleum und Wasserkräften. Von den festen spielt unter Anthrazit, Steinkohle, Braunkohle und Torf nur die Steinkohle eine Rolle; sie wird in verhältnismäßig geringer Menge in den vier Südstaaten Brasiliens gefunden und gehört zur Klasse der bituminösen Kohlen. In geringem Umfange kommt auch Halbanthrazit vor. Die Kohlenlager werden auf 5 Milliarden t geschätzt. Bei dem augenblicklichen Verbrauch würde dieser Vorrat für absehbare Zeit ausreichen. Die Verwendung der Kohle, die ein Drittel Verunreinigungen enthält (Pyrit und Schiefer), macht technische und wirtschaftliche Schwierigkeiten. Besonders im Staate Sta. Catherina fehlen Beförderungsmöglichkeiten (Eisenbahn und Hafen).

Die Aufbereitungsverfahren der Kohle sind unvollkommen; es bleiben noch 1 vH Schwefel und 20 vH Asche zurück. Mit vollkommeneren Aufbereitanlagen will man folgendes Ergebnis erhalten: Ein Drittel der Kohle mit 15 vH Asche, ein Drittel mit 25 vH und ein Drittel Ausschuß. Somit gehört das beste Drittel zu den sonst als schlechtere Sorte angesehenen Kohlen. Der Verwendung solcher Kohle steht an sich nichts im Wege; nur dürfen die Kosten der Gewinnung, Aufbereitung und Versendung den Preis der aus dem Ausland eingeführten Kohle nicht übersteigen.

Als besonders aussichtreich erscheint die Verschwelung der bituminösen Kohle von 5500 kcal/kg bei niedriger Temperatur, wobei man nach Ausscheidung von Ölen und Teer als Enderzeugnis gewaschenen Halbkoks von 7600 kcal/kg mit 8 vH Asche in Preßlingen erhält. Als Hauptverbraucher kommen die Kriegs- und Handelsschiffe in Frage. Hier sind neuerdings Versuche mit Kohlenstaub als vorteilhafte Verfeuerung im Gange. Es handelt sich jetzt vor allem darum, die besten Mittel zur Herstellung von Preßlingen aus Halbkoks und zu dessen Verbrennung in Staubform zu finden.

Holz verwendet man in Brasilien in bedeutendem Umfang als Brennstoff. Der Waldbestand ist groß; er wird im Staate S. Paulo z. B. auf 30 Mill. Eukalyptusstämme geschätzt. Doch muß jetzt schon dem Raubbau durch staatliche Maßnahmen gesteuert werden.

[1]) Ministerio da Agricultura. Industria e Commercio Serviço Geologico e Mineralogico do Brasil: Fontes de Energia do Brasil. Von *Luzebio Paulo de Oliveira*. Rio de Janeiro 1928, Officinas Typographicas do Serviço de Informações do Ministerio da Agricultura. 21 S. m. 7 Abb.

Nach alledem sind Menge und Art der in Brasilien vorkommenden Brennstoffe nicht sehr günstig für eine rasche großgewerbliche Entwicklung. Die Einfuhr von Steinkohlen wird steigen müssen.

### Wasserkräfte

Brasilien ist aber reich an Wasserkräften. Bisher sind 640 000 PS ausgenutzt, was eine Einfuhr von mehr als 8 Mill. t Kohlen erspart. Das kommt allerdings nicht restlos dem Lande zugute, da die Bauanlagen und die Unternehmungen ganz oder zum größten Teil ausländisch sind.

1889 wurde die erste Wasserkraftanlage zur Gewinnung von Strom zu Beleuchtungszwecken in Betrieb genommen. Mit der Gründung der Gesellschaft Light and Power in S. Paulo und in Rio de Janeiro nahmen diese Städte ihren großen Aufschwung. Bis 1925 wurden für S. Paulo Wasserkräfte von rd. 100 000 kW ausgebaut, wobei sich zur Überwindung der Trockenzeiten Staubecken als ein wirksames Mittel erwiesen. Die Trockenzeit von 1924 hatte jedoch die großen Stauseen Anfang 1925 derartig erschöpft, daß der Staat den Stromverbrauch gesetzlich regeln mußte. Eine Dampfkraftanlage schaffte vorläufig Abhilfe, während eine besonders günstige Flußstelle innerhalb eines Jahres ausgebaut werden konnte. Auch für Rio de Janeiro mußten die Anlagen durch Staubecken verstärkt werden, denen man das Wasser teilweise in einem 9 km langen Stollen zuführt. Weitere Werke sollen bei Vollausbau 120 000 kW liefern.

Über die verfügbaren Wasserkräfte Brasiliens gehen die Ansichten sehr auseinander; es fehlen planmäßige Untersuchungen über den Wasserhaushalt. Dr. *G. de Campos* nimmt für Brasilien das Doppelte der Wasserkräfte in den Vereinigten Staaten von Amerika an, die er mit 230 Mill. PS einschätzt, während die „Erste Weltkraftkonferenz" für die Vereinigten Staaten 55 Mill. PS angibt. Das wären dann für Brasilien 100 Mill. PS. Ingenieur *M. Torres* schätzt Brasilien auf 40 Mill. PS. Am glaubwürdigsten ist die Schätzung des Geologischen Amtes mit 13 Mill. PS; da sie nur die größeren Wasserfälle berücksichtigt, Mindestabflußmengen zugrunde legt und eine erhebliche Vergrößerung der Kräfte durch Aufstauen erreicht werden kann, kommt man den ausbaufähigen Wasserkräften mit etwa 25 Mill. PS am nächsten. Damit steht Brasilien auf der Erde an vierter Stelle (1. Belgisch-Kongo, 2. Vereinigte Staaten von Amerika, 3. Französisch-Kongo). [N 3109]

Berlin *H. Seifert*

## *Metallbearbeitung*

### Sondermaschine für die Herstellung von Gebäudesäulen

Mittels einer neuen Sondermaschine der Structural Service Co., Chikago, die bei der Inland Steel Co., Indiana Harbor, Ind., aufgestellt ist, werden die Kosten der Herstellung von Gebäudesäulen um 40 bis 50 vH gesenkt[1]). Zur Bedienung braucht man fünf Mann. Die Maschine, Abb. 8 und 9, besteht in der Hauptsache aus einem zweiteiligen Tisch für den Zusammenbau von rd. 42 m Länge, der unter einem Ständer mit einer senkrechten und zwei waagerechten Vielspindel-Bohrmaschinen, in denen sich insgesamt 96 Bohrer befinden, durchführt. Die Säule wird auf eine Länge von je 610 mm gleichzeitig von drei Seiten gebohrt. Der Teil des Tisches hinter dem Bohrständer ist 13,725 m lang. Auf dem vorderen Tisch sind eine Anzahl von Rollen senkrecht und waagerecht angeordnet; sie dienen dazu, die Bleche, Winkel, U-Eisen und T-Träger, aus denen die Säule besteht, in die richtige Bohrlage zu bringen. Mittels Kniehebel werden alle Teile fest zusammengepreßt, Abb. 9.

[1]) „Iron Trade Review" Bd. 84 (1929) S. 253.

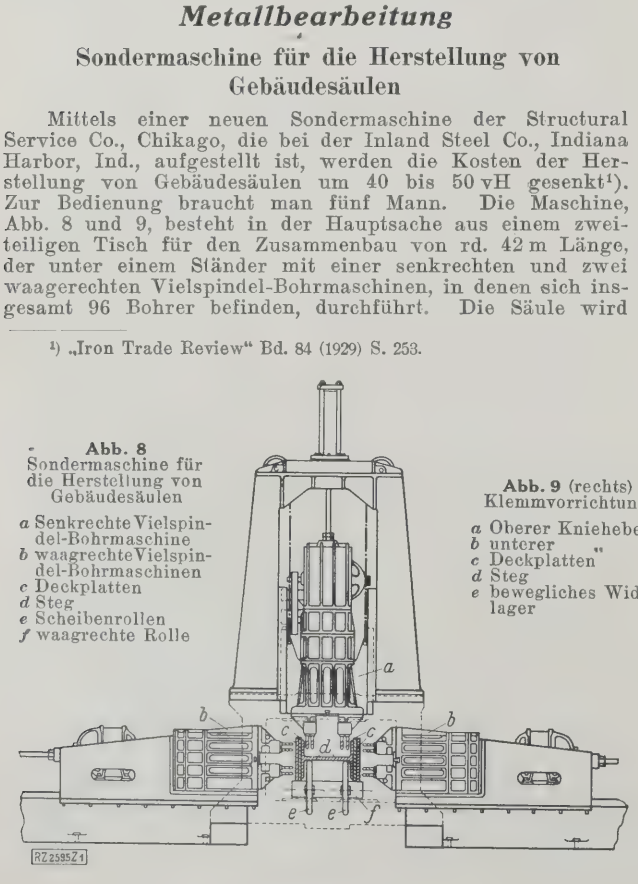



**Abb. 8** Sondermaschine für die Herstellung von Gebäudesäulen

*a* Senkrechte Vielspindel-Bohrmaschine
*b* waagrechte Vielspindel-Bohrmaschinen
*c* Deckplatten
*d* Steg
*e* Scheibenrollen
*f* waagrechte Rolle

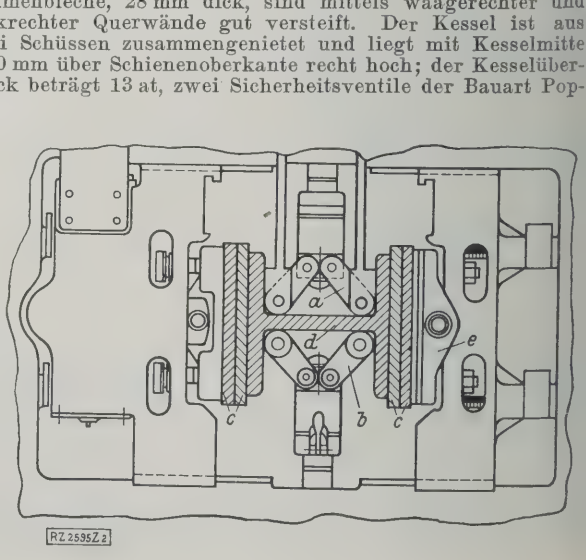



**Abb. 9** (rechts) Klemmvorrichtung

*a* Oberer Kniehebel
*b* unterer
*c* Deckplatten"
*d* Steg
*e* bewegliches Widerlager

Die Rollen des Aufspanntisches haben drei verschiedene Formen, Abb. 8. Große Scheibenrollen *e* unterstützen den Steg *d*, seitliche senkrechte Rollen bestimmen die richtige Breite, und andere, auf die richtige Höhe im Verhältnis zur waagrechten Achse der Säule eingestellte Rollen *f* unterstützen die Deckbleche *c*. Die Scheibenrollen und die senkrechten Seitenrollen sind in waagrechter, die Deckplattenrollen in senkrechter Richtung verstellbar. Die eine Hälfte des Tisches ist unabhängig von der anderen Hälfte einstellbar, so daß man eine Säule bohren kann, während die zweite zusammengesetzt wird. Die Kniehebel, die die Einzelteile zusammenklemmen, werden von je einem Zylinder gesteuert. Der Druck auf die oberen Kniehebel beträgt 40 at, der auf die unteren 47 at. Das rechte verschiebbare Widerlager *e* hat 50 mm Hub und wird mit 47 at angepreßt.

An den drei Bohrmaschinen kann man jede beliebige Zahl Bohrer in Tätigkeit setzen. Nach dem Bohren werden die Teile, ehe man die Kniehebel löst, miteinander verschraubt. Sodann wird die Säule um weitere 610 mm fortbewegt, die Kniehebel angedrückt und wieder gebohrt. Der Vorschub wird durch Öldruck betätigt. Eine Säule im Gewicht von 2,5 t, von 7,32 m Länge und mit Deckblechen in der Breite von 318 mm wird in 25 min zwölfmal gebohrt.

Amberg [M 2595] *H. Illies*

## *Eisenbahnwesen*

### Die 1D2-Tenderlokomotive der tschechoslowakischen Staatseisenbahn

Auf Grund von vorliegenden Vergleichsversuchen, bei denen sich Tenderlokomotiven hinsichtlich Kohlen- und Wasserverbrauch gegenüber Lokomotiven mit Schlepptender besser bewährten, hat das tschechoslowakische Eisenbahnministerium eine Tenderlokomotive mit vier gekuppelten Achsen für schwere Personenzüge und 70 bis 80 km/h Fahrgeschwindigkeit ausgeschrieben, Abb. 10. Zwei Lokomotiven dieser Art wurden nach den Entwürfen von Kolben-Danek, A.-G., Prag, ausgeführt und fahren seit Mai 1928 auf der Strecke Prag – Beneschau – Tabor – Weseli-Mezimosti.

Es ist bemerkenswert, daß man bei dem Entwurf versucht hat, Konstruktionsteile bereits bewährter Bauarten weitestgehend zu verwenden; dies bezieht sich auf Achsen, Kessel, Überhitzer, Rost, Rauchkammer, Anordnung der Kesselarmaturen und -anschlußflansche, sämtliche Armaturen, Zylinder, Schieber, Ventilregler, Kreuzkopf usw.

Die Lokomotive ist vorn mit einem Krauß-Helmholtz-Gestell mit um 55 mm seitenverschieblichem Drehzapfen, hinten mit einem Drehgestell ausgestaltet, dessen Zapfen 42 mm Verschiebung zuläßt. Dadurch wie auch infolge des kurzen festen Radstandes von 3,44 m ist eine gute Bogenläufigkeit gewährleistet, die Krümmungen von 135 mm Halbmesser (auf dem Werkhof) zu durchfahren gestattet. Die Rahmenbleche, 28 mm dick, sind mittels waagerechter und senkrechter Querwände gut versteift. Der Kessel ist aus zwei Schüssen zusammengenietet und liegt mit Kesselmitte 3200 mm über Schienenoberkante recht hoch; der Kesselüberdruck beträgt 13 at, zwei Sicherheitsventile der Bauart Pop-

Roste verhindern Drucküberschreitung. Der vordere Teil des Rostes ist als Kipprost ausgebildet. Der untere Teil der Rauchkammer-Rohrwand ist zur Schonung mit einem in der Gasflamme aufgebrachten Kupferüberzug versehen. Der gesamte Kessel wie auch die Dampfzylinder sind mit Glaswolle gegen Wärmeabgabe geschützt; durch Hochglanzbleche ohne jeden Anstrich wird die Wärmestrahlung nach außen weiter herabgesetzt.

Die Antriebmaschine besteht aus zwei Zylindern in Zwillingsanordnung, die von Kolbenschiebern mit innerer Einströmung gesteuert werden. Die äußere Steuerung ist nach *Heusinger* ausgeführt. Die Lokomotive ist mit Luftdruckbremse nach Knorr mit Zusatzbremse ausgerüstet; für den Zug ist eine Saugbremse vorgesehen. Auffallend ist der Pufferteller-Durchmesser von 450 mm mit Rücksicht auf die große Entfernung der Tellerebene von der Laufachse.

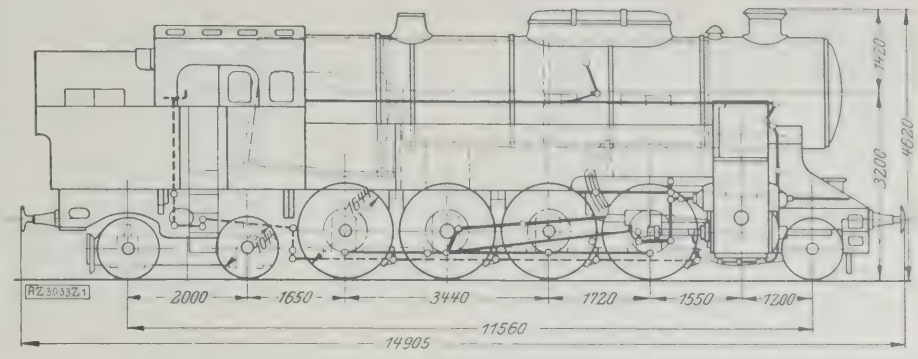



**Abb. 10**
1 D 2-Tenderlokomotive der Tschechoslowakischen Staatseisenbahn.

Für die Bewährung der Lokomotive spricht der Umstand, daß bis Ende 1928 noch sechs Lokomotiven dieser Art geliefert worden und weitere fünf bestellt sind. Bei diesen hat man die ursprüngliche Azetylenbeleuchtung durch elektrische Beleuchtung ersetzt, wobei von einer Turbine angetriebene Stromerzeuger der Bauarten „Sunbeam" und „Westinghouse" erprobt werden. Nachfolgend die Konstruktionszahlen:

| | |
|---|---|
| Zylinder-Dmr. | 600 mm |
| Kolbenhub | 720 „ |
| Kolbenschieber-Dmr. | 280 „ |
| Treibrad-Dmr. | 1 624 „ |
| Laufrad-Dmr. | 1 044 „ |
| Fester Radstand | 3 440 „ |
| Gesamter Radstand | 11 560 „ |
| Kesselüberdruck | 13 at |
| Anzahl der Siederohre 46/51 mm Dmr. | 74 |
| Anzahl der Rauchrohre 70/76 mm Dmr. | 112 |
| Rostfläche | 4,4 m² |
| Feuerberührte Heizfläche | 217,10 „ |
| Feuerberührte Überhitzerfläche | 82,75 „ |
| Leergewicht | 81,80 t |
| Dienstgewicht | 108,34 „ |
| Reibungsgewicht | 59,83 „ |
| Größter Achsdruck | 15,75 „ |
| Zulässige Fahrgeschwindigkeit | 75 km/h |
| Größte Füllung (vor- und rückwärts) | 82 vH |
| Wasservorrat | 15 m³ |
| Kohlenvorrat | 5 t |

(„Strojnicky Obzor" Bd. 9 (1929) Nr. 7 S. 142.)
[M 3033] *Leitner*

## *Schiffs- und Seewesen*

### Rückwärts arbeitende Schlepperschrauben

In einer kürzlich veröffentlichten Versuchsreihe der Schleppversuchsanstalt Washington[1]) wurde die bislang nur wenig[2]) beachtete Frage der Antriebsverhältnisse von rückwärts schlagenden Schiffsschrauben behandelt.

Im allgemeinen wird ein Schiff immer nur während einer verhältnismäßig kurzen Zeit rückwärts fahren; es gibt jedoch zahlreiche Schiffsarten, wie z. B. Hafenschlepper und Fährboote, bei denen für die Rückwärtsfahrt die gleiche Zugleistung und Geschwindigkeit gefordert werden, wie für die Vorwärtsfahrt. Zur Klärung der dabei auftretenden Verhältnisse wurden bei Vorwärts- und Rückwärtsgang das Verhalten einer freifahrenden Schraube und die Vortriebverhältnisse eines Schiffes durch Modellversuche untersucht. Hierzu wurden zwei Modellschrauben von $D = 203$ mm Durchmesser, $\frac{H}{D} = 0{,}75$ Steigungsverhältnis, $\frac{F_a}{F} = 0{,}424$ Flächenverhältnis und $\frac{\delta_i}{D} = 0{,}04$ Dickenverhältnis der Flügel an der Schraubenachse benutzt, deren eine normale, kreissegmentförmige Flügelschnitte aufwies, während die Schnitte der zweiten Schraube auf der Druck- und Saugseite gleichmäßig gekrümmt waren.

Das Ergebnis des Freifahrversuches ist in Abb. 11 in Form der Schub- und Momentenbeiwerte $K_S$ und $K_M$ mit den zugehörigen Wirkungsgraden $\eta$ wiedergegeben. Hiernach zeigt die Normalschraube bei Vor- und Rückwärtsfahrt einen erheblichen Unterschied in der wirksamen Steigung und im Wirkungsgrad ($\eta_1' < \eta_1$). Dieser Unterschied ist durch die äußerst ungünstige Profilgleitzahl[3]) eines derartigen Blattschnitts mit gerader Saug- und gekrümmter Druckseite bedingt. Demgegenüber zeigt die Schraube mit symmetrischen Blattschnitten für Vor- und Rückwärtsfahrt den gleichen Wirkungsgrad $\eta_2 = \eta'_2$, dessen absoluter Wert nur unwesentlich hinter dem der normalen, vorwärts arbeitenden Schraube zurückbleibt.

Für die Versuche zur Ermittlung des Gesamtwirkungsgrades von Schiff und Schraube wurde das Modell eines Schiffes von 33,5 m Länge, 7,1 m Breite, 2,06 m Tiefgang und 235 t Verdrängung gewählt, dessen Widerstandskurve für Vor- und Rückwärtsfahrt gleich war. In Abb. 12 sind außer der Schleppleistungskurve $\mathrm{EPS} = \frac{WV}{75}$ die Propulsionswirkungsgrade $\eta$[4]) (gestrichene Werte gelten für rückwärts) und die Schiffsgütegrade $\xi$[5]) für die gewöhnliche (Zeiger 1) und die Schraube mit symmetrischen Flügelquerschnitten (Zeiger 2) aufgetragen. Neben der allgemeinen Verschlechterung der Wirkungsgrade bei Rückwärtsfahrt erkennt man eine deutliche Verbesserung durch Anwendung einer Schraube mit symmetrischem Flügelquerschnitt, allerdings ist ihr für Vorwärtsfahrt die gewöhnliche Schraube etwas überlegen.

[1]) Vergl. *J. C. Robertson*, „Tugboat propeller backing power", Marine Engineering and Shipping Age Bd. 34 (1929) S. 102.

[2]) Vergl. *Mitchell*, „Der Entwurf und Antrieb von schnellen doppelendigen Schraubenschiffen", Schiffbau und Schiffahrt Bd. 29 (1929) S. 221.

[3]) Profilgleitzahl $= \frac{\text{Profilwiderstand}}{\text{Auftrieb}} = \varepsilon = \frac{\zeta_p}{\zeta_a}$.

[4]) Propulsionwirkungsgrad $= \frac{\text{Schleppleistung}}{\text{Wellenleistung}}$ $\eta = \frac{\mathrm{EPS}}{\mathrm{WPS}}$.

[5]) Schiffsgütegrad $\xi = \frac{1}{1-\psi}\frac{\vartheta}{}$ worin $\psi$ = Nachstromziffer und $\vartheta$ = Sogziffer.

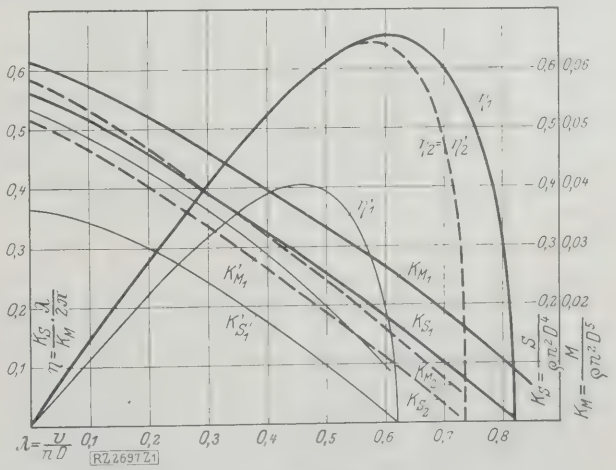



**Abb. 11**
Schleppversuche mit freifahrenden Modellschrauben.

$\eta_1, K_{S_1}, K_{M_1}$ / $\eta'_1, K_{S'_1}, K_{M'_1}$ Normalschraube bei { Vorwärtsfahrt / Rückwärtsfahrt

$\eta_2, K_{S_2}, K_{M_2}$ / $\eta'_2, K_{S_2}, K_{M_2}$ symmetrische Schraube bei { Vorwärtsfahrt / Rückwärtsfahrt

$v$ Schleppgeschwindigkeit (m/s)
$n$ Schraubenumdrehungen (U/s)
$D$ Schraubendurchmesser (m)

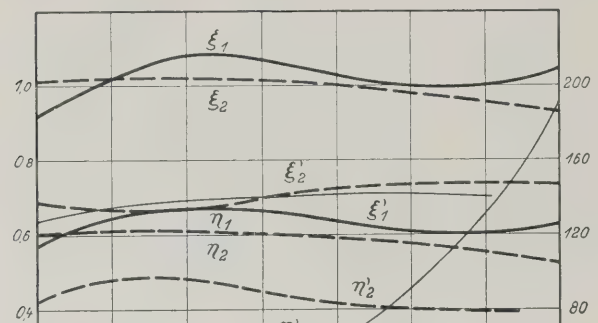



**Abb. 12**
Versuche mit vor- und rückwärts fahrendem Schiffsmodell mit Schraubeneigenantrieb.

Für eine Schiffsgeschwindigkeit von $V_S \approx 10{,}5$ Kn ergibt sich folgende Gegenüberstellung:

| | gewöhnliche Schraube | | Schraube mit symmetr. Blattschnitten | |
|---|---|---|---|---|
| | vorwärts | rückwärts | vorwärts | rückwärts |
| Wellenleistung . PS | 177,5 | 358 | 190 | 270 |
| Nachstromziffer $\psi$ vH | 25,3 | 16,3 | 22,0 | 21,3 |
| Sogziffer $\vartheta$ . . „ | 26,0 | 40,5 | 24,4 | 42,0 |
| Gütegrad $\xi$ . . „ | 99,3 | 71,0 | 26,9 | 73,8 |
| Umdrehungen der Schrauben U/min | 319 | 434 | 350 | 380 |

[M 2697] *Gutsche*

## *Kraftverkehr*

### Hochdruck-Dampfomnibus

*Von Dipl.-Ing. H. W. LINDEMANN, Camden, N.-J., und Dr.-Ing. F. LOEWENBERG, Haddonfield, N.-J., U. S. A.*

Abb. 13 bis 15 zeigen das Fahrgestell eines von der Delling Motors Co., Collingswood, New-Jersey, erbauten, mit Dampf betriebenen Omnibusses für 27 bis 33 Sitzplätze. Der Kessel, Abb. 16 und 17, befindet sich unter der Haube und erzeugt Dampf von 50 at. Er hat 940 mm Innendurchmesser bei 9,5 mm Wanddicke, ist 660 mm lang und enthält in seinem unteren Teil 686 kupferne Feuerrohre von 19 mm Dmr., während der Dampfraum durch Platten und Stehbolzen aus Nickelstahl abgestützt ist. Die beiden gebördelten Kesselböden sind mit der unter dem Hammer geschweißten Trommel durch elektrische Schweißung verbunden. Die Trommel ist zur Erhöhung ihrer radialen Festigkeit mit fünf Lagen von Klaviersaitendraht umwickelt. Der Dampf tritt durch ein Sammelrohr in die Drossel über, die von dem Fahrer mit dem Fuß bedient wird und einen Kolbenschieber zum Regeln sowie ein Tellerventil zum Abschließen des Dampfdurchtritts enthält. Hinter der Drosselvorrichtung strömt der Dampf in eine Überhitzerschlange aus Chromstahl, die im ersten Feuerzug angeordnet ist.

Das Speisewasser wird von einer von der Maschine angetriebenen zweizylindrigen, doppeltwirkenden Kolbenpumpe geliefert. Zum selbsttätigen Regeln des Wasserstandes im Kessel dienen zwei Thermostaten, von denen jeder auf einen der beiden Pumpenzylinder wirkt. Die Thermostate sind in geringem senkrechtem Abstand voneinander am Kessel angebracht und bestehen je aus einem Ausdehnungsrohr, das mit dem Wasser- und mit dem Dampfraum des Kessels verbunden ist. Ist das Rohr mit Wasser gefüllt, so ist seine Temperatur infolge der Ausstrahlung erheblich niedriger als die Dampftemperatur. Tritt aber bei sinkendem Wasserspiegel Dampf in das Rohr, so dehnt es sich aus und schließt dabei ein Ventil, durch das vorher das von der Pumpe geförderte Wasser in den Vorratbehälter zurückfließen konnte. Das Wasser muß daher ein durch den Kesseldruck belastetes Tellerventil anheben und durch einen aus schmiedeisernen Rippenrohren bestehenden Rauchgasvorwärmer in den Kessel eintreten.

Der Kessel wird mit Leuchtöl vom spezifischen Gewicht 0,8 geheizt, das in einem gewundenen Chromstahlrohr unter 11 at Druck verdampft wird. Der verdampfte Brennstoff wird in vier Düsen entspannt und saugt die Verbrennungsluft durch vier Mischrohre in die Mischkammer. Das Gemisch tritt dann durch einen Rost und verbrennt infolge guter Mischung und Vorwärmung mit kurzer blauer Flamme. Ein Teil des Verdampferrohres wird mittels eines Hilfsbrenners heiß erhalten, der nach dem gleichen Verfahren und mit dem gleichen Brennstoff arbeitet wie der Hauptbrenner. Beim Inbetriebsetzen der Anlage aus dem kalten Zustand heizt man den Hilfsverdampfer zunächst mit elektrischem Strom aus dem Akkumulator an und entzündet den Hilfsbrenner elektrisch. Kurz danach kann der Hauptbrenner in Betrieb gesetzt werden. In der Regel bleibt aber der Hilfsbrenner Tag und Nacht in Tätigkeit, und seine Heizwirkung genügt, um die Abkühlverluste des Kessels bei Stillstand zu decken, so daß der Kesseldruck erhalten bleibt und der Wagen jederzeit sofort anfahren kann.

Die Brennstoffpumpe, die mit der Wasserpumpe zusammengebaut ist, fördert den Brennstoff aus dem Vorratbehälter in einen Windkessel. Ein Druckregler erhält den Druck in diesem Behälter unveränderlich, indem er den von der Pumpe gelieferten, aber nicht gleich verbrauchten Brennstoff in den Vorratbehälter zurücklaufen läßt. Zwischen Druckbehälter und Verdampfer ist ein Sicherheitsregler und ein Dampfdruckregler in die Brennstoffleitung eingeschaltet. Der Sicherheitsregler arbeitet in der gleichen Art wie die Wasserstandregler und schützt durch Abschließen der Brennstoffzufuhr den Kessel vor Überhitzung, wenn der Wasserstand im Kessel infolge von Wassermangel im Behälter zu niedrig wird. Der Dampfdruckregler öffnet und schließt die Brennstoffleitung entsprechend der Dampfentnahme, indem der Dampfdruck auf eine Membran wirkt. Kessel und Brenner erfordern also unter gewöhnlichen Betriebsverhältnissen keine Aufmerksamkeit von der Seite des Fahrers.

Die Maschine, Abb. 18, ist etwa in der Mitte zwischen Vorder- und Hinterachse im Rahmen liegend aufgehängt. Die drei doppeltwirkenden Zylinder von 108 mm Dmr. und 120,5 mm Hub arbeiten nach dem Gleichstromverfahren mit zusätzlichem Kolbenschieberauslaß. Diese Bauart wurde gewählt, um die bei den hohen Drehzahlen erforderlichen Auslaßquerschnitte zu erhalten. Die Zylinderdeckel werden zur Verringerung der Abkühlverluste mit Frischdampf geheizt. Eine Exzenterwelle treibt die Heusingersteuerung; die Füllung wird selbsttätig der Umlaufgeschwindigkeit entsprechend geregelt. Der Schieberantrieb des dritten Zylinders ist von dem der beiden anderen Schieber abgeleitet. Das von den hin- und hergehenden Massen hervorgerufene Moment wird durch zwei hin- und hergehende Gegengewichte ausgeglichen, die von zwei unter 180° gegeneinander versetzten Kurbeln angetrieben werden. Die Maschine wirkt mittels der seitlich versetzten Triebwelle un

**Abb. 13**
Fahrgestell eines Dampfomnibusses der Delling Motors Co. für 27 bis 33 Sitzplätze.

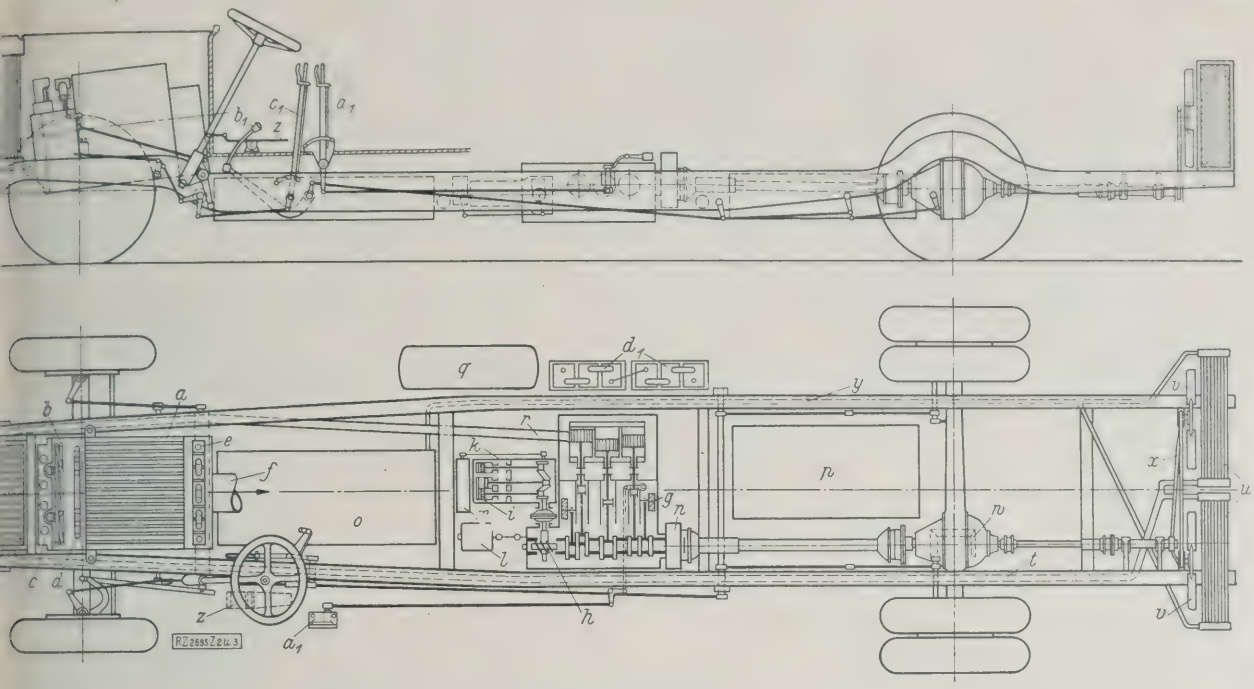


**Abb. 14 und 15**
Dampfomnibus der Delling Motors Co., Collingswood, New Jersey, U. S. A.

*a* Kessel
*b* Brennstoffverdampfer
*c* Brenner
*d* Überhitzer
*e* Vorwärmer
*f* Abgasrohr
*g* Gegengewichte
*h* Antriebschnecke f. d. Pumpen
*i* Speisepumpe
*k* Brennstoffpumpe
*l* Stromerzeuger
*m* Zylinderölpumpe
*n* Schwungrad
*o* Wasserbehälter
*p* Brennstoffbehälter
*q* Brennstoffdruckbehälter
*r* Auspuffrohr
*s* Vorderer Kondensator
*t* Kondensator-Verbindungsrohr
*u* Hinterer Kondensator
*v* Ventilatoren
*w* Kegelrad für Ventilatorantrieb
*x* Ventilatorriemen
*y* Kondensatrohr
*z* Drosselpedal
$a_1$ Rückwärtshebel
$b_1$ Fußbremse
$c_1$ Handbremse
$d_1$ Akkumulator

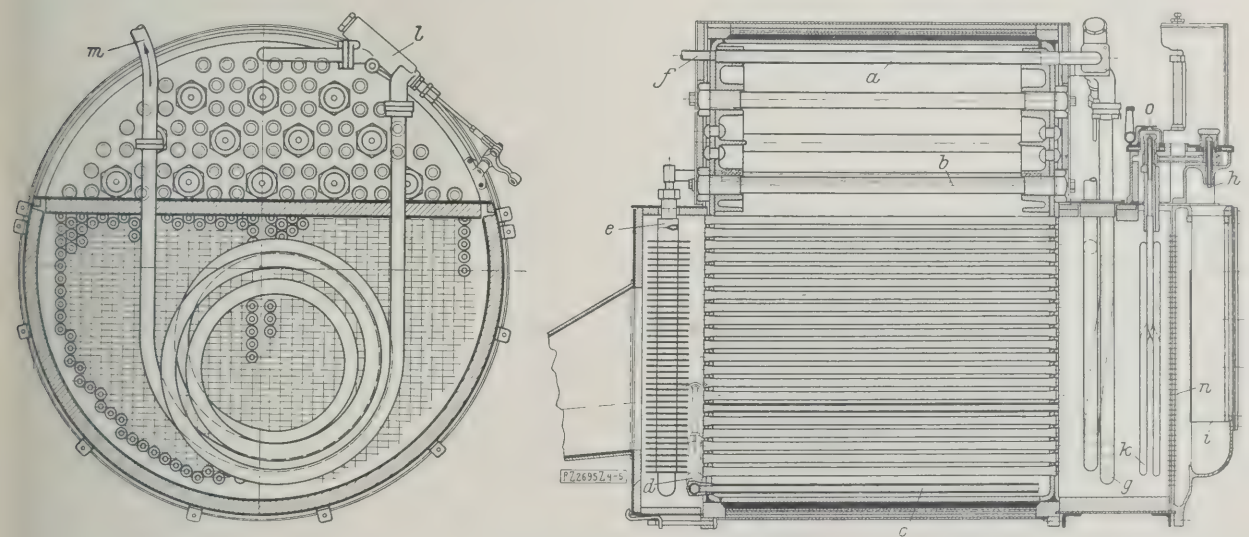


**Abb. 16 und 17.** Dampfkessel.

*a* Dampftrockner
*b* Speiserohrverteiler
*c* Abschlammrohr
*d* Schlammhahn
*e* Speisewasser-Vorwärmer
*f* zum Sicherheitsventil
*g* Überhitzer
*h* Brennstoffdüse
*i* Mischrohr
*k* Brennstoff-Verdampfschlange
*l* Dampfdrossel
*m* zur Dampfmaschine
*n* Rost
*o* Hilfsbrenner

mittelbar auf die Hinterachse und macht bei der für den Stadtbetrieb gewählten Übersetzung 1260 Umdrehungen auf 1 km Fahrstrecke.

Zu den Hilfsmaschinen gehören außer der Brennstoff- und der Wasserpumpe ein elektrischer Stromerzeuger und eine Schmierpumpe für die Zylinder, die das Öl in die Frischdampfleitung hinein zerstäubt. Der Auspuffdampf wird in zwei Kondensatoren unter etwa 1 at niedergeschlagen. Ihre zwei Kühlgebläse werden von der Hinterachse des Wagens über eine Gelenkwelle mittels Riemen angetrieben. Das Innere des Wagens wird durch Abdampf beheizt. Das Gewicht des betriebfertigen Fahrgestells beträgt 5100 kg, das des gesamten Wagens einschließlich Nutzlast 10 200 kg.

Über die bisherigen Ergebnisse haben die Erbauer folgende Angaben gemacht: Der Brennstoffverbrauch ist etwa ebenso hoch wie der eines Omnibus mit Verbrennungsmotor, die Brennstoffkosten sind daher erheblich niedriger, da das Leuchtöl in den Vereinigten Staaten halb so teuer wie Benzin gekauft werden kann. Der Wagen erreicht mit der für den Stadtbetrieb bestimmten Übersetzung der Hinterachse eine Geschwindigkeit von 64 km/h, die für kurze Zeit auf 80 km/h gesteigert werden kann. Auf einer Steigung von 15 vH kann das Fahrzeug je nach der Länge der Steigung 10 bis 25 km/h erreichen und nach dem Anhalten diese Geschwindigkeit schnell wiedergewinnen. Auf ebener Strecke läßt sich der Wagen vollbeladen aus dem Stillstand in 8 s auf 32 km/h beschleunigen. Diese hohe Anfahrgeschwindigkeit verkürzt die Fahrzeiten im Stadtbetrieb. Auch die Einfachheit der Handhabung infolge des Fortfalles von Kupplung und Gangschaltung sowie die Geräuschlosigkeit und Stoßfreiheit des Betriebes machen den Wagen für den Stadtbetrieb besonders geeignet.

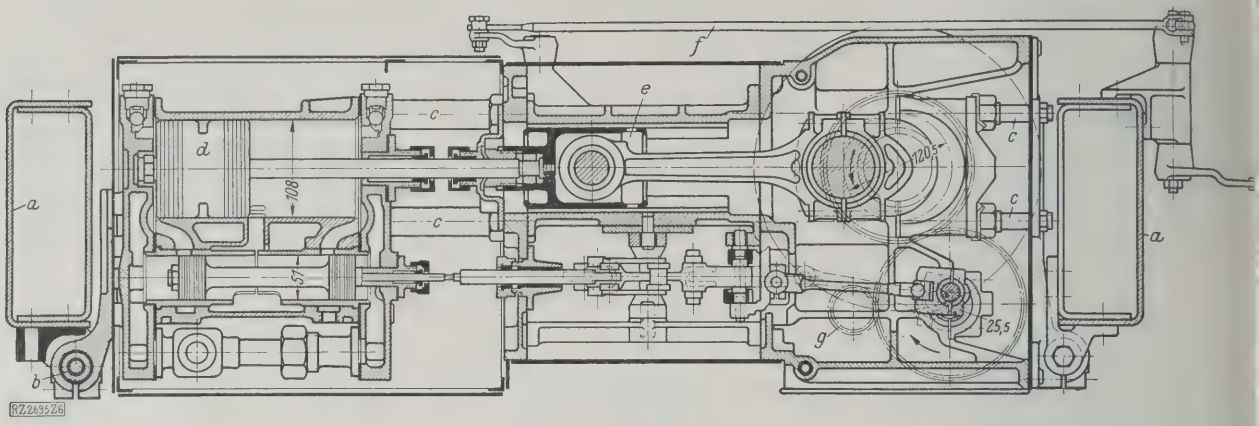



**Abb. 18**
Antriebmaschine des Dampfomnibus.

*a* Fahrgestellrahmen
*b* Aufhängung in Gummibüchsen
*c* Durchgehende Ankerbolzen
*d* Gleichstromkolben
*e* Kreuzkopf
*f* Umsteuergestänge
*g* Antriebwelle für den Stromerzeuger

Ferner erwarten die Erbauer eine längere Lebensdauer des Wagens, weil die Dampfmaschine nur etwa die halbe bis den dritten Teil der Zahl von Umdrehungen auf 1 km macht wie der übliche Benzinmotor und die Zylinder von Staub sowie das Öl von Brennstoff frei erhalten werden kann. Der Kessel hat eine im Lokomotivbau als dauerhaft bewährte Bauart. Die Wiederverwendung des Kondensats gefährdet nicht die Betriebsicherheit des Kessels, weil sich das Öl an der Oberfläche des Wassers im Behälter ansammelt, von wo es durch regelmäßiges Abschlämmen leicht entfernt werden kann; die Reste von Öl sollen im Kessel unschädlich sein, da im Gegensatz zu Wasserrohrkesseln örtliche Überhitzungen vermieden wer den können und der Ölfilm die Rohre vor Kesselstein ansatz schützt.

Die im Wasserinhalt des Kessels aufgespeicherte Ene gie macht es möglich, der Maschine beim Anfahren un auf Steigungen die nötige Dampfmenge sofort zur Ver fügung zu stellen, ohne die Belastung der Heizfläche i dem Maß zu steigern, wie es bei einem Wasserrohrkesse nötig wäre. Die waagerechte Bauart des Kessels ermög licht, die Ausscheidungen des Wassers auf Flächen zu be schränken, die der Wirkung des Feuers entzogen sin Von hier können sie ohne Schwierigkeiten abgeblasen werde [M 2695]

## Gegenwartsfragen der Gießereien

In den Tagen vom 24. bis 26. Mai 1929 hielt der Verein deutscher Gießereifachleute, der auf ein 20jähriges Bestehen zurückblickt, seine Hauptversammlung in Berlin unter dem Vorsitz von Dir. Dr. *Humperdinck* ab, zu der etwa 400 Teilnehmer aus allen Teilen des Reiches und aus dem Ausland erschienen waren.

Der Nachmittag des 24. Mai wurde durch eine vom Elektroofen-Ausschuß des Vereins vorbereitete Elektroofen-Tagung in der Aula der geologischen Landesanstalt ausgefüllt.

Dipl.-Ing. *K. v. Kerpely*, Campia Turzü (Rumänien), berichtete in seinem Vortrage über

**Qualitätsfragen im Elektrostahlwerk**

über Versuche, die er in dem von ihm geleiteten Betriebe der Drahtindustrie A.-G. mit einem 1928 erbauten 1 t-Elektroofen, Bauart Héroult-Lindenberg, bei der Erzeugung von hochwertigem Werkstoff für Seildrähte angestellt hat. Der Ofen wird von einem Drehstromerzeuger mit 550 kVA Leistung bei 380 V Spannung gespeist. Zu seiner Ausrüstung gehört ein 500 kVA-Drehstrom-Öltransformator mit selbsttätiger Druckwasser-Elektrodenregelung, Bauart Brown-Boveri, mit den zugehörigen Schalteinrichtungen. Es wird mit 145/100/80 V sekundärer Spannung gearbeitet; die günstigste Spannung lag bei 100 V, mit der größtenteils die Charge fertiggemacht wurde. Zum Einschmelzen waren 550 bis 620 kVA nötig, während der Gesamtstromverbrauch für die Seildrahtstahlqualität 1000 bis 1100 kWh/t betrug.

Der Herd ist aus Magnesit-Normalsteinschichten bis zum Gewölbe zugestellt. Das Ausmauern hat sich als wesentlich dauerhafter erwiesen als Aufstampfen, namentlich dann, wenn abwechselnd Gußeisen- und Stahlchargen geschmolzen wurden. Der Ofendeckel ist aus Dinassteinen normal gemauert, nur ist rechts vom Abstich ein kleiner Spalt von $70 \times 70$ mm² offen gelassen, um einen leichten Luftzug am Gewölbe entlang hervorzurufen, der den Deckel vor dem Abtropfen schützt. Bei 2 h Feinungsdauer hält so der Deckel 80 bis 90 Chargen aus. Der Elektrodenverbrauch an Acheson-Graphitelektroden betrug 7 kg/1000 kVA.

Bezüglich des Einflusses der Schmelzführung namentlich der Karbidschlacke und des Ferro-Chrom-Titan, das zu etwa 1 vH des Stahlbadgewichtes zugesetzt wird, ist zu bemerken, daß bei siliziertem Stahl dadurch die Anzahl von Einschlüssen erheblich zurückgedrückt wird. Grundbedingungen erstklassiger Erzeugung sind: heißes Schmelzen, möglichst kleine Kokillen und mattes Vergießen. Es wurden auf einem Gespann je 8 Blöcke von 130 mm² Querschnit und 850 mm Länge mit 25er Ausguß gegossen. Die Schief der Blöcke betrug 10 vH. Die Kokillenwände waren unte verstärkt.

Dipl.-Ing. *M. H. Kraemer*, Berlin, sprach über

**den eisenlosen Induktionsofen unter besonderer Berücksich tigung von Sonderausführungen.**

Einleitend wurde auf die ersten erfolgreichen Versuch hingewiesen, auf induktivem Wege ohne Eisenschluß mi hohen Frequenzen Metalle zu schmelzen. Sie wurden 1912/1 mit dem Poulsen-Lichtbogensender in Deutschland vorge nommen. Während des Krieges entwickelten *Northrup* i Amerika und nach dem Kriege *Ribaud* in Frankreich prak tisch brauchbare Schmelzanlagen dieser Art, die mit ge dämpften Schwingungen arbeiteten. Zu deren Erregun wurden Quecksilber- oder umlaufende Funkenstrecken be nutzt. Die Notwendigkeit der Verwendung größerer Öfe führte gleichzeitig in Amerika und Deutschland zu dem Be trieb mit ungedämpften Schwingungen mittels der Hoch frequenzmaschinen.

Bei größeren und größten Betriebsanlagen hat heut die Entwicklung ihre Richtung nach mittleren und niedrige Frequenzen genommen, die unmittelbar von normalumlaufen den Maschinen geliefert werden können. Unabhängig davo ist man bestrebt, das Gebiet der hohen und höchsten Fre quenzen für die Metallurgie zu erforschen. Der Weg führ über die Frequenzvervielfachung durch ruhende Transforma toren, den Funkenstreckenofen und den mit einer Elek tronenröhre betriebenen Ofen[1]).

Der Vortragende ging näher auf das Schmelzaggrega des Eisenhüttenmännischen Instituts der Technischen Hoch schule zu Berlin ein[2]). Die Anlage arbeitet nach einer be sonderen Schaltung so, daß man über ein Frequenzbereich von 20 000 bis 200 000 Hertz verfügt. Die Schwingunge werden von einer mittels normalen Wechselstromes vo 50 Hertz erregten, parallel geschalteten Kondensatorbatterie erzeugt, die durch eine umlaufende Funkenstrecke beson derer Bauart gesteuert wird.

Das Wesen des Schmelzens im eisenlosen oder offene Induktionsofen wird durch den Pinch-Effekt gekennzeichnet der neue metallurgische Möglichkeiten ergibt. Die Wirt schaftlichkeit dieser Schmelzweise erscheint gesichert, da die Zustellungsfrage durch das Sinterverfahren günstig gelös ist. Ein abschließendes Urteil kann aber erst dann gefällt

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 349 und 1656, Bd. 71 (1927) S. 172 und 242, Bd. 7 (1928) S. 895.
[2]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. S. 170.

den, wenn längere Erfahrungen mit dem Betriebe der Bau befindlichen Eintonnenöfen vorliegen. Indessen wird eisenlose Induktionsofen niemals einen andern metallurhen Ofen verdrängen bis auf den eisengeschlossenen uktionsofen, der aber schon sowieso an Bedeutung verhat. Der neue Ofen hat indessen die metallurgischen glichkeiten bereichert und wird sich vielleicht als Schlußse zu Feinungszwecken an bekannte Verfahren anließen. Solange es nicht gelingt, die Wirbelungserscheig ohne Energiedrosselung beliebig zu dämpfen oder aufeben, tut man gut, diesem Schmelzverfahren gegenüber rückhaltung zu üben. Sein Gebiet ist der große betriebsßige Vakuumofen. Er eröffnet große Möglichkeiten für hteisenmetalle, ganz besonders aber für die Stähle.

Dr.-Ing. *K. F. Krau*, Magdeburg, berichtete über

**Betriebskennziffern amerikanischer Elektroöfen.**

e untersuchten Öfen hatten zwischen 0,7 bis 3,5 t Fasngsraum und waren für die Erzeugung von Stahlguß ausmslos sauer zugestellt. Maßgebend war bei der Wahl Ofengröße der Gesichtspunkt, daß nur ein voll ausgetzter Elektroofen mit dem durch Brennstoff beheizten olgreich in Wettbewerb treten kann. Daher herrschte r kleine Ofen vor. Die Frage der Zustellung war für den ren Ofen durch die Rohstoffbasis entschieden, da die Beche vorwiegend über einen gleichmäßigen Einsatz von schen Stanzabfällen und andern neuwertigen Schrottngen verfügen.

Die Ofendeckel erreichen bei der vorherrschend sauren triebsweise Haltbarkeiten bis zu 250 Schmelzen, die bei sischem Futter im allgemeinen nicht erreicht werden. Die längsten haltenden Deckel waren ohne Mörtel aus gut ssenden Formsteinen zusammengesetzt. Die notwendigen hnungsfugen waren durch Weichholzeinlagen vorgezeichnet. Es wurden ausschließlich Graphit-Elektroden der heson Comp., Niagara-Falls, mit bestem Erfolg verwendet. e gebräuchlichsten Ofenspannungen zwischen den Elekden lagen um 130 V, während für Feinungszwecke Spanngen bis auf 84 V herunter benutzt wurden.

Als letzter Redner machte Dr.-Ing. *Nathusius*, Mannheim, sführungen über

**e Erzeugung von synthetischem Grauguß im Elektroofen.**

sgehend von den zahlreichen bisher gemachten Vorlägen zur Veredlung des Graugusses setzte er die Herllung synthetischen Roheisens und Graugusses im Elektroen auseinander, um dann die Sonderheiten eines Verrens von Brown, Boveri & Cie. und Gebr. Sulzer zu ertern, durch das aus Flußeisenschrott hochwertiger Elekgrauguß gewonnen wird. Die bisher mit diesem Verfahren mittelten Ergebnisse werden ausführlich erörtert und dann t den eingangs erwähnten Gußveredlungsverfahren verchen. Es schließt sich eine Erörterung der Ergebnisse n Untersuchungen über das Wachsen von synthetischem ektro-Grauguß an und ein Hinweis auf seine Verwenngsmöglichkeiten.

Der Vormittag des 25. Mai war den Besichtigungen vorhalten, während im Anschluß an die Sitzung des Vorndes und Vorstandsrates am Nachmittag die Vorträge im oßen Saal des Ingenieurhauses fortgesetzt wurden. Reichshnrat Dipl.-Ing. *W. Reitmeister*, Kirchmöser, behandelte

**e Entwicklung eines neuen Desoxydations- und Schmelzrfahrens für Metalle, insbesondre für Kupferlegierungen.**

t dem Hinweis, daß gewissen Gesetzen der Metallurgie ne allgemeinere Bedeutung zukomme, wird auf die Desoxytion von Metallbädern mittels Kohle und den Einfluß des ydgehaltes des Metallbades auf die Zonenseigerungen der ßstücke eingegangen. Dabei hat sich völlige Übereinmmung des Verhaltens der Rotgußlegierungen mit den senlegierungen herausgestellt, die Seigerungsneigung des hstoffs wird durch das einfache Umschmelzen bei Rotguß cht beseitigt. Die Versuche zur Desoxydation von tgußbädern mittels Kohle ergaben, daß die Seigerungen i Rotguß durch den Oxydgehalt des Rohstoffes und auch rch seine Überkohlung wesentlich verstärkt werden. rch ein neues, vom Vortragenden entwickeltes Verfahren rden die Oxyde unter Vermittlung von Kohle aus dem hmelzbad entfernt unter gleichzeitigem Vermeiden einer berkohlung. Liegen keine oxydischen Schmelzbäder vor, tritt bei Rotguß leicht eine Verschlechterung der Metallte ein, die wahrscheinlich mit einer Absorption von CO rch das überreduzierte Schmelzbad zusammenhängt. Um i Rotguß die besten Metalleigenschaften zu erreichen, muß wa vorhandener Kohlenstoff durch starke Oxydation beseit werden. Hierauf erfolgt die wirksame Oxydation der hmelze durch Kohlung. Zum Schluß werden einige Erbnisse des Verfahrens mitgeteilt, das schon seit längerer it im Versuchsbetrieb angewendet wird.

Oberingenieur *G. Stern*, Frankfurt a. M., sprach über

**die Beanspruchung des Menschen bei den einzelnen Arbeitsvorgängen in der Gießerei.**

Einleitend kennzeichnete er die seitens der Industrie zur Hebung der Wirtschaftlichkeit der Betriebe zu treffenden Maßnahmen nach folgenden Gesichtspunkten:

1. Preissenkung für die industriellen Erzeugnisse und damit Schaffen eines entsprechenden Inlandabsatzes sowie der Exportfähigkeit für die einheimische Industrie, infolge der dem Weltmarkt angepaßten Preise. 2. Eine möglichst gleichzeitige Hebung der Güte des Erzeugnisses und 3. Ausbau einer entsprechend großen und schlagkräftigen Verkaufseinrichtung und eines Propagandadienstes.

Als Kernpunkt der Rationalisierung bezeichnet *Stern* die Kraftausgabe-Ersparnis bei größerem Verdienst. Auch bei der menschlichen Maschine sollte man nicht nur danach fragen, was sie in der Zeiteinheit leistet, sondern auch, wieviele kW, PS, kcal usw. sind für die verlangte Arbeitsleistung aufzubringen? Mit der Stoppuhr allein ist es nicht getan. Mit fortschreitender Rationalisierung erkennt man immer mehr, daß die Untersuchung des Kraftverbrauchs eine mindestens ebenso große, wenn nicht noch größere Beachtung verdient als die Zeitstudie. *Stern* berichtet dann über Versuche, die auf Anregung des Frankfurter Kreisarztes, Medizinalrats Dr. *Ascher*, durch den Arbeitsphysiologen Dr. *Simonsohn* in seiner Gießerei durchgeführt wurden. Um den Verbrauch an Wärme (gemessen in kcal) bei den einzelnen Arbeitsvorgängen zu messen, wurden der Sauerstoffverbrauch und die Kohlensäureausscheidung des Arbeiters festgestellt. Vergleicht man die Arbeit beim Verdichten des Sandes durch Handstampfer, Handhebelpresse und Druckwasserpresse miteinander, so erkennt man, wie durch Veränderungen an der Maschine die Arbeitsleistung zu verbessern ist. Die Wärmemenge fällt von 11 429 über 9569 auf 5820 kcal, auf das Stück bezogen, während sie von 4049 über 5110 auf 5640 kcal/min steigt, nachdem die Leistung gestiegen ist, und zwar von 0,353 über 0,518 auf 0,978 Stück in 1 min. Es muß das Bestreben sein, Wärme einzusparen, ohne die Leistungshöhe zu vermindern. Die Analyse der für die einzelnen Verrichtungen erforderlichen Wärmemengen zeigt die Notwendigkeit der Vereinfachung oder Beseitigung der Arbeitselemente, die besonders viel Energie verbrauchen. Das sind zumeist Nebenarbeiten, wie Beförderung der leeren und vollen Formkästen, das Abstreichen, das Sandschaufeln, das Festschlagen des Sandrückens usw. Hieraus ergeben sich wiederum eine Menge Anregungen für die Formmaschinenbauer, z. B. Erleichterungen beim Bewegen der Schwenkbewegung des Preßholms oder des Preßhebels u. dergl. Es fehlen ferner gänzlich geeignete Abstreifvorrichtungen für die verdichteten Kasten. Für den Wirkungsgrad der Maschine und den Wärmeverbrauch des Menschen ist es nicht gleichgültig, wie man die Lagerung der beweglichen Teile auch bei den unbedeutenden Wegen, wie sie die Formmaschine erfordert, vornimmt. Der Arbeitsphysiologe ist sonach dem Betriebsleiter ein wertvoller Helfer bei der Rationalisierung, wo es gilt, die scheinbaren Gegensätze auszugleichen, die gekennzeichnet sind mit den Worten Geldersparnis bei Leistungssteigerung und Kraftersparnis bei mehr Verdienst.

Den letzten Vortrag des Nachmittags hielt Oberingenieur *Chr. Gilles*, Berlin, über

**die Entwicklung des Gußeisenschmelzbetriebes und des Gattierungswesens während der letzten 50 Jahre.**

Nach einer einleitenden Übersicht über die alte Schmelz-, Gieß- und Gattierungsweise und die Lehren von *Dürre*, *Ledebur*, *Wüst*, die auf Grund eingehender Versuche die Silizium- und Mangangehalte den Wandstärken der Gußstücke anzupassen empfahlen, wird auf die Bestrebungen hingewiesen, die ausländischen, besonders englischen Roheisensorten, durch einheimische zu ersetzen, wobei namentlich die Verdienste von *Jüngst* hervorgehoben werden. Im weiteren Verlauf werden die verschiedenen neuzeitlichen Verfahren behandelt, und zwar die von *Hennings*, *Diefenthäler*, *Corsalli*, *Emmel* u. a. zur Herstellung von Perlit- und niedriggekohltem Guß. Zum Schluß seiner Ausführungen nahm *Gilles* Stellung zu der Frage der Patenterteilungen, die sich auf die verschiedenen Verfahren zum Herstellen von sog. Edelguß beziehen.

Die eigentliche

**Hauptversammlung**

wurde durch eine Ansprache des Vorsitzenden am 26. Mai im Ingenieurhause eröffnet, in der er auf die Notwendigkeiten kritischer Forschung auf allen Gebieten des industriellen Schaffens einging. Er erblickt die Sonderaufgabe der deutschen Gießereifachleute darin, daß sie in sachlichem und geistigem Wettkampf die Weiterentwicklung der gesamten deutschen Gießereitechnik und damit der deutschen Wirtschaft fördern.

Der sich anschließende Tätigkeitsbericht des Geschäftsführers *F. Bock*, Berlin, ließ die günstige Entwicklung des Vereins auch im vergangenen Jahre erkennen, in dem ein Mitgliederbestand von rd. 1500 erreicht wurde. Der Bericht brachte das rege Leben zum Ausdruck, das sich im Hauptverein und in den Ortsgruppen abspielt, durch eingehende Schilderung der verschiedenen Arbeiten, die geleistet wurden.

Dann macht Prof. Dr.-Ing. *E. Piwowarsky*, Aachen, eingehende Ausführungen über die Frage:

**Wie ist der basische Stahlschmelzofen gegenüber dem sauer zugestellten metallurgisch zu bewerten?**

Vom Gütebegriff ausgehend wurden die ursächlichen Zusammenhänge zwischen der praktisch üblichen Arbeitsweise beim Schmelzbetrieb saurer und basischer Öfen und den ihnen zu Grunde liegenden physikalisch-chemischen Reaktionen auseinandergesetzt. Die Betrachtungen fußten auf den neuzeitlichen Vorstellungen von dem Aufbau basischer und saurer Ofenschlacken, nach denen die basische Martinofenschlacke als stark dissoziierte Schmelzlösung von Kalksilikaten und Silikophosphaten anzusehen ist, in der das Lösungsmittel für die Oxyde in freiem Zustande vorliegt. Unter Anwendung des Massenwirkungsgesetzes, des Nernstschen Verteilungsgesetzes und andrer grundlegenden Gesetze der physikalischen Chemie ergeben sich wichtige Ableitungen für den metallurgischen Wert des basischen Stahlschmelzverfahrens mit Bezug auf Entphosphorung, Desoxydation und Entschwefelung. Im Gegensatz zu den basischen sind die sauren Schlacken als Schmelzlösungen von Olivinen und Pyroxenen anzusprechen und nur wenig dissoziiert, woraus sich bedeutungsvolle Schlußfolgerungen für den Desoxydationswert saurer Stahlschmelzöfen ziehen lassen. Es wird ferner auch auf die Bedeutung des Begriffes Basizität, die eigenartige Stellung von Magnesia und Tonerde bei hochbasischen Schlacken hingewiesen, sowie auf die Schwierigkeit der Probeentnahme und die unvermeidlichen Fehlerquellen bei der Schlackenanalyse. Des weiteren wurden die Bedingungen erläutert, die zur blasenfreien Erstarrung des Stahls führen, und die ursächlich nur wenig geklärten Unterschiede beim Erstarren, Abkühlen und weiterem Verwenden der beiden betrachteten Stahlarten.

**Die Ausbildung von Gießereifachleuten**

bildete das Thema der beiden folgenden Vorträge. Prof. Dr.-Ing. *M. Paschke*, Clausthal, behandelte den Gegenstand vom Standpunkt der Hochschulen und Bergakademi aus. Es wird ein in allen Einzelheiten gegliederter A bildungsgang empfohlen, der zeitlich, wie bisher, auf einer mindestens einjährigen praktischen Tätigkeit d Studenten die Möglichkeit gibt, mit Abschluß des viert Semesters die Vorprüfung abzulegen und mit Abschluß achten das Studium zu beenden. Die dann gestellte Diplo aufgabe soll möglichst in der Praxis angefertigt werd und Rechenschaft darüber geben, ob der Student theo tisch und praktisch das nötige Rüstzeug besitzt und anzuwenden versteht. Ein Teil der Diplomarbeiten ka aber auch in den Instituten der Hochschulen und Bergak demien angefertigt werden. Dasselbe gilt von den Dokt arbeiten. Nach Abgabe der Diplomarbeit erfolgt die mün liche Prüfung.

Prof. Dr.-Ing. *C. Geiger*, Obereßlingen, zog die tec nischen Mittelschulen in den Kreis seiner Betrachtung Er kam zu dem Schluß, daß für künftige Gießereifachlei die Schulung an Maschinenbauschulen nicht mehr ausr chend sei, schon weil von ihnen heute grundsätzlich erhebli mehr metallurgische Kenntnisse verlangt werden als v den Konstrukteuren. Eine Umschulung durch Ergänzun oder Weiterbildungskurse ist sehr schwierig, weil dal gewöhnlich nur versucht wird, in kurzer Zeit Einzelkenn nisse zu vermitteln, nicht aber metallurgisches Denken g lehrt wird. Geiger schlägt vor, zur Hebung dieses Mi standes einzelnen höheren Maschinenbauschulen in den f die Gießereiindustrie besonders wichtigen Bezirken met lurgische Abteilungen anzugliedern, die nach Bedarf etv alle 2 bis 3 Jahre zur Aufnahme von Schülern geöffn werden.

Einen erhebenden Abschluß fand die Hauptversam lung durch den Vortrag von Prof. Dr. phil. nat. *Fr. De sauer*, M. d. R., Frankfurt a. M., über Technik un Wirtschaft. In tiefgründigen und formvollendet Ausführungen gab er einen Abriß seiner Philosophie d Technik und entwickelte die Begriffe Technik als Leb und Wirtschaft als Gesellschaftsgeschehen. Die Techn macht aus Ideen reale Formen, aus der geistigen Einor nung dieser entsteht die Wirtschaft. Die Technik frag ob eine erfundene Form oder ein neues Verfahren ein Dienstwert besitzen, während die Wirtschaft danach frag ob sie auf dem Markt vorteilhaft verkauft werden könne also einen wirtschaftlichen Wert besitzen. Es besteht als zwischen Technik und Wirtschaft ein Wesensunterschied.

Hamburg [N 3161] *Lohse*

# *Kleine Mitteilungen*

### Flugmotor für Schwerölbetrieb

Auf der internationalen Luftfahrt-Ausstellung in London führte die Sunbeam Co. auch einen Flugmotor für Schwerölbetrieb vor, den sie auf Anregung des englischen Luftfahrt-Ministeriums entwickelt hat. Der Motor hat sechs in einer Reihe stehende Zylinder von 120 mm Dmr. und 130 mm Hub, die einen Block aus Leichtlegierung bilden und mit Laufbüchsen aus Stahl versehen sind. Die Kolben aus der bekannten Y-Leichtlegierung sind für einen Verdichtungsgrad von 12 bemessen. Jeder Zylinder hat ein Einlaß- und ein Auspuffventil von 45 mm Dmr. sowie ein gesteuertes Brennstoffventil. Alle Brennstoffventile werden aus einer gemeinsamen Leitung gespeist. Der Motor soll bei der Nenndrehzahl von 1500 U/min 7,14 at mittleren wirksamen Kolbendruck ergeben, bezogen auf 1 PSh (engl.) Nutzarbeit, 0,227 l Brennstoff und 0,017 l Schmieröl verbrauchen und ohne Wasser und Öl 197 kg wiegen, d. h. 1,64 kg/PS, bezogen auf 112 PS Höchstleistung bei 1600 U/min. Der Motor soll ohne Behelfe aus dem kalten Zustand anlaufen. Seine Hauptmaße betragen 1600 mm Gesamtlänge, 975 mm größte Höhe, 437 mm größte Breite. („Engineering" 26. Juli 1929 S. 107*) [N 3404 a] *H.*

### Vielspindel-Bohrmaschine mit hydraulischem Vorschub

Die Baush Machine Tool Co. in Springfield, Mass., baut eine Vielspindel-Bohrmaschine, deren Vorschub mittels Drucköl betätigt wird und die in Gußeisen gleichzeitig bis zu 24 Löcher von 13 mm Dmr. bohrt. Der Bohrkopf ist mittels eines Gegengewichtes ausgeglichen. Der Vorschub wird unmittelbar durch den Druck des sich in dem Druckzylinder bewegenden Kolbens bewirkt. Eine Niederdruckpumpe liefert das Öl in den am Kopfe des Ständers befindlichen Zylinder mit 17,6 at. Im Bedarfsfalle kann der Druck mittels einer Hochdruckpumpe bis auf 70 at erhöht werden. Die Hochdruckpumpe hat eine veränderliche Liefermenge von 0 bis 6,5 l/min, die Niederdruckpumpe liefert gleichbleibend 39 l/min.

Während eines Arbeitsganges können zwei verschiede Vorschubgeschwindigkeiten von 95 mm/min zum Versenk und 75 mm/min zum Bohren eingestellt werden. Die M schine selbst wird von einem Motor von 10 bis 15 PS a getrieben, während die Hochdruckpumpe höchstens 1,5 und die Niederdruckpumpe bis 3 PS beansprucht. („Engine ring" 26. Juli 1929 S. 126) [N 3404 b] *Schr.*

### Großes Abflußventil

Für das Sugarloaf Rubicon-Wasserkraftwerk im Sta Victoria, Australien, ist kürzlich ein großes Nadelvent gebaut worden, das dazu dienen soll, auch bei geschlossene Turbinen den Wasserabfluß zu regeln. Es stellt mit 2,74 Dmr. am Einlaß, 2,28 m Dmr. am Auslaß und 5,6 m Druc höhe eines der größten bisher gebauten Abflußventile da Das Gehäuse, aus mehreren Teilen zusammengestellt, beste aus Gußstahl. Die durch Handkraft über eine Schnecke g triebene Welle hat man, um sie vor dem fließenden Wass zu schützen, mit einem Kanal umgeben. Besonderen We hat man auf gute Schmierung gelegt und daher zahlreic Schmierleitungen zu den einzelnen Arbeitstellen geführ Das Gesamtgewicht des Ventils beträgt rd. 58 t. Ein groß Vorteil dieses Ventils liegt in der Möglichkeit, daß man al Innenteile besichtigen oder ersetzen kann, ohne dabei d Lage des Ventils oder den Außenwasserdruck abändern müssen. („Engineering" 26. Juli 1929 S. 109*) [N 3404 c] *Bl.*

### Elektrischer Schiffsantrieb

Die kürzlich vom Stapel gelassene „Pennsylvania", e großes Fahrgastschiff der Panama Pacific Line, stellt m ihren beiden Schwesterschiffen die bisher größte elektris angetriebene Schiffsbauart dar. Alle drei Schiffe sind f turboelektrischen Antrieb bestimmt. Zwei Hauptmotore von je 8500 PS treiben je eine Welle mit 120 U/min. De für die Motoren erforderlichen Strom liefern zwei Damp turbinen in Verbindung mit zwei Drehstromerzeuger Die Turbinen leisten je 8500 PS bei 2880 U/min und die u

ittelbar mit ihnen verbundenen Stromerzeuger je 6600 kW ei 4000 V. Den Dampf von 21 at erzeugen acht Babcock & Vilcox-Wasserrohrkessel mit Ölfeuerung, der Abdampf wird ı vier Kondensatoren geleitet. Das Ruder wird über ein ydroelektrisches Steuergetriebe betätigt. („Power" 16. Juli 929 S. 115) [N 3404 d] *Bl.*

### Meßwagen für Kraftwerke

Die Atchison, Topeka and Santa Fé-Eisenbahn hat einen lten Dienstwagen zu einem Meßwagen umgebaut, mit dem ie achtzig von der Gesellschaft betriebenen Kraftwerke eprüft und überwacht werden. Der Wagen enthält die erırderlichen Meßgeräte, vor allem auch solche, die in Tragasten nur mit Schwierigkeiten zu befördern wären. Außerem bietet der Wagen Wohngelegenheit für die beiden Prüer. Von den zu überwachenden Kraftwerken haben dreißig ohlenfeuerung, vierzig Ölfeuerung und zehn Erdgasuerung. („Power" 9. Juli 1929 S. 48*.)
[N 3371 d] *Pa.*

### Schlepper mit Vorrichtung zum Dränen mittels Seilzuges

Die Geräte zur Dränung finden gegenwärtig auch in ngland große Beachtung, wie auf der diesjährigen landirtschaftlichen Ausstellung in Harrogate zu sehen war. . a. wurde ein Schlepper gezeigt, der mit einer Seilzugorrichtung zum Ziehen von Drängräben versehen ist. Der Iotor ist quer auf dem Fahrzeug angeordnet. Eine selbsttätig wirkende Vorrichtung am Maulwurfdränpflug hebt ihn beim Auftreffen auf ein Hindernis aus dem Boden. Am Schlepper ist zur Erhöhung der Standfestigkeit ein Anker angebracht, der gehoben oder niedergelassen werden kann. Die Leistung des Antriebmotors, der auch als Fahrmotor dient, beträgt 20 PS; angeblich kann der Schlepper in 1 h bis 2,4 km Gräben von 0,6 m Tiefe ausheben. („The Engineer" 26. Juli 1929 S. 87*) [N 3404 e] *Ro.*

### Bronzelegierung

Auf der North East Coast Exhibition, Newcastle, hat die Firma Vickers-Armstrong, Barrow-in-Furness, Gußstücke einer neuen Bronzelegierung ausgestellt. Das spezifische Gewicht beträgt 8,39, die Elastizitätsgrenze liegt bei 17 bis 22 kg/mm² und die Bruchfestigkeit bei 28 bis 34 kg/mm². Bei den Zerreißversuchen an Probestäben von 50,8 mm Länge wurde eine Dehnung von 8 bis 18 vH erreicht; die Brinellhärte liegt bei 100 bis 115. Die Legierung kann gegossen, geschmiedet oder gezogen werden. Bei höheren Temperaturen ist der Abfall an Festigkeit wesentlich geringer als bei andern Bronzearten; nach Versuchen wurde bei 500 ° noch eine Festigkeit von 49 vH der ursprünglichen Festigkeit erreicht, während die Festigkeit von Kanonenbronze bei gleicher Temperatur auf etwa 24 vH verringert wird. Das Metall eignet sich nicht nur für Gußstücke, sondern auch als Lagermetall und für Gesenkschmiedestücke. („Shipping World" 24. Juli 1929 S. 118.)
[N 3404 f] *C.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Power Resources of the World** (Potential and Developed). Herausgeg. vom Internationalen Hauptausschuß der Weltkraftkonferenz, zusammengestellt von *H. Quigley*, Vorwort von *D. N. Dunlop*, London 1929, World Power Conference (in Deutschland zu beziehen durch VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7). 170 S. Preis 22 *RM*.

Für Länder, die wie Deutschland, England, Amerika, ie Schweiz und viele andre mit größten Ausfuhrindustrien on der Aufnahmefähigkeit des Auslandes für Energie erzeugende und verbrauchende Anlagen abhängen, ist es von ebenswichtiger Bedeutung, über eine möglichst bis ins einelne verfeinerte Weltenergiestatistik zu verfügen. Dieses iel ist nur durch Zusammenwirken aller Industrievölker er Welt erreichbar. Vor fünf Jahren ist in der Weltkraftonferenz der Anfang gemacht worden, heute liegt eine rucht der 1924 in London gelegten Saat in Gestalt des uches vor uns. Das Buch stellt mit Auswahl und in Kürze ine große Fülle von Statistiken zusammen, die man sonst ur mit großer Mühe und auch dann kaum je vollständig us den vielen verstreuten einschlägigen Arbeiten herausuchen kann. Die Anordnung ist übersichtlich; der Text ist klug und flüssig geschrieben, beinahe spannend. Ein Literaurverzeichnis (73 Seiten) weist nicht nur auf Bücher und ufsätze hin, sondern was wichtiger ist, auf eine große nzahl von Jahrbüchern und Berichten der Regierungen nd andrer Körperschaften, von denen man nur sehr schwer enntnis erhält. (Aus der ausführlichen Besprechung, VDIachrichten Bd. 9 (1929) Nr. 18). [E 3327]

**Steam turbines.** Von *James Ambrose Moyer*. 6. Aufl. New York 1929, John Wiley & Sons. 557 S. m. 231 Abb. Preis 22 s 6 d.

Das Buch soll, wie der Verfasser in der Vorrede zur . Auflage (1908) sagt, ein Handbuch für Studenten und urbineningenieure sein. Es geht daher in der üblichen eise von den thermodynamischen Grundsätzen aus, bendelt die Berechnungsverfahren, die Konstruktion der inzelnen Bauteile, eine Reihe verschiedener Bauarten von ondensationsturbinen, ferner kurz Industrie- und Schiffsurbinen und schließlich Festigkeitsfragen und die Ausertung von Versuchsergebnissen. Hinzu kommt je ein bschnitt über die Quecksilber- und die Gasturbine und als nhang eine Sammlung von Aufgaben.

Diesem Plane nach unterscheidet sich das Buch also aum von den meisten Lehrbüchern seines Faches. Doch enn es in seinen früheren Auflagen vielleicht zeitgemäß ewesen sein mag — diese 6. Auflage ist weit hinter der ntwicklung des Dampfturbinenbaues zurückgeblieben. Sieht an schon darüber hinweg, daß von europäischen Turbinen ur die allerältesten von *de Laval, Parsons, Riedler-Stumpf, Zoelly* und *Ljungström* aufgeführt werden, so befremdet es m so mehr, daß auch der amerikanische Dampfturbinenbau ast ausschließlich durch veraltete, z. T. heute überhaupt verschwundene Bauarten vertreten ist. Eine Hochdruckfrage gibt es für den Verfasser auch noch nicht (1929!), und „Turbinen für mehr als 70 000 kW zu bauen, halten die Turbinenhersteller nicht für ratsam" (S. 406), obwohl *Moyer* selbst auf S. 254 schon eine 165 000 kW-Westinghouse-Turbine beschreibt. Daher treffen natürlich auch so viele Angaben über Berechnungsgrößen, Konstruktions- und Herstellungseinzelheiten heute nicht mehr zu, daß das Buch bestenfalls noch geschichtlichen Wert hat, als Lehr- oder Handbuch aber jedenfalls untauglich ist.
[E 3119] *K. Hoffmann*

**Rechnungswesen und technischer Betrieb.** Die Grundlagen der Plankostenrechnung. Von *W. Lorch* und *Fr. Sommer* Berlin 1929, VDI-Verlag. 183 S. m. 48 Abb. u. 13 Taf. Preis 12 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 10,80 *RM*.

Immer mehr gleitet der Ingenieur vom Reißbrett und vom Versuchstand in das Zentrum der Geschäftsleitung, wo er Dinge, die früher rein kaufmännisch gesehen wurden, mit ingenieurmäßigem Denken durchdringt. Das vorliegende Buch ist ein Beweis dafür, daß auf diese Weise neue Gesichtspunkte und Darstellungsmethoden erarbeitet werden. Das neuzeitliche Rechnungswesen in seinem Zusammenhang mit Betrieb und Erzeugung wird hier geschildert, auf den Ausgleich von Schwankungen und die Kosten des Arbeitsplatzes eingegangen und schließlich Anleitung zum Aufbau einer Plankostenrechnung gegeben. Die Einzelfragen sind sehr eingehend behandelt, nicht immer in der dem Betriebswirtschaftler geläufigen Gliederung, aber stets mit lebendiger Frische. Der Leser wird manche anregende Stunde mit dem Buch verbringen.
[E 3229] *Brasch*

**Der große Duden.** Rechtschreibung der deutschen Sprache und der Fremdwörter nach den für Deutschland, Österreich und die Schweiz gültigen amtlichen Regeln. Von *Theodor Matthias*. 10. Aufl. Leipzig 1929, Bibliographisches Institut. 701 S. m. Anhang: Korrekturvorschriften. Preis 4,50 *RM*.

Es gibt leider viele ausgezeichnete Ingenieure aller Grade, die zwar für die Normung in Technik und Industrie lebhaft eintreten, aber nur zu oft gegen die Norm in der deutschen Schriftsprache handeln. Auch diese Norm brauchen wir, um Arbeit und Kosten in unserm technischen Schrifttum zu vermindern. Man kann gewiß dies oder jenes Wort nach seiner guten Sprachkenntnis so oder anders schreiben, man kann ein Satzzeichen setzen oder manchmal auch auslassen oder anders setzen, aber die Norm, die vor allem im Verkehr mit den Buchdruckereien maßgeblich ist, und zwar auch über die Reichsgrenzen hinaus — in Österreich, in der Schweiz —, ist im „großen Duden" (nicht in „Der große Duden", wie man in ähnlichen Fällen oft schreiben zu müssen glaubt) festgelegt. Deshalb ist es sehr gut, daß endlich eine neue, vollkommen durchgearbeitete Auflage erschienen ist, die dem heutigen Sprachgebrauch

fast durchweg, bei einigen Sprachverwilderungen schon etwas zu weitgehend, gerecht wird, während die bisherigen Neudrucke keine wesentlichen Änderungen gegenüber dem Stande vom Jahre 1915 aufwiesen.

Auch die Sprache der Technik kommt im neuen „Duden" einigermaßen zu ihrem Recht. Wir finden u. a. die von Industrie und Technik eingeführten Schreibweisen: der Schrott, der Koks, die Waage (aber auch waagerecht), ferner die richtige Schreibung und Geschlechtsangabe vieler technischer Fachausdrücke, z. B. das Kurzwort Din, die Siemens-Schuckert-Werke, aber auch die unsern technisch-wissenschaftlichen Regeln widersprechende Abkürzung KWh statt kWh. Einiges fehlt allerdings noch, wie „verformen" an Stelle von deformieren, das nur mit „verunstalten" verdeutscht ist; es fehlen u. a. Werkstoff, Werkstück und Tauchkolben; Konverter ist nur als „Umwandler" (elektrische Maschine) aufgeführt, die Bedeutung „Birne" des Eisenhüttenwesens ist vernachlässigt. [E 3170] *K. M.*

Deutsche Wirtschaftsbücherei. 1. Bd.: **Die deutsche Mineralöl-Industrie** und verwandte Teerprodukten-Betriebe. Herausgeg. unter Mitwirkung des Zentral-Verbandes von Mineralöl-Handel und -Industrie E. V., von *Ernst Herzenberg*. Jg. 1929. 3. Aufl. Berlin und Leipzig 1929, Verlag für Börsen- und Finanzliteratur. 496 S. Preis 25 *RM*.

Das für den Fachmann sehr wertvolle Handbuch erscheint für das Jahr 1929 in dritter wesentlich erweiterter Auflage. Es umfaßt jetzt außer der deutschen Mineralölindustrie auch die deutsche Benzol- und Teerölindustrie. Außerdem wurden sämtliche Aktiengesellschaften in einem besonderen Teil zusammengefaßt und ausführlicher behandelt. Neu aufgenommen ist auch eine Übersicht über die Wort- und Warenzeichen, die aber in späteren Auflagen noch weiter ausgebaut werden müßte. [E 3231] *Schr.*

**Das Holz.** Gemeinfaßliche Darstellung seiner Erzeugung, Gewinnung und Verwendung. Herausgeg. im Auftrage des Vereines deutscher Ingenieure in Gemeinschaft mit dem Deutschen Forstverein von *J. A. von Monroy*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 318 S. m. 288 Abb. und 20 Taf. Preis 19,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 17,50 *RM*.

**Das künstliche Holztrocknen.** (Deutsche Bearbeitung des Werkes „The Kiln Drying of Lumber" von *A. Koehler* und *R. Thelen*.) Von *P. Warlimont*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 142 S. m. 60 Abb. und 13 Taf. Preis 12 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 10,80 *RM*.

**Einflüsse auf Beton.** Herausgeg. von *A. Kleinlogel, F. Hundeshagen* und *Otto Graf*. 3. Aufl. 1. Lfg. Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 96 S. m. 43 Abb. Preis 6 *RM*.

**Die photographischen Grundlagen des Röntgenbildes.** Von *Richard Herz*. Leipzig 1929, Georg Thieme. 225 S. m. 154 Abb. Preis 19 *RM*.

RKW-Veröffentlichungen Nr. 42: **Richtlinien für wirtschaftliches Fördern in Sägewerksbetrieben.** 1. T.: Fördern auf dem Rundholzplatz. Herausgeg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung (AWF). Berlin 1929, Beuth-Verlag. 103 S. m. 56 Abb. u. 2 Taf. Preis 3 *RM*.

**Kontrollen im Betriebe.** Vortragsreihe. Herausgeg. und verlegt von der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure. Berlin 1929, in Kommission: VDI-Verlag. 38 S. m. Abb. Preis 2 *RM*.

Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Herausgeg. von *Emil Abderhalden*. 6. Abt.: Methoden der experimentellen Psychologie. T. CI, 8. H., Lfg. 277.: **Psychotechnische Methoden im Verkehrswesen.** Von *Bernhard Herwig*. **Methoden zur Auswahl und Kontrolle der Luftzeugfahrer.** Von *Amadeo Herlitzka*. Berlin und Wien 1928, Urban & Schwarzenberg. S. 689 bis 882 m. 66 Abb. Preis 10 *RM*.

**Allgemeine Werbelehre.** Von *Rudolf Seyffert*. Stuttgart 1929, C. E. Poeschel. 735 S. m. 396 Abb. Preis 42 *RM*.

**Arbeitspsychologische Leitsätze für den Zeitnehmer.** Von *Walther Poppelreuter*. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 100 S. Preis 8 *RM*.

Arbeit und Gesundheit. Schriftenreihe zum Reichsarbeitsblatt. Herausgeg. von *Martineck*. 12. H.: **Die Ausdehnung der Unfallversicherung auf Berufskrankheiten.** Erl. von *M. Bauer, H. Engel, F. Koelsch* und *J. Krohn*. Berlin 1929, Reimar Hobbing. 356 S. Preis 8 *RM*.

**Rohrbrunnen.** Von *Erich Bieske*. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 214 S. m. 170 Abb. Preis 14 *RM*.

**Bauwelt-Katalog 1929 bis 1930.** Berlin 1929, Bauwelt-Verlag. 1138 S. m. Abb. Preis 25 *RM*.

**Repertorium der höheren Mathematik.** Von *E. Pascal*. Herausgeg. von *E. Salkowski* und *H. E. Timerding*. 1. Bd.: Repertorium der höheren Analysis. Herausgeg. von *E. Salkowski*. 2. Aufl. 3. Teilbd. Leipzig und Berlin 1929, B. G. Teubner. S. 1025 bis 1598. Preis 22 *RM*.

**Enzyklopädie der technischen Chemie.** Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgeg. von *Fritz Ullmann*. 2. Aufl. 3. Bd.: Calciumcyanamid bis Druckerei. Berlin und Wien 1929, Urban & Schwarzenberg. 828 S. m. 242 Abb. Preis 48 *RM*.

**Schiffahrt-Jahrbuch 1929.** Bearb. von *Ulrich Köhn*. Hamburg 1929, Seedienst Verlag. 685 S. Preis 15 *RM*.

**Germanischer Lloyd 1929.** Grundsätze für die Prüfung von Werkstoffen und Bauteilen, Ladegeschirr, Hilfsmaschinen und Apparaten, Motoranlagen unklassifizierter Fahrzeuge, Rettungsboote und hölzerner Fischereifahrzeuge. Berlin 1929, Germanischer Lloyd. 86 S. m. 23 Abb. Preis 3 *RM*.

Jedermanns Bücherei: **Landwirtschaft.** Von *Fritz Brauer*. Breslau 1929, Ferdinand Hirt. 144 S. m. 29 Abb. Preis 3,50 *RM*.

Sammlung Vieweg, 99. H.: **Die deutsche Tafelglasindustrie.** Von *Hans Riepen*. Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg & Sohn. 90 S. Preis 5,85 *RM*.

**Katalog över Periodiska Publikationer.** (Zusammenstellungen der Bibliotheken Stockholm und Upsala. Fachgebiete: Geodäsie, Meteorologie, Hydrographie, Erdmagnetismus, Physik, Chemie, Geologie und Mineralogie sowie technische Wissenschaften.) Im Auftrage der Ingenieur-wissenschaftlichen Akademien bearbeitet und herausgeg. von *Hilda S. Lindstedt*. 1. T.: Stockholm 1927. 94 S.

**Die Zeitschrift, ihre Entwicklung und ihre Lebensbedingungen.** Von *Gerhard Menz*. Stuttgart 1928, C. E. Poeschel. 134 S. Preis 7,50 *RM*.

## *Berichtigung*

**Das Geschäftsjahr zwischen den Hauptversammlungen 1928/29**

In Z. Bd. 73 Nr. 25 vom 22. Juni 1929 muß es auf S. 890 rechte Spalte, 3. Zeile, richtig heißen: „Kesselanlagen für Großkraftwerke," von *Münzinger*, ... [N 3405]

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Das Wesen des Elektrons. Neue Forschungsergebnisse. Von *E. Rupp* | 1109 |
| Kreiselwirkung und kritische Drehzahl | 1114 |
| Die Verwertung von Zellpech in Staubfeuerungen. Von *P. Krebs* | 1115 |
| Elektrische Arbeit in der amerikanischen Landwirtschaft | 1118 |
| Der Bau des Kraftwerks Kearny bei Newark. Von *H. Griesel* | 1119 |
| Einfluß der Kopfform von Schaufelprofilen bei Kreiselrädern auf die Kavitation. Von *Pötter* | 1123 |
| Grundsätzliches über Flughafenbau. Von *E. Dierbach* | 1125 |
| Amerikanische dieselelektrische Versuchslokomotive | 1130 |
| Einführvorrichtungen und Stapelgreifer an Büromaschinen. Von *R. Berger* | 1131 |
| Rundschau: Fortschritte im Bau von Turbostromerzeugern — Die Energiequellen Brasiliens — Sondermaschine für die Herstellung von Gebäudesäulen — Die 1 D 2-Tenderlokomotive der tschechoslowakischen Staatseisenbahn — Rückwärts arbeitende Schlepperschrauben — Hochdruck-Dampfomnibus — Gegenwartsfragen der Gießereien — Kleine Mitteilungen | 1131 |
| Bücherschau: Power Resources of the World. Von *H. Quigley* — Steam turbines. Von *J. A. Moyer* — Rechnungswesen und technischer Betrieb. Von *W. Lorch* und *F. Sommer* — Der große Duden. Von *Th. Matthias* — Die deutsche Mineralöl-Industrie. Von *E. Herzenberg* — Eingänge | 1143 |
| Berichtigung: Das Geschäftsjahr zwischen den Hauptversammlungen 1928/29 | 1144 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
. 73 SONNABEND, 17. AUGUST 1929 Nr. 33

# Die Großmarkthalle Frankfurt a. M.

*Von Dr.-Ing. FR. DISCHINGER und Dipl.-Ing. U. FINSTERWALDER, Wiesbaden-Biebrich*

*Das Wesen der Schalen im allgemeinen und ihre bisherige Anwendung für Rotationskuppeln und Kuppeln mit elliptischem Grundriß. Die durch Scheiben ausgesteiften zylindrischen Zeiß-Dywidag-Schalen haben im Gegensatz zu den bisherigen Tonnengewölben infolge dieser Aussteifung eine räumliche Kräftewirkung. Die Schalen wirken also nicht nur in der Richtung des Gewölbes, sondern auch senkrecht dazu als Träger. Das Biegungsgesetz von Navier ist dabei im allgemeinen nicht gültig. Beschreibung der nach dieser Bauweise ausgeführten Großmarkthalle in Frankfurt a. M., die mit 51 m Spannweite und 226 m Länge die größte mittels Träger überdachte, in der Massivbauweise ausgeführte Halle ist.*

ie Großmarkthalle in Frankfurt a. Main mit 51 m freier Eisenbetonweite und 220 m Länge, ist zur t die größte Eisenbetonhalle der Welt mit Überhung in Trägerkonstruktion. Sie wird für immer en Markstein in der Geschichte der Entwicklung des enbetonbaues bedeuten, da bei ihr zum erstenmal die ß-Dywidag-Schalenbauweise für die Überdachung von ßräumen angewendet worden ist. Dieser Schalenweise verdankt die Halle ihre charakteristische, neuige Form.

### Das Zeiß-Dywidag-Schalengewölbe

Unter Schalen versteht man Gebilde, die nach einfach r doppelt gekrümmten Flächen geformt sind und bei en die Wanddicke im Verhältnis zur Flächenausdehg sehr gering ist. Bei derartigen Gebilden werden Lasten nicht durch Biegungsmomente senkrecht zur che, sondern durch Dehnungspannungen in der Fläche st, d. h. durch räumliche Kräftewirkung, übertragen. olge dieser räumlichen Kräftewirkung sind die auftenden Spannungen vielfach geringer als bei den temen der ebenen Statik, infolgedessen können h ganz erheblich größere Spannweiten hergestellt rden.

Das einzige bisherige Anwendungsgebiet der Schalen ren Kuppelbauten in der Form von Rotationsschalen, en Werdegang bis in das Altertum zurückreicht. Allergs mußten infolge Fehlens eines für Dehnungspangen, d. h. für Zug und Druck geeigneten Baustoffes, und infolge der mangelnden statischen Kenntnisse, diese Kuppeln der alten Baumeister mit so großer Wanddicke ausgeführt werden, daß sie kaum als Schalen, sondern nur als die Vorläufer der Rotationsschalen bezeichnet werden können.

In neuerer Zeit, nach Erfindung des Eisenbetons, wurden dann eine ganze Reihe Rotationsschalen mit geringerer Wanddicke ausgeführt, jedoch waren die ausgeführten Spannweiten im Verhältnis zur Schalendicke immer noch sehr klein, die mangelnden Kenntnisse über das Randproblem dieser Rotationsschalen waren kühneren Ausführungen noch sehr hinderlich.

Die Erfindung der Zeiß-Kuppel[1]) anläßlich der Planetariumsbauten[2]) hat hier einen Wandel geschaffen. Durch die angestellten Untersuchungen wurde das Randproblem dieser Rotationsschalen in theoretischer wie auch in konstruktiver Hinsicht so eingehend geklärt, daß es heute möglich ist, Rotationsschalen bis zu 200 m Spannweite bei geringster Baustoffmenge auszuführen[3]). Die beiden kühnsten derartigen Ausführungen sind die Schott-Kuppel in Jena mit 6 cm Wanddicke bei 40 m Spannweite und 28.28 m Krümmungshalbmesser und die Kuppel des Elektrizitätswerkes Frankfurt mit 4 cm Dicke bei 26 m Spannweite und 25 m Krümmungshalbmesser. Anschließend an diese Arbeiten gelang es dann auch, die

[1]) DRP Nr. 415395.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 793, Bd. 69 (1925) S. 1425, Bd. 70 (1926) S. 845.
[3]) s. *Fr. Dischinger*, Fortschritte im Bau von Massivkuppeln, „Bauingenieur" Bd. 6 (1925), S. 362.

Theorie der doppelt gekrümmten Schalen mit elliptischen und beliebig gekrümmten Grundrissen vollständig zu lösen, so daß es heute auch möglich ist, derartige Grundrisse bei den größten Spannweiten mit dünnwandigen Schalen zu überdachen[4]).

Die Anwendung dieser doppelt gekrümmten Schalen für runde und elliptische Grundrisse ist jedoch auf Repräsentationsbauten beschränkt; deshalb ging das Bestreben der Firmen Zeiß, Jena, und Dyckerhoff & Wi mann, A.-G., darnach, Schalenformen zu schaffen, d sich auch für die Überdachung von rechteckigen Grun rissen, wie sie für Industriebauten erforderlich sin eignen und es ermöglichen, die Vorteile der Schalenba weise auch für derartige Dachformen zu benutzen. D Ergebnis dieser Arbeiten waren die Zeiß-Dywida Tonnengewölbe. Die Merkmale dieser Tonnengewölbe bestehen in einer zylindrischen Schale, die durch Sch ben oder Binder an den Enden ausgesteift sind, s. Abb. Ein weiteres Kennzeichen ist die Überhöhung der Que schnittlinie gegenüber der Stützlinie. Diese Schale gewölbe können auch doppelt gekrümmt ausgeführt we den, wenn die Erzeugende der zylindrischen Scha nicht eine Gerade, sondern eine gekrümmte Linie i Trotz der größeren Tragfähigkeit dieser doppelt g krümmten Schalen gegenüber den nur einfach gekrümm ten zylindrischen Schalen, wurden diese vorerst weg ihrer schwierigeren Rechnung und Ausführung nic weiterverfolgt.

[4]) s. hierüber *Fr. Dischinger*, Handbuch für Eisenbeton, Bd. XII 3. Auflage, 1928.

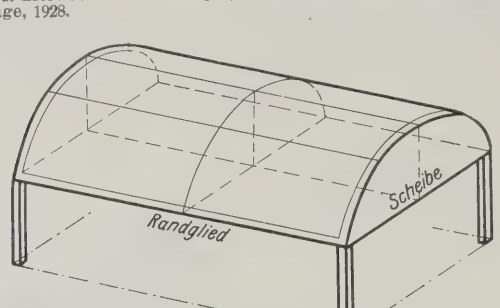



**Abb. 1**
Zylindrische Schale.

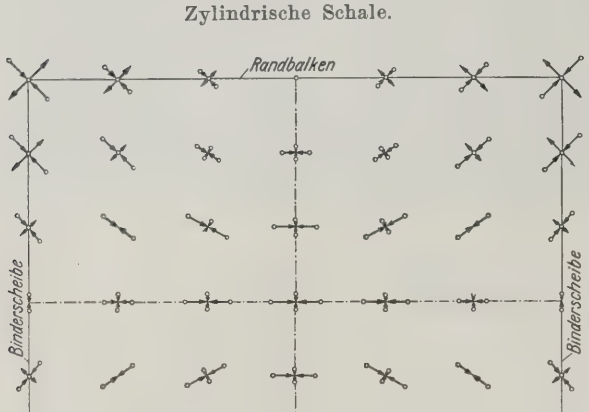
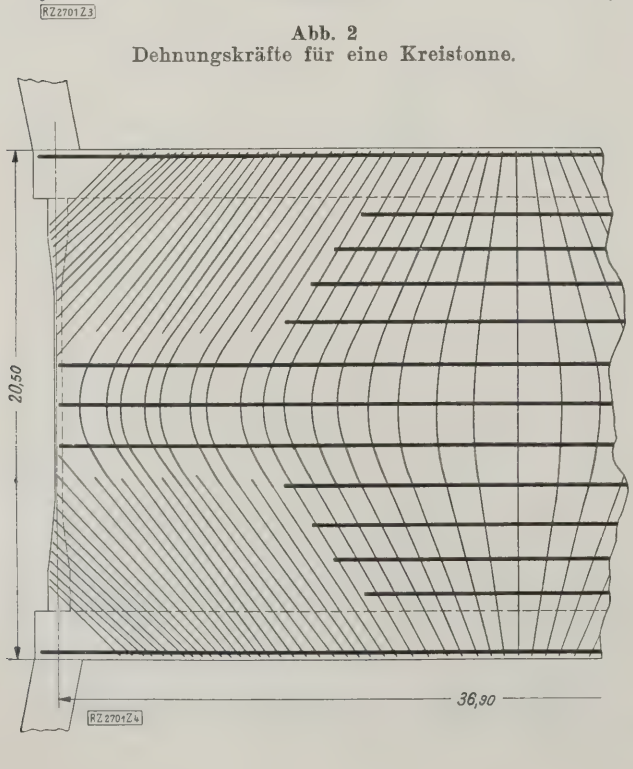



**Abb. 2**
Dehnungskräfte für eine Kreistonne.




Während die bisherigen Tonnengewölbe, die au schließlich nach der Stützlinie geformt wurden, nur ein Tragfähigkeit in Richtung des Gewölbes haben und de halb statisch eine ebene Aufgabe darstellen, ist die Wi kung bei den Zeiß-Dywidag-Tonnengewölben grun legend davon verschieden. Durch die Aussteifung d zylindrischen Schale mittels der Endscheiben, ergän durch die Erhöhung der Querschnittlinie gegenüb der Stützlinie, wird erreicht, daß diese Gewölbe ein doppelte Tragwirkung sowohl in der Richtung des G wölbes wie auch senkrecht dazu haben. Am besten kan man sich die Trägerwirkung klarmachen, wenn man d gesamte Gewölbe als einen großen Plattenbalken b trachtet, wobei die Randglieder am Kämpfer der Tonne gewölbe den Balken entsprechen; die Platte des Platte balkens ist aber durch eine gewölbte Schale ersetzt, d wegen ihrer großen Höhe ein sehr großes Widerstan moment hat. Während nun bei einem gewöhnliche Plattenbalken die Platten nur bis zu einem gewissen A stand vom Träger an der Aufnahme der Spannungen mi arbeiten, verteilen sich bei der gewölbten Schale d Zeiß-Dywidag-Tonnen die Druckspannungen über da gesamte Gewölbe nach mathematisch gegebenen Gesetze und widerstehen zusammen mit den Zugkräften in de Randgliedern dem äußeren Biegungsmoment. Infolge d großen Höhe derartiger, als Träger wirkender Schale gewölbe sind die auftretenden Beanspruchungen seh gering, so daß viel größere Spannweiten als bisher übe dacht werden können.

Außer dieser Trägerwirkung in Richtung der E zeugenden von Binderscheibe zu Binderscheibe hat da Zeiß-Dywidag-Gewölbe wie jedes andre Gewölbe noc die Gewölbewirkung und trägt sich deshalb in beide Richtungen frei. Diese doppelte räumliche Kräftewi kung ist kennzeichnend für die Zeiß-Dywidag-Gewölb und als Folge davon treten in den Schalen im wesen lichen nur Zug- und Druckkräfte auf. In Abb. 2 ist d Verlauf und die relative Größe dieser Dehnungskräf (Hauptspannungen) für eine Kreistonne mit 24 m Tr gerspannweite und 12,8 m Gewölbespannweite aufg zeichnet. Diesen Kraftrichtungen muß auch die Bewe rung der Schalen angepaßt werden. Abb. 3 und 4 zeig die Bewehrung einer Tonne der Frankfurter Großmark halle bei 37,9 m Träge und 14,1 m Gewölb spannweite. Der Ve gleich der Bewehrung richtung mit Abb. zeigt, daß die Richtu gen der Eiseneinlag den Hauptspannung soweit wie nur mögli angepaßt wurden.

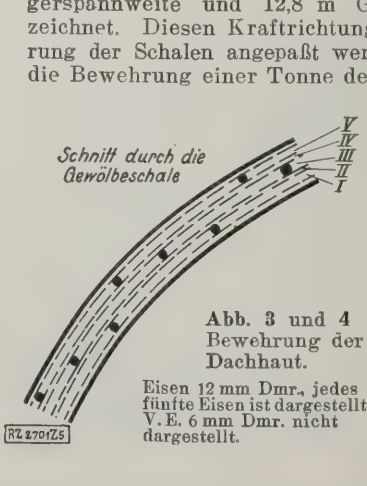



**Abb. 3 und 4**
Bewehrung der Dachhaut.
Eisen 12 mm Dmr., jedes fünfte Eisen ist dargestellt. V. E. 6 mm Dmr. nicht dargestellt.

Während bei d gewöhnlichen Träge des Eisenbeton- u Eisenbaues annäher

[5]) DRP. Nr. 431 629.

au das ebene Spannungsdiagramm gültig ist, ist dies den Zeiß-Dywidag-Schalengewölben im allgemeinen t der Fall; denn das ebene Spannungsgesetz hat zur aussetzung, daß die angreifenden Kräfte keine sen- oder Oberflächenkräfte sind. Bei den Zeißvidag-Tonnen sind jedoch die gesamten Lasten entler Massenkräfte (Eigengewicht) oder Oberflächenfte (Wind und Schnee). Infolgedessen sind die entlichsten Voraussetzungen des ebenen Spannungsetzes nicht erfüllt und die Spannungsverteilung über Querschnitt ergibt sich als eine Funktion dieser Beungen. Bei wechselnder Belastung ändert sich demäß auch die Spannungsverteilung.

### Baubeschreibung

Die in Zusammenarbeit mit der Firma Dyckerhoff & dmann, A.-G., von Baudirektor Prof. *Elsaesser* entrfene Großmarkthalle Frankfurt am Main — einen l des Grundrisses zeigt Abb. 5 — überspannt ohne e Zwischenstütze eine Grundfläche von $51 \times 220$ m².

Die Hallenkonstruktion war Gegenstand eines Wettverbes zwischen den ersten deutschen Eisen-, Eisenon- und Holzfirmen. Die nachstehend beschriebene nstruktion in Eisenbeton wurde dann der Ausschreiıg zu Grunde gelegt, weil sie den Wünschen des Artekten am meisten entsprach und unter Berücksichung der Vorteile einer Massivkonstruktion bezüglich Unterhaltungskosten auch gegenüber Eisenkonstrukn wirtschaftlich war.

Den Auftrag erhielten gemeinsam die Firmen ckerhoff & Widmann und Wayß & Freytag, die Behnung und die Konstruktion erfolgte durch die Firma ckerhoff & Widmann, A.-G.

Die gesamte Grundfläche wird durch 15 Schalenwölbe von 36,9 m Trägerspannweite und 14,1 m Gelbespannweite überdacht. Die die Gewölbe aussteifenn Binderscheiben, nach denen die Schalen durch Dehngspannungen ihre Lasten abtragen, ruhen auf ırägsäulen auf. Diese ergeben zusammen mit den ndbalken der Schalengewölbe das kennzeichnende apezprofil des Hallenquerschnittes, Abb. 6 und 7. Die hrägsäulen hat man an die Binderscheiben der Tonnen lenkig angeschlossen, damit die Tonnen bei Tempeturschwankungen ihre Länge ändern können. In den ründungen dagegen sind die Säulen fest eingespannt, n die Windkräfte zu übertragen. Das System ist demch einfach statisch unbestimmt, und ırch die Temperaturbewegungen der onnen ergeben sich in den am Fuß einespannten Säulen Biegungsmomente, die doch verhältnismäßig gering sind, weil e Schrägsäulen bei ihrer großen Höhe eliebig elastisch sind. Abb. 8 bis 11 eigen die Bewehrung der Schrägsäulen nd die Ausbildung der Gelenke am bergang zum Tonnengewölbe.

Je fünf Tonnengewölbe sind zu nem Bauabschnitt zusammengefaßt und on den benachbarten durch 3,5 m breite ırchgehende Oberlichter getrennt. Die enen Dachflächen auf beiden Seiten der onnengewölbe sind ebenfalls durch

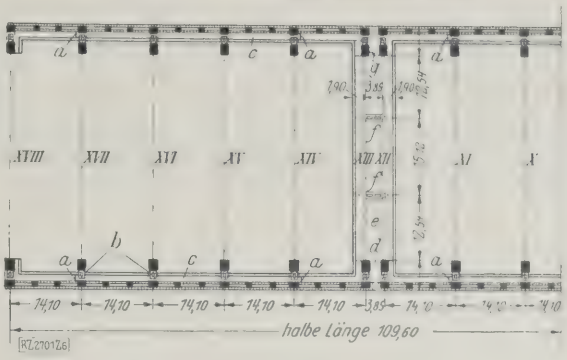



**Abb. 5**
Hälfte des Grundrisses der Halle.
*a* Dehnungsfuge *b* Entlüftungsschächte *c* Galerie *d* Öffnung für Treppe und Aufzug vorgesehen *e* Kaffeebühne *f* Fuge *g* Treppe

Oberlichter abgedeckt. Die Oberlichtbeleuchtung, zusammen mit den fast vollständig verglasten 20 m hohen Seitenwänden, geben der Halle eine sehr gute Beleuchtung, Abb. 7.

Die Schalengewölbe haben einen kreissegmentförmigen Querschnitt, die Randbalken der Tonnen, mit denen die Schalen zusammen als einheitliche Träger wirken, sind Hohlbalken mit 2 m Höhe und 0,8 m Breite.

Die Halle wurde entsprechend ihrer Einteilung in drei Abschnitten erbaut. Die 8 m breiten ebenen Dächer zu beiden Seiten der Tonnengewölbe wurden vollständig eingerüstet, während die Tonnen selbst auf doppeltem Zeiß-Netzwerk hergestellt wurden, Abb. 12. Nur die Randglieder der Tonnen wurden durch Holzgerüste unterstützt. Die Zeiß-Netzwerke, die das 14 m weit gespannte und 37 m lange Gewölbe beim Betonieren zu tragen haben, wurden durch vier eiserne leichte Fachwerkbinder ausgesteift, die auf den Gerüsten unter den Randgliedern aufgelagert wurden. Infolge dieser Aussteifung erhielten die Zeiß-Netzwerke dieselbe räumliche Wirkungsweise wie die auf ihnen hergestellten Betonschalen. Die Gerüste unter den Randgliedern wurden fahrbar eingerichtet; auf diese Weise ließ sich das langwierige Umstellen zur Herstellung des zweiten und dritten Bauabschnittes vermeiden.

**Abb. 7**
Innenansicht der Fensterfachwerke.

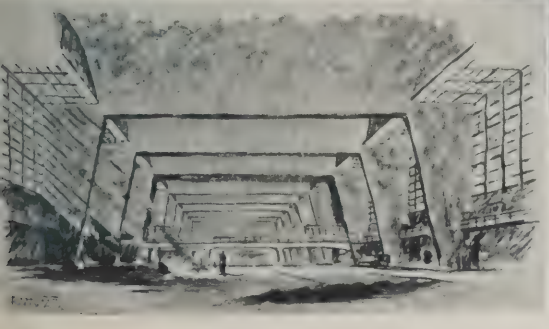


**Abb. 6**
Innenperspektive.

Die Verwendung dieser Zeiß-Netzwerke ermöglichte, nicht nur die Baukosten wesentlich zu vermindern, sondern auch dieses große Bauwerk viel rascher herzustellen. Ihre mathematisch genaue Form ermöglichte es auch, die Tonnengewölbe mathematisch genau herzustellen. Bei der großen Spannweite und der geringen Schalendicke ist dies naturgemäß von wesentlicher Bedeutung.

Der Hallenbau wurde in außerordentlich kurzer Bauzeit hergestellt. Für das erste Drittel waren zehn Wochen, für das zweite acht und für das dritte Drittel nur sechs Wochen erforderlich. Diese rasche Herstellung war nur möglich durch die Verwendung der Netzwerke im Zusammenhang mit den fahrbaren Gerüsten.

Die Großmarkthalle wurde im Mai 1928 in Betrieb genommen. Vor kurzem wurden in ihr akustische Versuche vorgenommen, die ein so gutes Ergebnis zeitigten, daß man in Aussicht genommen hat, das Deutsche Sängerfest 1932 in dieser Halle abzuhalten. [B 2701]

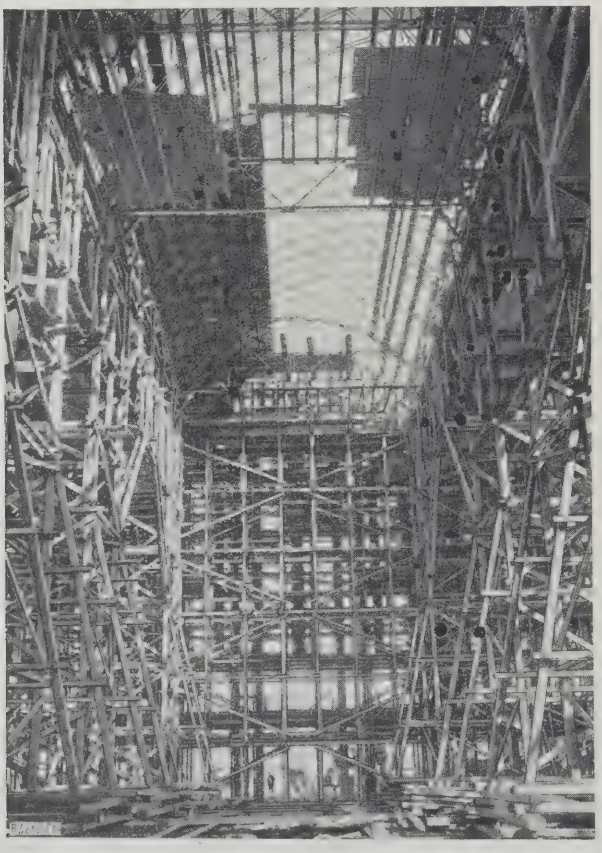


**Abb. 12**
Innenansicht während des Baues. Rüstung mit Zeißnetzwerk.

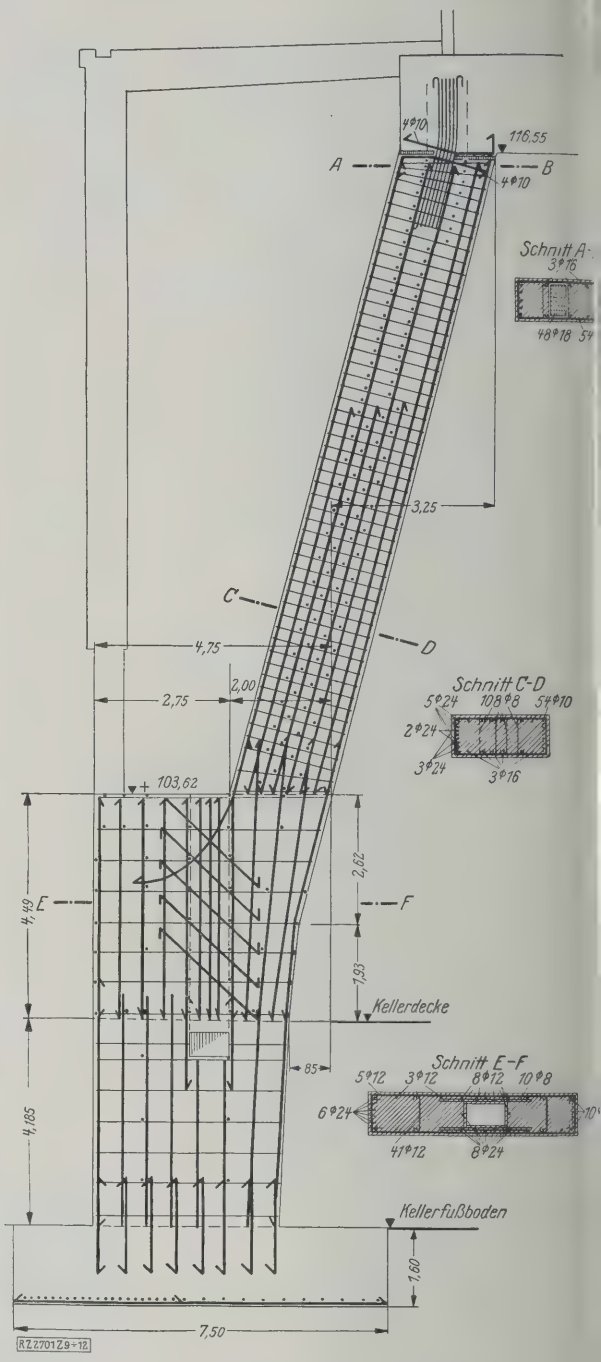



**Abb. 8 bis 11**
Bewehrung der Schrägsäulen.

## Schweißmuffenverbindung in Gasfernleitungen

Die in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 27 S. 950 beschriebene Schweißmuffenverbindung ist schon seit vielen Jahren in Deutschland und Italien[1]) geschützt. In den letzten Jahren habe ich als Inhaber der beiden in Fußnote 1) zuletzt genannten Patente diese Verbindungsart noch weiter dahingehend verbessert, daß ich neben der verstärkten Schweißung mehrere Dehnungsrillen, Abb. 1, verwende. Gleichzeitig ist es gelungen, durch Abhebung der Schweißrille von der Innenmuffe selbst verzinkte Röhren derart zu schweißen, daß der Belag der Innenmuffe nicht verletzt wird, wodurch den Schweißverbindungen ein gänzlich neues Feld eröffnet wurde. [D 3333]

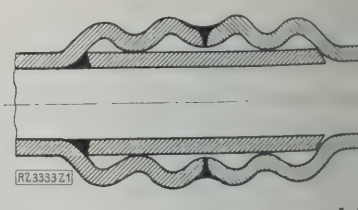



**Abb. 1**
Hülsenschweißmuffe mit doppelten Entspannungsrillen und verstärkter Schweißnaht.

[1]) DRP Nr. 287 008 und 417 167 und italienisches Patent Nr. 258 694.

Stuttgart Dr. rer. nat. *Eugen Wolf*

# Der biologische Faktor in der Technik / *Von WILHELM OSTWALD, Groß-Bothen*

*Da für alle technischen Erzeugnisse Wirtschaftlichkeit maßgebend ist, gehört die Technologie zu den sozialen Wissenschaften und muß Physiologie und Psychologie unter ihre Hilfswissenschaften aufnehmen. Aufgabe der Technik ist Beschaffung und Steuerung der Energie; für die erste kommen die Lebenswissenschaften teilweise (Landwirtschaft), für die zweite allein in Frage. Kennzeichnung der Steuerung: Auslösung und Schwelle. Höherentwicklung durch Arbeitsteilung und Arbeitsverbindung. Die Lebewesen als betriebsfähige Verwirklichungen dieser zweifachen Aufgabe.*

Früher war es bei dem Aufbau der Pyramide der Wissenschaften allgemein gebräuchlich, die Technik als angewandte Physik und Chemie diesen beiden Gebieten zuzuordnen und ihr somit den Platz bei den energetischen Wissenschaften anzuweisen. Diese Auffassung machte sich auch, abgesehen von der Systematik, praktisch geltend; insbesondere der in den Hochschulen ausgearbeitete Bildungsgang der Techniker erhielt seinen Inhalt aus der gleichen Ansicht, als handele es sich um eine ausgeprägt anorganische Disziplin. Selbst in dem Falle der Landwirtschaft, deren Aufgaben wesentlich im Organischen liegen, zog man es vor, sie von der „eigentlichen" Technik abzusondern und dieser allenfalls die landwirtschaftlichen Maschinen zuzuweisen.

Überlegt man aber, daß neben den physikalischen und chemischen Voraussetzungen bei irgendeinem technischen Verfahren, sei es zur Herstellung von Soda oder von Flugzeugmotoren, der wirtschaftliche Faktor darüber entscheidet, ob das Verfahren sich zur Ausführung eignet, so erkennt man, daß die Wirtschaftslehre maßgebend in die technische Wissenschaft eingeht. Die Wirtschaft aber ist eine soziale Angelegenheit; gemäß der allgemeinen Regel, daß die höchste Teilwissenschaft die Einordnung der Disziplin bestimmt, gehört somit die Technik unter die soziologischen Disziplinen, die die oberste Schicht der Wissenschaftspyramide bilden[1]).

Daraus folgt unmittelbar, daß die unterhalb der Soziologie liegenden biologischen Wissenschaften, nämlich die Physiologie und die Psychologie als Hilfswissenschaften in die Technologie eingehen, und daß somit jede technische Ausbildung unvollständig ist, die auf die anorganischen Fächer beschränkt bleibt und die biologischen nicht einbezieht.

Hierdurch wird zunächst die Frage nach der Zugehörigkeit der Landwirtschaft beantwortet: sie ist ein technisches Fach und unter diesen eines der allerwichtigsten. Tatsächlich sind beispielsweise durch technisch-wissenschaftliche Arbeit die Runkelrübe und die Milchkuh ganz ebenso verbessert worden wie die Dampfmaschine, mit dem Ergebnis der Verdoppelung des Güteverhältnisses. Die Landwirtschaft muß daher ganz ebenso betrieben werden, wie irgend eine andre Industrie und muß deren allgemeine Fortschritte auf ihre Sonderaufgaben anwenden.

Über den Sonderfall hinaus erhebt sich aber die grundsätzliche Frage, welche Aufgaben die biologischen Wissenschaften in der Technik zu lösen haben. Kennzeichnen wir die Technik durch die Forderung, die in der Natur vorhandene Rohenergie (primär fast zur Sonnenstrahlung) zu erfassen und für menschliche Zwecke möglichst vollkommen zu verwerten, so treten uns ihre beiden Hauptbetätigungen entgegen: Beschaffung und Steuerung. Für beide kommen biologische Beziehungen in Frage, und zwar in solchem Sinne, daß die Steuerung immer eine biologisch-menschliche Sonderleistung ist, während für die Beschaffung allgemeinbiologische sowie anorganische Anteile vorhanden sind.

Außer diesem unmittelbaren Anteil der Biologie an den Aufgaben der Technik können wir noch einen mittelbaren feststellen. Die Lebewesen zeigen uns, daß und wie die Aufgabe der Beschaffung und Steuerung (Nahrung und Betätigung) an einem aus mannigfaltigen Teilen zusammengesetzten Ganzen gelöst werden kann, denn sonst würden sie nicht leben. Sie können uns somit als Beispiele und Anreger dienen, wie wir an technischen Gruppen die gleiche Aufgabe lösen können. Dabei muß freilich beständig beachtet werden, daß die werkstofflichen wie die organisatorischen Bedingungen der Lebewesen von denen der Technik weitgehend verschieden sind; denn die Technik verfügt über Werkstoffe, Temperaturen, Energien, die für Lebewesen nicht in Frage kommen. Es werden also nur sehr allgemeine Verhältnisse, die von diesen Besonderheiten nicht betroffen werden, eine Anwendung auf die Technik finden können; eine unmittelbare Übertragung wird nur ausnahmsweise möglich sein.

Insofern verschiedenartige Teile (Zellen, Organe) miteinander in einem Lebewesen und verschiedene Gruppen von Lebewesen nebeneinander in Ort und Zeit unter gegenseitiger Beschränkung und Ausgleichung bestehen, können wir an ihnen die Grundbedingungen der Vergesellschaftung studieren und ihre Gesetze (wiederum mit angemessener Vor- und Umsicht) auf die Ordnung und Führung menschlicher Gruppen für gemeinsame Zwecke anwenden. Der nahe Zusammenhang beider ist von jeher bemerkt worden und hat die Übertragung des Namens Organisation auch auf die menschliche Gruppenbetätigung veranlaßt. Hier wird es ganz besonders nötig sein, das Grundsätzliche klar herauszuarbeiten, um sich gegen Irreführung durch oberflächliche Ähnlichkeiten zu schützen.

Wie man sieht, handelt es sich hier um ein Gedankengewebe, dessen Ausführung ins Einzelne ein ganzes Buch erfordern würde. Es sollen deshalb nachstehend nur die allgemeinsten Verhältnisse entwickelt werden, um eine Übersicht der bevorstehenden Arbeiten zu gewinnen. Wir stellen zunächst die eben erörterten Hauptgesichtspunkte zusammen:

1. Biologische Energiebeschaffung.
2. Steuerung: Bewegung durch Raum und Zeit; Umwandlung der Energien.
3. Die Lebewesen als Beispiele geglückter Organisation; Organisatorik.

### Biologische Energiebeschaffung

Die freie Energie, von der alles Leben abhängt, ist die Sonnenstrahlung. Sie liefert auch alle technische Energie, denn die Versuche, die Energie der Erddrehung durch Benutzung von Ebbe und Flut technisch zu verwerten, scheitern an dem Mißverhältnis zwischen Raum und Ausbeute. Ein Teil der Strahlungsenergie erfährt anorganische Umwandlungen durch Vermittlung des Wassers und liefert die sogenannten Wasserkräfte. Er kommt für die vorliegende Betrachtung nicht in Frage.

Ein andrer Teil erfährt organische Umwandlungen in den grünen Pflanzen, die sie als chemische Energie speichern. Diese ist von allen Energiearten die gedrängteste und aufbewahrungsfähigste. Sie liefert in Gestalt der fossilen Brennstoffe heute noch den größeren Teil der technischen Energie; diese sind aber der Erschöpfung in absehbarer Zeit ausgesetzt. Ferner liefert sie allen Lebewesen die Betriebsenergie für ihr Dasein, teils unmittelbar, teils mittelbar. Insbesondere beruht auch der Energieaufwand für die Steuerung sowohl in den einzelnen Lebewesen wie in ihren Gruppen bis zur höchsten hinauf durchaus auf chemischen Energien, die in den entsprechenden Zentralorganen umgesetzt werden.

Die zugehörige Technik der Beschaffung ist die Landwirtschaft mit Einschluß der Tierzucht. Entsprechend dem allgemeinen Gesetz, daß gerade die ältesten Techniken am wenigsten wissenschaftlich durchgebildet zu sein pflegen — wegen der zähen Widerstände, die die im Überlieferten befangene Praxis allen Neuerungen entgegensetzt —, ist die wissenschaftliche Landwirtschaftstechnik noch sehr jung. Auch ist es kennzeichnend, daß sie in dem an Überlieferung ärmeren Amerika viel größere Fortschritte gemacht hat, als in

[1]) Vergl. *W. Ostwald*, „Die Pyramide der Wissenschaften", Stuttgart 1929.

Europa. *Justus Liebig*, dem wir bahnbrechende Entdeckungen auf diesem Gebiet verdanken, hat nirgendwo leidenschaftlichere Gegner gehabt, als bei den „erfahrenen" Landwirten. Obwohl inzwischen bei uns erfreuliche Fortschritte gemacht worden sind, scheint die Aufgabe einer großzügigen Technisierung der gesamten Landwirtschaft noch der Lösung zu harren. Ein guter Schritt dazu wäre ihre amtliche Einbeziehung in den Aufgabenkreis der technischen Hochschulen.

### Bewegung durch Raum und Zeit

Unvergleichlich viel mannigfaltiger und schwieriger als die Beschaffung der organisch-chemischen Energien ist ihre Steuerung. Man kann hier die beiden Stufen der einzelnen und der sozialen Aufgaben unterscheiden. Die erstere betrifft die Entwicklung der Geräte und Verfahren, unter Einbeziehung des menschlichen Faktors, da unter den Begriff der Steuerung auch die höchsten Leistungen des genialen Menschen fallen. Die zweite ergibt sich aus der Wechselwirkung der Menschen und Völker.

Die Steuerung bezieht sich immer auf Energiewandlung. Es ist allgemein möglich, umwandlungsbereite freie Energie von der Umwandlung zurückzuhalten und deren Eintreten von einem verhältnismäßig kleinen Vorgang abhängig zu machen; man nennt dies Auslösung. Zwischen dem Energieaufwand für die Auslösung und dem Betrag der ausgelösten Energie besteht kein festes Verhältnis, so daß der Irrtum sehr verbreitet ist, die auslösende Energie könne beliebig klein sein. Dies ist falsch; sie hat vielmehr einen bestimmten endlichen, angebbaren Wert. So bringt keineswegs der kleinste Funke das Faß mit Pulver zur Entzündung, sondern es gehört eine bestimmte Größe dazu; ein kleinerer Funke wird vom Pulver einfach ausgelöscht. Die Sprengtechnik kennt diesen Grenzwert als Initialzündung. In der Psychologie nennt man ihn die Schwelle. Im übrigen kann diese Schwelle mit der Beschaffenheit des Gebildes in weitesten Grenzen verschieden sein; sie stellt aber in jedem Fall einen endlichen Betrag an freier Energie dar.

Hieraus ergibt sich der Schluß, daß alles Steuern Energie beansprucht. Die Mengen sind oft sehr klein, doch handelt es sich um besonders hochwertige Energien, die nur in besonders dazu befähigten Organen gebildet werden, die wegen der erforderlichen Hochzüchtung leicht geschädigt werden können, insbesondere durch übertriebene Beanspruchung. Dies gilt in erster Linie für die steuernden Organe ausgezeichneter menschlicher Gehirne.

Der Zweck der Steuerung ist zunächst die Auslösung umwandlungsbereiter Energien. Der vorher erwähnte Fall des Pulverfasses stellt die einfachste Form der Steuerung dar, wo der Vorgang, nachdem er in Gang gesetzt ist, sich selbst überlassen wird. Höhere Arten der Steuerung überwachen nicht nur den Beginn, sondern auch den Verlauf des ausgelösten Vorganges. Ein einfaches Beispiel ist die Hand am Wasserhahn, die den Strahl nach Bedarf regelt; das Spiel eines Meisters der Orgel ist ein verwickelterer Fall von grundsätzlich gleicher Art.

Um die Steuerung sachgemäß auszuführen, ist eine ausreichende Kenntnis von der Beschaffenheit der zu steuernden Energie und ihrer Gesetze notwendig. Die Leitung der Arbeiten einer Fabrik oder eines andern technischen Werkes erfordert Steuerungen aller Art, von der Luftklappe bis zum Menschen. Hier erweist sich die Notwendigkeit psychologischer Kenntnisse und Fertigkeiten beim Vorarbeiter, Meister, Direktor, um die Arbeit mit geringstem Aufwand und bestem Güteverhältnis zu erledigen.

Es handelt sich hier wieder um eine Anwendung des energetischen Imperativs: vergeude keine Energie, verwerte sie. Da sich die freie Energie nicht ohne Aufwand beschaffen läßt, kann die Güte oder Zweckmäßigkeit jeder Handlung vergleichsweise durch das Güteverhältnis $\frac{\text{erzielte Zweckenergie}}{\text{gesamte Energie}}$ gemessen werden, das einen sicheren Maßstab für alle technischen Betätigungen im weitesten Sinne abgibt.

Auch der zweiten Stufe, der sozialen Steuerung, können hier nur wenige Hindeutungen gewidmet werden. Ebenso wie sich die vielzelligen Lebewesen den e zelligen überlegen erwiesen haben, so kann r Mensch durch Vergesellschaftung Leistungen erzie und Wünsche befriedigen, die sich der einzelne versa muß, solange er einzeln bleibt. Das allgemeine Mi dazu ist die Teilung und Verbindung der Leistung Der Einzeller muß alles sein, was sein Leben erforde Mund, Magen, Darm, Fuß, Hand usw., und führt je dieser Aufgaben nur langsam und unvollkommen a Indem die genannten Organe durch besondere Zellgrup besonders ausgebildet werden, kann jede Aufgabe v kommener gelöst werden. Hierzu ist aber notwendig, d die verschiedenen Organe sich nicht gegenseitig beh dern, sondern im Einklang arbeiten, d. h. die Arbe teilung erfordert als unbedingt notwendige Ergänzu die Arbeitsverbindung.

In den einfachsten sozialen Gebilden der Mensch vollzieht sich dieser Doppelvorgang derart, daß e Gruppe die Beschaffung der Energie, zunächst Ener ihrer eigenen Muskeln, übernimmt, während die Steueru durch einen überragenden Einzelnen besorgt wird, da notwendig einheitlich sein muß. Die weitere Entwicklu vollzieht sich in solchem Sinne, daß zunehmend fren Energien (Sklaven, Haustiere, mechanische, thermisc elektrische Energie) beschafft werden, während Steuerung von oben nach unten in mehr und mehr Stuf zerlegt wird, deren Vertreter von oben nach unten Zahl zu-, an Einfluß abnehmen. Nach oben muß System notwendig in eine maßgebende Spitze zusamm laufen, und alle Schwierigkeiten der inneren Poli eines technischen Betriebes oder eines Staates komm darauf zurück, wie man einen einheitlichen Willen Gemeinschaft und dessen Organ beschaffen soll od kann, der durch den energetischen Imperativ gelen wird. Von allen Mitteln, den Willen zu vereinheitlich ist der Kampf das primitivste und energetisch schle teste, da er die größte Energievergeudung bedingt. Fortschritt der Kultur kennzeichnet sich dadurch, d dem Menschen mehr und mehr die Steuerung der En gien zufällt und der von ihm gelieferte Anteil an Ro energie immer kleiner wird.

### Vorbilder der Organisation

Den höheren Lebewesen und den menschlich Zweckverbänden ist der Umstand gemeinsam, daß bei aus halbwegs selbständigen Einzelwesen gebildet sin die zu besserer Erfüllung ihrer Bedürfnisse zu größer Gebilden zusammengetreten sind. Hierbei müssen sie n wendig auf einen Teil ihrer Unabhängigkeit verzichte indem sie für gewisse Lebensnotwendigkeiten auf d Hilfe andrer Gemeinschaftsglieder angewiesen sind, d ihnen jene liefern; anderseits versehen sie die Genoss mit den Ergebnissen ihrer eigenen Tätigkeit. Dadur wird das Leben jedes Einzelwesens vom Gedeihen d Ganzen abhängig, und das Ergebnis der Gemeinsch wird um so besser, je reibungsloser und harmonisch sich das Zusammenwirken aller Genossen vollzieht. Bedingungen dazu sind, daß jede Sonderverrichtung v dem entsprechenden Organ mit bestem Güteverhältnis au geführt wird, was bei bewußten Einzelwesen das stärk Wohlgefühl bewirkt, und daß die Leistungen der Orga so gegeneinander abgestimmt sind, wie es dem Bedürf des Gesamtwesens entspricht ohne Mangel oder Übersch

Dies gilt für ein technisches Werk ebenso wie einen Staat. Die allgemeine Aufgabe kann auf vi fältige Weise gelöst werden und die Naturgeschichte Lebewesen bietet eine riesige Menge solcher Lösung dar, die keineswegs alle vollkommen sind. Dies rü teilweise daher, daß die Lebensbedingungen sich geänd haben. In solchen Fällen bieten die Anpassungsvorgän an die neuen Verhältnisse lehrreiche Vorbilder für äh liche technische Aufgaben. Für eine künftige grundsä liche Organisationslehre oder Organisatorik können h mannigfaltige Anregungen gefunden werden.

Die vorstehende Skizze ist zweifellos sehr unv kommen. Sie scheint aber als vorläufige Unterlage eingehende Forschungen brauchbar; durch die Inha die sie dabei gewinnen wird, wird sie später wohl au noch besser angepaßte Formen annehmen. [B 3343]

# Versuche über den Wasserumlauf in Dampfkesseln

*Von Prof. Dr.-Ing. ERNST SCHMIDT, Danzig*

*Vorgetragen in der Fachsitzung „Wärmetechnik" in Danzig am 21. Juni 1929 gelegentlich der 68. Hauptversammlung Königsberg*

***In den Steigrohren von Steilrohrkesseln tritt neben der Verdampfung an der Wand eine erhebliche Dampfbildung durch Selbstverdampfung ein, da der hydrostatische Druck in der aufsteigenden Wassersäule abnimmt. Diese Selbstverdampfung ist die Ursache für den manchmal beobachteten verkehrten Wasserumlauf, was an Versuchen gezeigt wird. Messungen der Relativgeschwindigkeit von Dampfblasen gegenüber dem Wasser bei Dampfwassergemischen in senkrechten Rohren ergaben, daß die Relativgeschwindigkeit mit steigendem Dampfgehalt des Gemisches zunimmt und von gleicher Größenordnung wie die Umlaufgeschwindigkeit des Wassers in Steilrohrkesseln ist. Die Theorie des Wasserumlaufes muß die Selbstverdampfung und die Relativgeschwindigkeit der Dampfblasen berücksichtigen.***

Ein guter Wasserumlauf hat für die Betriebsicherheit hoch belasteter Steilrohrkessel große Bedeutung. Das Wasser nimmt die entstehenden Dampfblasen mit und verhindert örtliche Überhitzungen. Beim Versagen des Umlaufes steigt, wie eine einfache Rechnung zeigt, die Rohrtemperatur sehr schnell. Nimmt man an, daß in der ersten Rohrreihe einzelne Stellen 300 000 kcal/m²h Wärmebelastung, entsprechend einer Verdampfung von 500 kg/m²h, aufzunehmen haben, so steigt die Wandtemperatur eines Siederohres von 3 mm Wanddicke, das vorübergehend wasserfrei ist, in 1 s um etwa 30 °. In wenigen Sekunden würde daher das Rohr sich ausbeulen und platzen.

Der Wasserumlauf wird hervorgerufen durch den Auftrieb der Dampfblasen in den Steigrohren. Beim Anheizen vor Beginn der Verdampfung rufen auch die Gewichtunterschiede des warmen und des kalten Wassers einen schwachen Umlauf hervor, aber während des eigentlichen Betriebs sind diese geringen Kräfte gegenüber der Wirkung der Dampfblasen zu vernachlässigen.

Eine Theorie des Wasserumlaufes hat *F. Münzinger* entwickelt[1]). Er legt seinen Rechnungen ein vereinfachtes Kesselmodell, Abb. 1, zugrunde, das aus einem senkrechten Fallrohr, einem senkrechten Steigrohr sowie aus Ober- und Untertrommel von großem Querschnitt besteht, und nimmt an, daß sich Dampf nur im Steigrohr bildet. Der Wasserumlauf wird dann in der durch Pfeile bezeichneten Richtung durch den Gewichtunterschied zwischen dem Wasser im Fallrohr und dem Dampfwassergemisch im Steigrohr erzeugt. Bei der Strömung treten Widerstände in den Rohren und beim Ein- und Austritt des Wassers aus ihnen auf. Außerdem muß im Steigrohr ein Beschleunigungswiderstand überwunden werden; denn das Gemisch wird wegen der über die ganze Rohrlänge verteilten Dampfbildung von unten nach oben spezifisch leichter und muß daher oben rascher strömen als unten.

Mit zunehmender Geschwindigkeit des Wassers beim Eintritt in das Steigrohr wachsen die Strömungswiderstände. Zugleich vermindert sich aber der Auftrieb, da die Dampfblasen schneller aus dem Rohr herausgeführt werden. Es tritt daher ein stationärer Strömungszustand bei einer ganz bestimmten Geschwindigkeit ein.

In Ermangelung von Versuchsunterlagen nimmt *Münzinger* an, daß sich die Dampfblasen im Steigrohr mit gleicher Geschwindigkeit wie das umlaufende Wasser bewegen. Er berechnet bei konstanter Belastung der Heizfläche das mittlere spezifische Gewicht des Gemisches in Abhängigkeit von der Umlaufgeschwindigkeit und erhält die Wassergeschwindigkeit aus der Bedingung des Gleichgewichtes zwischen den Auftriebkräften und der Summe der Reibungs- und Bewegungswiderstände.

Die Annahme gleicher Geschwindigkeit von Wasser und Dampf im Steigrohr wäre zulässig, wenn die Steiggeschwindigkeit der Blasen gegen das Wasser im Vergleich zur Geschwindigkeit des Wassers vernachlässigt werden könnte.

[1]) *F. Münzinger*, „Die Leistungssteigerung von Großdampfkesseln", Berlin 1922.

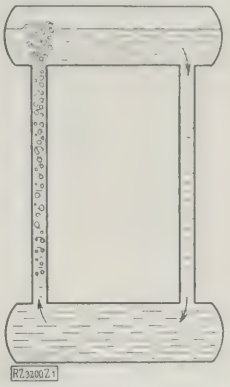


Abb. 1
Vereinfachtes Modell eines Steilrohrkessels.

Die Steiggeschwindigkeit von Luftblasen in kaltem Wasser hat *Hoefer*[2]) gemessen. Seine Untersuchungen an Druckluftwasserhebern (Mammutpumpe) zeigen, daß bei der Bewegung eines Luftwassergemisches in senkrechten Rohren die Relativgeschwindigkeit der Luftblasen gegen das Wasser zwischen 1 und 3 m/s liegt und daher viel größer ist als man auf Grund von Messungen der Steiggeschwindigkeit von Einzelblasen im Wasser erwarten sollte. Es ist daher zu vermuten, daß auch im Siederohr eines Dampfkessels die Dampfblasen ähnlich schnell aufsteigen. Dann kann man aber ihre Relativgeschwindigkeit nicht mehr vernachlässigen gegenüber der Umlaufgeschwindigkeit des Wassers, die in Kesseln üblicher Abmessungen 1 bis 2 m/s beträgt.

Bei der bisherigen Theorie des Wasserumlaufes hat man weiter die Selbstverdampfung übersehen, die in einer aufsteigenden Wassersäule von Sättigungstemperatur vor sich geht, auch wenn ihr von außen keine Wärme zugeführt wird.

### Die Selbstverdampfung in Wasserrohren

Kommt Wasser von Sättigungstemperatur unter geringeren Druck, so verdampft es zum Teil. Von dieser Erscheinung macht man beim Ruths-Speicher Gebrauch. Eine solche Verdampfung erfolgt auch im Steigrohr eines Kessels, da das aufsteigende Wasser von seinem eigenen Gewicht entlastet wird. Die Größe dieser Verdampfung, die als Selbstverdampfung bezeichnet sei, läßt sich leicht aus einem *Ts*-Diagramm oder aus Dampftafeln ermitteln, vergl. Abb. 2. Bezeichnen wir mit $d\xi$ den Bruchteil der Wassermenge, der bei Entlastung um $dP$ verdampft so ist nach dem *Ts*-Diagramm

$$\frac{d\xi}{dP} = \frac{1}{s'' - s'} \frac{ds'}{dP} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1),$$

wenn

$s'$ die Entropie des siedenden Wassers und
$s''$ die Entropie des Sattdampfes

bedeutet.

Lassen wir z. B. in ein senkrechtes Siederohr von 10 cm Innendurchmesser von unten Wasser mit 5 at, der zugehörigen Sättigungstemperatur von 151 ° und dem spezifischen Gewicht 920 kg/m³ mit einer Geschwindigkeit von 2 m/s eintreten, so erfährt es beim Aufsteigen

[2]) *K. Hoefer*, „Untersuchungen über die Strömungsvorgänge im Steigrohr eines Druckluftwasserhebers", Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 138 (1913), Z. Bd. 57 (1913) S. 1174.

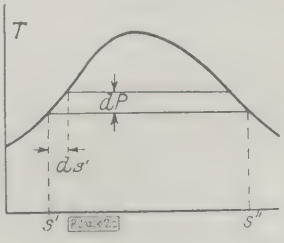



Abb. 2
*Ts*-Diagramm zur Ermittlung der Selbstverdampfung.

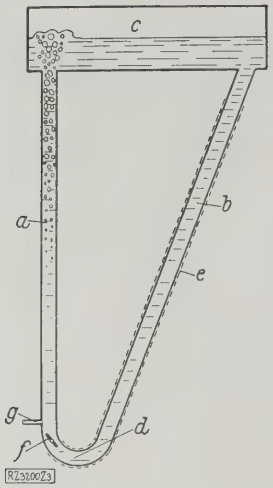



**Abb. 3**
Versuchseinrichtung zum Nachweis der Umkehr der Richtung des Wasserumlaufes in Steilrohrkesseln.

*a*, *b* Glasrohre
*c* Obertrommel
*d* Krümmer
*e* Chromnickel-Bandwicklung
*f* kleine Drosselklappe
*g* Einblasestelle für Druckluft

um 1 m eine Entlastung um 0,092 at; dabei beträgt nach den Dampftafeln der verdampfende Bruchteil $\Delta\xi = 0{,}154$ vH. Da unter den angegebenen Umständen stündlich 52 000 kg Wasser durch das Rohr strömen, werden durch Selbstverdampfung $52\,000 \cdot 0{,}001\,54 = 80$ kg/h Dampf entwickelt. Um dieselbe Menge durch Verdampfung an der Rohrwand zu erzeugen, müßte man eine Heizflächenbelastung von 255 kg/m²h anwenden. Mit steigendem Druck wird die Selbstverdampfung geringer, denn sie hängt wesentlich von dem Verhältnis des Druckunterschiedes zwischen Unter- und Obertrommel zum Dampfdruck im Kessel ab. Unter sonst gleichen Bedingungen würde bei einem Anfangsdruck von 10 at die Selbstverdampfung einer Heizflächenbelastung von 138 kg/m²h entsprechen.

Man sieht also, daß die Selbstverdampfung nicht vernachlässigt werden darf, sondern den Wasserumlauf wesentlich beeinflußt.

Werden bei einem Kessel nur die Steigrohre beheizt und die Fallrohre den Feuergasen entzogen, so hat das Wasser beim Eintritt in die Steigrohre noch nicht die seinem hydrostatischen Druck entsprechende Sättigungstemperatur. Der untere Teil des Steigrohres dient dann nur zum Erwärmen des Wassers, und die Verdampfung beginnt erst weiter oben. Beheizt man das Fallrohr, so rückt der Verdampfbeginn im Steigrohr nach unten und der Wasserumlauf wird schneller. Erst wenn man die Beheizung des Fallrohres so weit steigert, daß in ihm Dampf entsteht, wird der Umlauf wieder langsamer.

Man kann die Beheizung des Steigrohres unter die des Fallrohres vermindern und sogar ganz fortlassen, ohne daß der Wasserumlauf seine Richtung ändert. Das erklärt den in der Praxis manchmal beobachteten verkehrten Umlauf, bei dem das Wasser im stark beheizten Rohr ohne zu verdampfen herabsinkt und im schwach oder gar nicht beheizten verdampft und aufsteigt.

Abb. 3 zeigt ein Kesselmodell, an dem man die Umkehr des Wasserumlaufs vorführen kann. Zwei Glasrohre *a* und *b* sind ähnlich den Siederohren eines Kessels an eine Obertrommel *c* angeschlossen und unten durch einen Krümmer *d* verbunden, der die Untertrommel ersetzt. Das rechte Rohr und der Krümmer werden durch eine Chromnickelbandwicklung *e* beheizt, das linke Rohr bleibt unbeheizt. Bei *f* ist eine kleine Drosselklappe zur Erhöhung der Strömwiderstände angebracht und bei *g* kann Preßluft eingeblasen werden. Heizt man das rechte Rohr und den Krümmer, so stellt sich der Wasserumlauf in gewöhnlichem Sinne ein. Bringt man durch Einblasen von Luft bei *g*, die im linken Rohr aufsteigt, den Umlauf in umgekehrter Richtung in Gang, so bleibt er, wie der Versuch zeigt, bei geeigneter Größe der Strömwiderstände auch nach Aufhören der Luftzufuhr bestehen.

Oft vollzieht sich der Wasserumlauf nicht gleichmäßig, sondern unter starken Pulsationen. Dabei kocht das Gemisch im Steigrohr plötzlich auf unter starker Erhöhung der Umlaufgeschwindigkeit. Das rasch durch das Fallrohr nachströmende Wasser wird nicht mehr so schnell auf Sättigungstemperatur erwärmt, die Dampfbildung läßt nach und der Umlauf verlangsamt sich fa bis zum Stillstand. Nun nimmt die Wassertemperatur l zum Siedepunkt zu, und es entsteht Dampf, der den U lauf wieder einleitet. Dabei steigt Wasser von Sät gungstemperatur im Steigrohr auf; es tritt Selbstve dampfung ein, die ein Aufkochen verursacht und den U lauf so stark beschleunigt, daß das Wasser nicht me auf Siedetemperatur kommt. Das Spiel wiederholt si in regelmäßigen Zeitabständen von einigen Minuten, äh lich wie beim Geiser. Diese Pulsationen beim gewöh lichen Umlauf hat auch *K. Cleve* in einer noch nicht g druckten Münchener Dissertation schon beschrieben, die er mir Einblick gewährte.

Das mit den Pulsationen verbundene Aufkochen e höht die Feuchtigkeit des Dampfes, da das Wasser in d Dampfraum hinaufgeschleudert wird. Die Untersuchu der Bedingungen für das Auftreten von Pulsation dürfte daher für die Erzeugung von wasserfreiem Dam wichtig sein.

### Messung der Relativgeschwindigkeit von Dampfblase in Siederohren

Beobachtet man die Bewegung des Dampfwasse gemisches an dem Glasmodell eines Steilrohrkessels, sieht man das Gemisch in wilder, turbulenter Bewegun deren Einzelheiten sich der Beobachtung entziehen, dur das Rohr strömen. Die Wassermasse ist, wie es Abb. andeutet, von größeren und kleineren Blasen durchsetz welche sich regellos mit wechselnden Geschwindigkeite bewegen.

Zur Erleichterung der Vorstellung denken wir u nach Abb. 5 alle Dampfblasen auf den einen Teil, all Wasser auf den andern Teil des Querschnittes z sammengedrängt, ohne an den Geschwindigkeiten etw zu ändern. Wir bezeichnen mit

$G$ die durch das Rohr strömende gesamte Gemisch menge in kg/s,
$\gamma$ das mittlere spezifische Gewicht des Gemisch in kg/m³,
$w$ die mittlere Geschwindigkeit des Gemisch in m/s,
$f$ den lichten Rohrquerschnitt in m²,
$\gamma_d$ das spezifische Gewicht des Dampfes in kg/m³,
$w_d$ die mittlere Geschwindigkeit des Dampf in m/s,
$f_d$ den vom Dampf eingenommenen Teil des Roh querschnittes in m²,
$\gamma_w$ das spezifische Gewicht des Wassers in kg/m
$w_w$ die mittlere Geschwindigkeit des Wassers in m/
$f_w = f - f_d$ den vom Wasser eingenommenen Teil des Roh querschnittes in m².

Die durch das Rohr strömende Dampfmenge ist dan

$$L = \gamma_d w_d f_d \quad \ldots \ldots \ldots \quad (2$$

und die gesamte Gemischmenge setzt sich aus dem Damp und Wasseranteil zusammen nach

$$G = \gamma w f = \gamma_d w_d f_d + \gamma_w w_w f_w \quad \ldots \quad (3$$

Das spezifische Gewicht des Gemisches ergibt sich a den Querschnittanteilen von Dampf und Wasser nach

$$\gamma = \frac{f_d}{f}\gamma_d + \frac{f - f_d}{f}\gamma_w \quad \ldots \ldots \quad (4$$

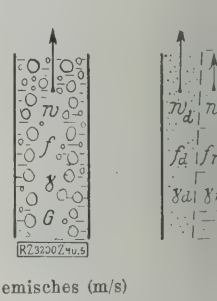



**Abb. 4 und 5**
Dampfwassergemisch in einem Rohrstück.

**Abb. 4** (links)
Dampfblasen wie in der Wirklichkeit regellos verteilt.

**Abb. 5** (rechts)
Dampf und Wasser zur Erleichterung der Übersicht getrennt gezeichnet.

$w$ mittlere Geschwindigkeit des Gemisches (m/s)
$f$ lichter Rohrquerschnitt (m²)
$\gamma$ mittleres spezifisches Gewicht des Gemisches (kg/m³)
$G$ gesamte strömende Gemischmenge (kg/s)
Zeiger $d$ bedeutet Dampf, Zeiger $w$ Wasser

Die spezifischen Gewichte von Wasser und Dampf sind aus den Dampftafeln bekannt. Mißt man die durch das Rohr strömende Gesamtmenge $G$ des Gemisches und sein spezifisches Gewicht $\gamma$, so ist dadurch die Gemischgeschwindigkeit $w$ bestimmt, die der unmittelbaren Messung kaum zugänglich ist. Aus dem spezifischen Gewicht des Gemisches ergeben sich die Querschnittanteile von Dampf und Wasser nach Gl. (4). Bestimmt man die durch einen Rohrquerschnitt strömende Dampfmenge $L$ als Summe der unterhalb dieses Querschnittes erfolgten Dampfbildung durch Wärmezufuhr und durch Selbstverdampfung, so erhält man hieraus und aus den Querschnittanteilen von Dampf und Wasser nach Gl. (2) und (3) die Geschwindigkeiten beider Mittel und damit auch die Relativgeschwindigkeit des Dampfes gegenüber dem Gemisch oder gegenüber dem Wasser.

Außer der gesamten Gemischmenge und der erzeugten Dampfmenge hat man also das spezifische Gewicht des Gemisches zu ermitteln. Das kann etwa durch Messen der Druckänderung längs der senkrechten Gemischsäule erfolgen. In dem strömenden Gemisch eines Siederohres ist das schwierig, da die Dampfmenge von unten nach oben zunimmt und Druckunterschiede auch infolge der Gemischbeschleunigung auftreten.

Die Messung des spezifischen Gewichtes wird ausführbar an einer ruhenden Gemischsäule, durch die man eine konstante Dampfmenge treten läßt. Der Dampf wird am einfachsten durch elektrische Heizung erzeugt, wobei seine Menge einfach und genau aus der elektrischen Leistung ermittelt werden kann. Abb. 6 zeigt schematisch die benutzte Versuchseinrichtung[8]). In das mit Wasser gefüllte Rohr $a$ ist unten ein elektrischer Heizkörper $b$ eingebaut, der aus nacktem Chromnickeldraht besteht und den man mit Wechselstrom beheizt, um Wasserzersetzung zu vermeiden. Die am Heizkörper $b$ entwickelten Dampfblasen steigen durch das Wasser auf und erzeugen ein Dampfwassergemisch, dessen Zusammensetzung über die ganze Höhe des Rohres nahezu konstant ist.

Der entwickelte Dampf wird zwischen dem Rohr $a$ und einem Mantelrohr $c$ wieder nach unten geführt und verhindert so die Wärmeabgabe des Rohres $a$. In das Gemisch taucht von oben eine verschiebbare Sonde $d$ mit seitlichen Bohrungen $e$ in der Nähe ihres unteren Endes. In diese Sonde drückt man Luft mit so geringem Überdruck, daß sie in einzelnen Bläschen durch die Bohrungen austritt und mit dem Dampf entweicht. Der Überdruck der Luft in der Sonde ist zugleich der hydrostatische Druck der Gemischsäule an den Bohrungen. Die verdampfte Wassermenge wird durch eine selbsttätige Speisevorrichtung von unten ersetzt, so daß das Gemischgewicht im Rohr während eines Versuchs konstant bleibt, was am Wassersäulen-Manometer $f$ beobachtet werden kann.

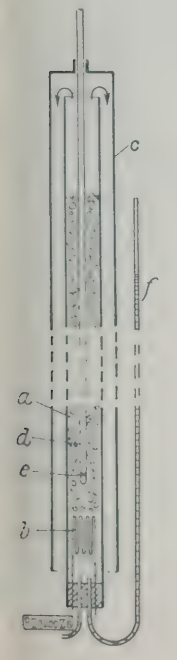



**Abb. 6**
Versuchseinrichtung zur Messung der Relativgeschwindigkeit des Dampfes in Dampf-Wasser-Gemischen bei atmosphärischem Druck.
*a* mit Wasser gefülltes Rohr
*b* elektrischer Heizkörper
c Mantelrohr
*d* von oben verschiebbare Sonde
*e* seitliche Bohrungen in *d*
*f* Wassersäulen-Manometer

[8]) Die Mittel zur Durchführung der Versuche wurden von der Helmholtz-Gesellschaft und vom Zentralverband der Preußischen Dampfkesselüberwachungsvereine zur Verfügung gestellt; beiden Stellen sei auch hier besonders gedankt.

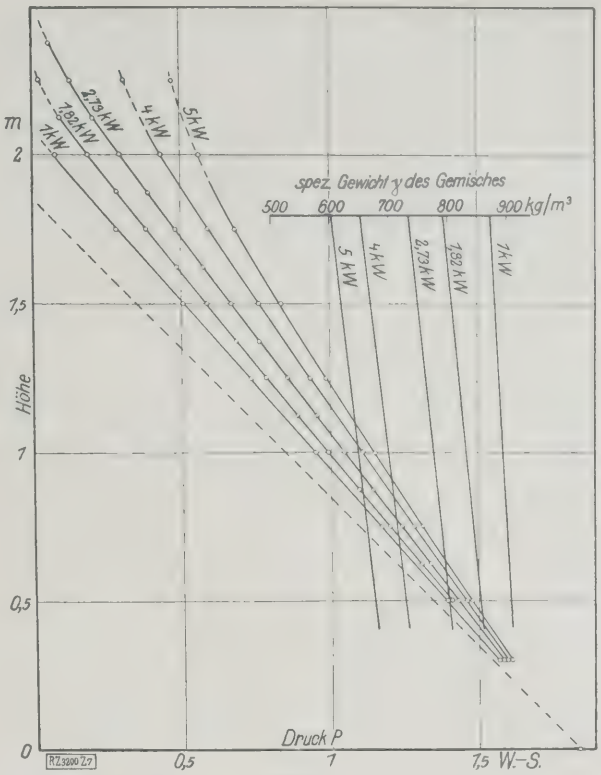



**Abb. 7**
Druckverlauf und spezifisches Gewicht der Gemischsäule im Rohr von 82 mm Dmr. bei verschiedener Heizleistung.

Mit dieser Versuchseinrichtung hat Dipl.-Ing. *H. Ufer* Messungen an Rohren von 28, 43 und 82 mm Dmr. bei atmosphärischem Druck durchgeführt. Als Beispiel sind in Abb. 7 die Ergebnisse der Versuche am Rohr von 82 mm Dmr. dargestellt. Die Ordinaten sind die Höhen der Bohrungen der Sonde über dem elektrischen Heizkörper. Die Abszissen sind die gemessenen Drücke der eingeblasenen Luft. Die Versuchspunkte sind als kleine Kreise eingetragen, die durch Kurven verbunden sind. Die gestrichelte Gerade von 45 ° Neigung entspricht der Druckverteilung in einer dampffreien Wassersäule.

Am Rohr von 82 mm Dmr. wurden 5 Versuchsreihen bei Heizleistungen von 1 bis 5 kW durchgeführt. Die Meßpunkte lassen sich überraschend gut aufnehmen, obgleich sich das Gemisch in starker wallender Bewegung befindet. Nur nahe am oberen Ende der Gemischsäule, wo die Kurven gestrichelt eingezeichnet sind, wird die Messung unsicher, da der Flüssigkeitsspiegel stark auf und nieder schwankt. Aus der Neigung der Kurven des Druckverlaufes erhält man unmittelbar die spezifischen Gewichte $\gamma$ des Gemisches, die in Abb. 7 ebenfalls als Abszissen eingetragen sind. Die Kurven des Druckverlaufes sind bei genauer Betrachtung ein wenig nach unten durchgebogen. Die spezifischen Gewichte des Gemisches sind daher auch längs der Höhe der Säule nicht konstant, sondern nehmen nach oben etwas ab, was zum Teil auf die nicht ganz zu vernachlässigende Expansion der Dampfblasen während des Aufsteigens zurückzuführen ist.

Eine Selbstverdampfung, wie beim umlaufenden Gemisch, findet nicht statt, da das Gemisch nicht als Ganzes strömt. Es kann zwar bei der turbulenten Bewegung des Gemisches vorkommen, daß Wasserteilchen aufwärts bewegt werden und dadurch in Gebiete niedrigeren hydrostatischen Druckes gelangen. Dafür müssen aber andere Wasserteilchen gleichzeitig von oben nach unten wandern, da das Wasser im ganzen in Ruhe bleibt. Bei dieser Gegenstrombewegung geben die aufwärts wandernden Teilchen Wärme an die abwärts wandernden durch Wärmeleitung und Mischung ab, so daß überall die

dem Druck entsprechende Sättigungstemperatur herrscht. Geringe Temperaturunterschiede bleiben aber bestehen, und es tritt daher wahrscheinlich noch ein kleiner Rest von Selbstverdampfung auf, der eine geringe Zunahme der Dampfmenge und damit eine Abnahme des spezifischen Gewichtes des Gemisches mit der Höhe verursacht. Dadurch erklärt sich der Teil der Gewichtabnahme der Gemischsäule mit zunehmender Höhe, der nicht auf die Expansion der Dampfblasen zurückgeführt werden kann. Beide Einflüsse sind aber, wie Abb. 7 zeigt, so klein, daß man praktisch von ihnen absehen und mit einer mittleren Dichte der Gemischsäule rechnen kann.

Aus den mittleren spezifischen Gewichten des Gemisches und dem bekannten spezifischen Gewicht von Dampf und Wasser erhält man nach Gl. (4) den relativen Querschnittanteil von Dampf und Wasser im Rohr. Hieraus und aus der mit Hilfe der elektrischen Heizleistung bestimmten Dampfmenge ergibt sich die Geschwindigkeit des Dampfes oder, anders ausgedrückt, die mittlere Steiggeschwindigkeit der Dampfblasen. Die Gemischgeschwindigkeit am unteren Rohrende ist dabei gleich der Geschwindigkeit des zuströmenden Speisewassers; sie beträgt weniger als 1 mm/s und kann gegenüber der Geschwindigkeit des Dampfes vernachlässigt werden.

Als Ergebnis der Untersuchungen an den drei untersuchten Rohren ist in Abb. 8 die Abhängigkeit der Relativgeschwindigkeit des Dampfes vom spezifischen Gewicht des Gemisches dargestellt. Das Rohr von 82 mm Dmr. war ein Eisenrohr, die beiden Rohre von 43 und 28 mm bestanden aus Glas. Man sieht, daß die Relativgeschwindigkeit des Dampfes mit abnehmender Dichte des Gemisches, also mit steigender Dampfmenge, zunimmt. Die Abhängigkeit läßt sich nahezu durch Hyperbeln darstellen, wie der Vergleich der gemessenen Kurven mit der gestrichelt eingezeichneten gleichseitigen Hyperbel erkennen läßt.

Die Kurve des engsten Rohres von 28 mm Dmr. liegt anders als man nach dem Verlauf der Kurven der beiden

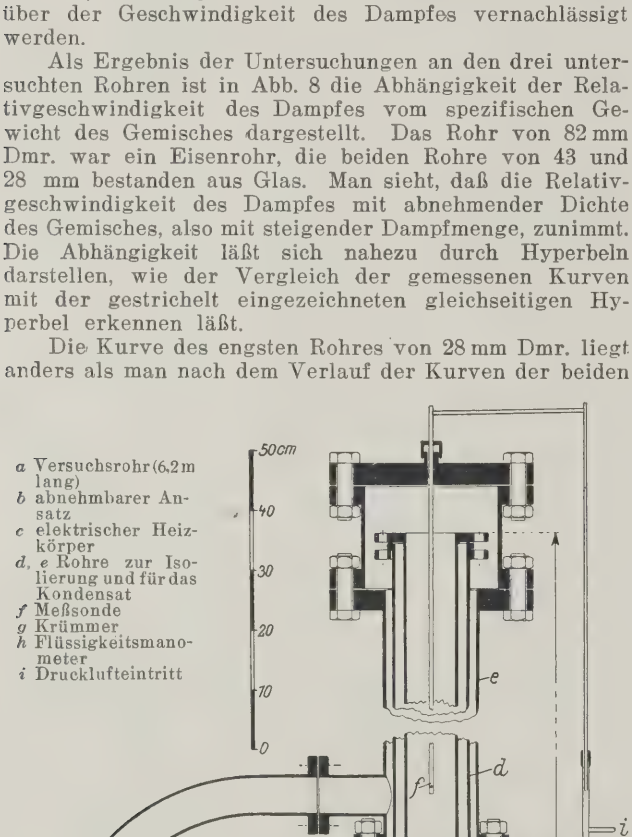



Abb. 9. Einrichtung zum Messen der Relativgeschwindigkeit des Dampfes in Dampfwassergemischen in Rohren bei hohem Druck.

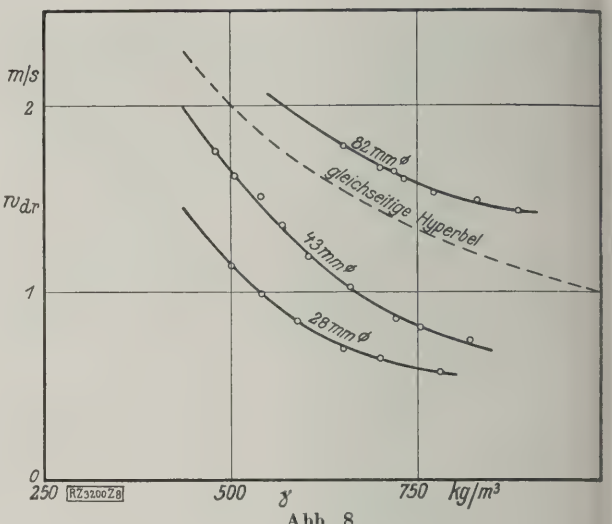



Abb. 8
Abhängigkeit der Relativgeschwindigkeit $w_{d_r}$ der Dampfblasen vom spez. Gewicht $\gamma$ des Dampfwassergemisches in Rohren verschiedenen Durchmessers.

weiteren Rohre erwarten sollte. Die Erklärung hierfür bilden wahrscheinlich die Unterschiede in der Form der aufsteigenden Dampfblasen in engen und weiten Rohren. Bei Rohren von großem Durchmesser bewegen sich zahlreiche größere und kleinere Dampfblasen ganz unregelmäßig durch das stark wirbelnde Gemisch. Bei Rohren von kleinem Durchmesser dagegen steigen einzelne Blasen von geschoßähnlicher Gestalt mit abgerundetem Kopf und flachem Boden, die den Querschnitt fast ganz ausfüllen, in regelmäßigen Abständen auf, wobei das Wasser in dünner Schicht zwischen Blase und Wand heruntersinkt.

Es könnten noch Bedenken auftauchen, ob diese Messungen an ruhenden Gemischsäulen auf den Wasserumlauf im Kessel übertragen werden können; denn beim bewegten Gemisch tritt eine Wandreibung auf, die im ruhenden Gemisch nicht vorhanden ist. Aber es ist nicht anzunehmen, daß diese Wandreibung den stark turbulenten Strömungszustand des Gemisches merklich beeinflußt.

Die Versuche wurden zunächst an Rohren bis zu 3 m Länge bei atmosphärischem Druck ausgeführt. Zur Messung an Gemischsäulen bis zu 6 m Länge, die bei Steilrohrkesseln vorkommen, und bei höheren Drücken wurde eine zweite Versuchseinrichtung gebaut, die Abb. 9 zeigt. Das eigentliche Versuchsrohr *a* von 6,20 m Länge und 4 bis 9 cm Dmr. trägt unten einen abnehmbaren Ansatz *b*, in dem der elektrische Heizkörper *c* untergebracht ist. Das Versuchsrohr ist konzentrisch in einem weiteren Rohr *d* angeordnet, mit dem es oben verflanscht ist und von dem es sonst durch eine Luftschicht getrennt wird. Die Luftschicht ist zur besseren Isolierung von Aluminiumfolie begrenzt, ihre Dicke ist verschieden je nach dem Durchmesser des benutzten Versuchsrohres. Das Rohr *d* sitzt in einem dritten Rohr *e*, mit dem es unten durch einen Flansch verbunden ist. Das Rohr *e* wird oben geschlossen durch einen Deckel mit einer Stopfbüchse zur Einführung der verschiebbaren Meßsonde *f*. Von dem äußeren Rohr *e* führt ein Krümmer *g* zu dem Heizkörperansatz zurück.

Das Dampfwassergemisch bildet sich im innersten Rohr und kann bis zu 6 m Höhe annehmen. Der Dampf steigt nach oben und kondensiert an der Wand des äußeren Rohres, wobei sich das Kondensat in dem Ringraum zwischen den Rohren *d* und *e* sammelt und durch den Krümmer *g* dem Heizkörper wieder zufließt. Füllt man die Vorrichtung so weit mit Wasser, daß das Gemisch das obere Ende des Rohres nicht erreicht, so haben wir dieselben Verhältnisse wie bei der ersten Versuchseinrichtung. Füllt man sie höher oder baut man in den Krümmer eine Umlaufpumpe ein, so kann man die Einrichtung auch bei umlaufendem Gemisch betreiben.

In die Sonde wird ebenso wie bei der ersten Einrichtung Druckluft mit geringem Überdruck eingeführt, die in einzelnen Blasen mit dem Dampf aufsteigt; ihre Menge ist so gering, daß sie den Verdampfvorgang nicht stört. Bei Versuchen mit höheren Drücken würde die Messung des Druckes in der Gemischsäule die kleinen Druckunterschiede, aus denen das spezifische Gewicht des Gemisches berechnet wird, nicht genau genug ergeben. Man muß daher eine Differenzmessung anwenden, indem man den Druck in der Sonde mit dem Druck am Fuße des Rohres mittels des Flüssigkeitsmanometers $h$ vergleicht. Die Druckluft wird dabei an der Stelle $i$ zugeführt.

Diese Versuchseinrichtung ist gerade fertiggestellt und in Betrieb genommen. Über die damit gewonnenen Ergebnisse soll später berichtet werden.

**Anwendung auf den Wasserumlauf in Dampfkesseln**

Nachdem die Frage der Nachverdampfung geklärt und die Relativgeschwindigkeit des Dampfes gegen das Gemisch in Rohren verschiedenen Durchmessers experimentell festgestellt ist, kann man die Theorie des Wasserumlaufes mit Berücksichtigung dieser Umstände durchführen. Dabei erweist es sich für die praktische Rechnung als außerordentlich angenehm, daß die Abhängigkeit der Relativgeschwindigkeit des Dampfes von der Gemischdichte genau genug dem Gesetz einer gleichseitigen Hyperbel folgt. Diese Theorie habe ich an andrer Stelle entwickelt[4]). Sie ergibt ähnlich wie die *Münzingerschen* Rechnungen ein Ansteigen der Umlaufgeschwindigkeit mit der Belastung der Heizfläche bis zu einem Höchstwert, der bei Steilrohrkesseln von üblichen Abmessungen für mittlere Drücke meist zwischen 1 und 2 m/s liegt. Bei sehr großer Heizflächenbelastung nimmt die Umlaufgeschwindigkeit wieder langsam ab.

In ihren zahlenmäßigen Ergebnissen weicht meine Theorie von den Rechnungen *Münzingers* ab, doch ist in manchen Fällen der Unterschied klein, da von den beiden Verbesserungen: der Berücksichtigung der Selbstverdampfung und der Relativgeschwindigkeit der Dampfblasen, die erste im Sinne einer Erhöhung, die zweite im Sinne einer Verminderung der Umlaufgeschwindigkeit wirkt.

Bei der Übertragung der Theorie auf einen Steilrohrkessel mit vielen parallel geschalteten Steig- und Fallrohren tritt eine Schwierigkeit dadurch auf, daß man nicht weiß, ob der Umlauf in allen Rohren des Steigrohrbündels aufwärts und in allen Rohren des Fallrohrbündels abwärts gerichtet ist. Nach den Überlegungen über den verkehrten Umlauf kann auch ein schwach beheiztes Rohr Steigrohr und ein stark beheiztes Rohr Fallrohr werden, je nach den zufälligen Anfangsbedingungen der Strömung. Bei gleichen Betriebzuständen des Kessels sind daher verschiedene Verteilungen der Strömung auf die Rohre möglich. Das Problem ist also nicht eindeutig, solange man nicht durch äußere Mittel einen bestimmten Umlauf erzwingt. Die Theorie muß aber von einer bestimmten Annahme über die Verteilung der Strömung ausgehen und kann daher nicht immer mit der Wirklichkeit übereinstimmen. [B 3200]

[4]) Vergl. *E. Schmidt*, „Wasserumlauf in Steilrohrkesseln" Festschrift: Fünfundzwanzig Jahre Technische Hochschule Danzig, Danzig 1929.

## Aufzeichnung schneller Schwingungen

**Zuschrift**

In dem Aufsatz von *H. Thoma*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 19 S. 639, ist insofern ein Irrtum unterlaufen, als nicht dort erstmalig auf die Wichtigkeit der Schwingungsuntersuchung für Werkzeugmaschinen hingewiesen wurde. Ich habe bereits seit Anfang 1927 in verschiedenen Betrieben und im Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen der Technischen Hochschule, Charlottenburg, derartige Untersuchungen ohne Geheimhaltung ausgeführt. Im Herbst 1927 habe ich dieses Prüfverfahren auf der Werkstofftagung, Abteilung Bearbeitbarkeit, öffentlich vorgeführt. In der 5. Aufl. des Taschenbuches für den Maschinenbau von *Dubbel* habe ich diesem Gebiet einen eigenen Abschnitt (II S. 642) gewidmet und in der Werkstattechnik Bd. 23 (1929) Heft 9 S. 253 einen Teilbericht über die seitherigen Arbeiten gegeben.

Charlottenburg *Max Kurrein*

**Entgegnung**

Der Einfluß der Vibrationen auf die Arbeit der Werkzeugmaschinen ist längst bekannt, und ich habe auch nicht etwas derartiges für mich als neu in Anspruch genommen. Vielmehr ist in meiner Veröffentlichung nur dargetan, welche Bedeutung die klare und durch die Trägheit der älteren mechanischen Vibrographen nicht entstellte Aufzeichnung der Vibration für den Werkzeugmaschinenbau hat. Wie groß die erzielten Fortschritte sind, ergibt sich am besten aus dem Vergleich der beiden Kurven von Abb. 1 und 2, die die Lagerbewegung der gleichen Dampfturbine darstellen und von denen die eine nach dem neuen Verfahren, die andre mit dem mechanischen Vibrographen aufgenommen wurde. Die Unzulänglichkeiten eines mechanischen Vibrographen bei der Aufzeichnung schneller Schwingungen oder vielmehr die Verzerrungen und die Undeutlichkeit der von ihnen gelieferten Vibrogramme war gerade der Anlaß nach einem Verfahren für eine unverschleppte Aufzeichnung zu suchen, das gleichzeitig eine genügende Vergrößerung schwacher Vibrationen gestattet, so daß auch schwache betriebsmäßig auftretende Vibrationen einschließlich der für die Analyse wichtigen Oberwellen klar ersichtlich werden. Im übrigen erfolgten die Veröffentlichungen von *Kurrein* z. T. nach der Drucklegung meines Aufsatzes, so daß es schon aus diesem Grunde nicht möglich war, diese zu erwähnen: auch meine Versuche laufen schon seit Jahren in aller Öffentlichkeit, und ich hatte sie auch schon im vergangenen Jahr zahlreichen Fachleuten, insbesondere dem Institut für Schwingungsforschung in Berlin, vorgezeigt.

Der Unterschied zwischen elektrischer und der üblichen mechanischen Registrierung von Erschütterungen, der bei dem gebrachten Beispiel schon augenfällig ist, wird noch größer, wenn es sich um Untersuchung der im normalen Betrieb auftretenden, meist kleineren Erschütterungen handelt. Das neue Verfahren liefert hier schon bei Erschütterungsbewegungen von 1 $\mu$ und weniger völlig klare und praktische alle Oberwellen darstellende Aufzeichnungen, während der mechanische Vibrograph in diesem, auch für den Werkzeugmaschinenbau wichtigen Gebiet versagt.

Karlsruhe [D 3138] *H. Thoma*

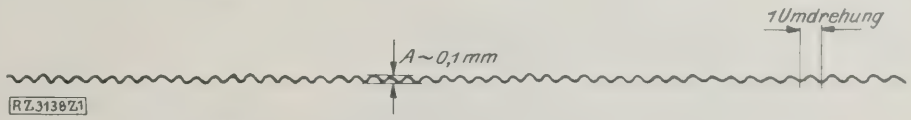



**Abb. 1.** Mechanische Aufzeichnung mittels Vibrographen.

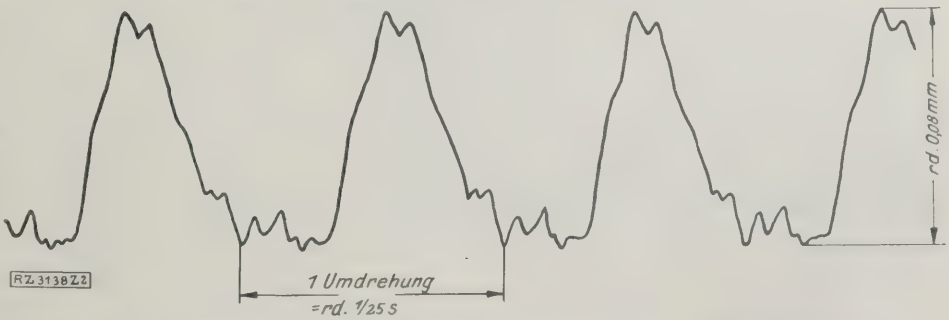



**Abb. 2.** Elektrische Aufzeichnung mittels Hochfrequenzschaltung und Oszillographen.

**Abb. 1 und 2**
Bewegung des Mittellagers einer Dampfturbine. Auf $^9/_{10}$ verkleinerte Aufzeichnungen.

# Erweiterung der Hochdruck-Speicheranlage des Murg-Schwarzenbach-Werkes

*Von Baurat E. TREIBER, Karlsruhe*

*Die Aufspeicherung von elektrischer Überschußenergie in hydraulischen Speicheranlagen findet besonders in Deutschland zunehmende Anwendung. Sehr günstig liegen die Verhältnisse für Hochdruckspeicherung beim badischen Murg-Schwarzenbach-Werk, wo neben der größten bisher in Betrieb befindlichen Speicherpumpe eine zweite von doppelter Leistungsfähigkeit aufgestellt wird. Ihr Einbau in die ursprünglich nicht dafür bestimmte Anlage bedingt eine besondere Ausbildung der Wasserzu- und -abführung. Die neue Pumpe erhält nur in der zweiten Druckstufe einen verstellbaren Leitapparat. Für das Zuschalten der Pumpe an die durchlaufende Antriebmaschine dient hier zum ersten Mal eine Flüssigkeitskupplung mit mechanischer Feststellvorrichtung, deren Aufbau näher beschrieben wird.*

### Bedingungen für die Erweiterung

Das Bedürfnis nach Aufspeicherung überschüssiger oder zeitweilig nicht verwendbarer elektrischer Energiemengen wird immer stärker. Es kommt in Deutschland neuerdings in der Errichtung großer Pumpspeicheranlagen, (Herdecke a. d. Ruhr, Niederwartha bei Dresden) und in der Aufstellung zusätzlicher Speichermaschinensätze in bestehenden Wasserkraftanlagen (Edertalsperre, Leitzachwerk der Stadt München, E.-W. Mittweida usw.) zum Ausdruck. Mit dem immer weitergreifenden Zusammenschluß der Stromversorgungsanlagen der Badischen Landeselektrizitätsversorgungs-A.-G. mit Kraftanlagen verschiedener Art (Rheinisch-Westfälisches E.-W. mit z. T. auf Braunkohle stehenden Dampfwerken, schweizerische Unternehmungen mit nicht speicherfähigen Laufwasserwerken am Oberrhein, an der Aare usw.) zeigte sich die Erweiterung der im Murg-Schwarzenbach-Werk bei Forbach in Baden bereits bestehenden Pumpspeichereinrichtungen[1]) als nötig und wirtschaftlich.

In dieser Anlage handelt es sich nicht nur um die Speicherung überschüssiger Arbeitsmengen auf lange Sicht, sondern in hohem Maß auch um die kurzfristige Umsetzung minderwertigen Nacht- und Sonntagstromes in hochwertigen Spitzenstrom. Im Murg-Schwarzenbach-Werk liegen gerade für den letzteren Zweck die Verhältnisse besonders günstig. Bei seiner Pumpspeicherung kann nämlich das nur in beschränktem Umfang speicherfähige Murgwasser unter Schonung seiner unmittelbar ausnutzbaren Fallhöhe in das Schwarzenbachbecken gepumpt und erst von hier aus mit i. M. 350 m statt unmittelbar mit nur etwa 145 m Fallhöhe ausgenutzt werden. Mit der gleichen Menge Murgwasser erzielt man also bei der Rückgewinnung fast 2,5fache Leistung. Diese Umsetzung könnte im Grenzfall so weit gehen, daß zeitweilig das gesamte Wasser des Murgflusses nachts und Sonntags in das Schwarzenbachbecken befördert und erst auf diesem Umweg der Energieveredlung restlos ausgenutzt wird.

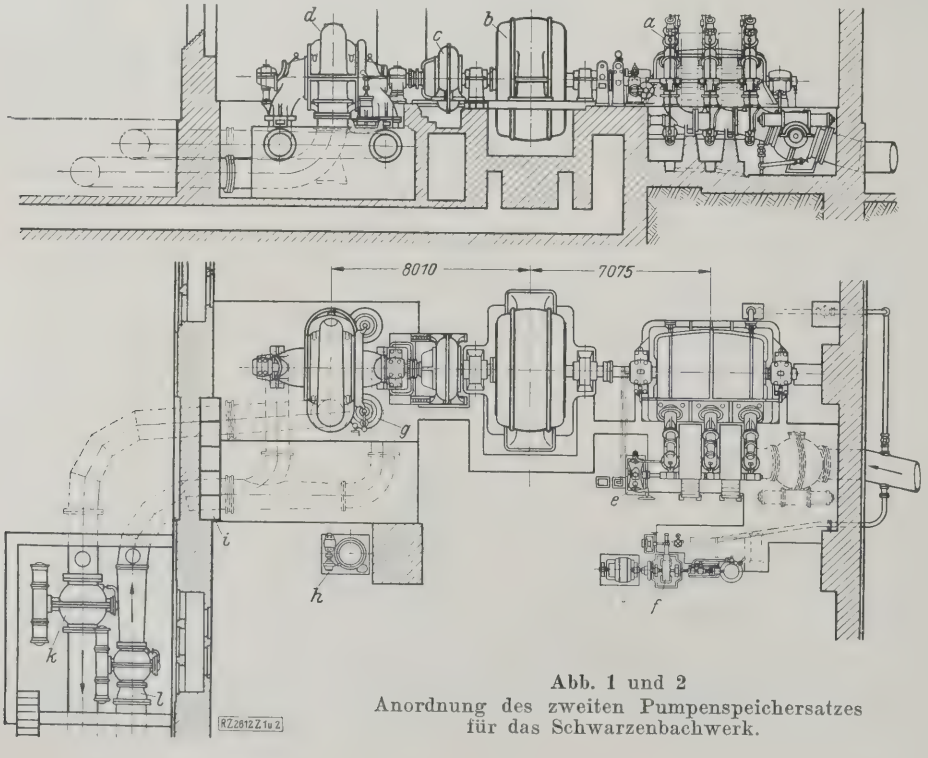
[1]) Vergl. *Maas:* Hydraulische Hochspeicherkraftwerke, Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f.

### Umfang des Ausbaues

Die erste im Jahre 1924/25 aufgestellte, mit dem Maschinensatz 1 des Schwarzenbachwerkes gekuppelte Speicherpumpe vermag rd. 2,3 m³/s gegen 225 m Druckhöhe zu fördern; eine neue, im Laufe dieses Jahres aufzustellende und an den Maschinensatz 2 anzuschließende Speicherpumpe wird nunmehr etwa für die doppelte Leistungsaufnahme und Fördermenge gebaut, indem sie eine Vollwassermenge von 4,8 m³/s gegen 225 m oder 5,8 m³/s gegen 190 m zu fördern imstande ist, Abb. 1 und 2. Die Antriebleistung beträgt etwa 16 750 bis 18 600 PS. Der Anschluß der großen Pumpe an die bestehenden Rohrleitungen ist nur bei schärfster Raumausnutzung und Verlegung einer besondern

### Pumpenrohrleitung

möglich, da die Aufstellung von Speicherpumpen bei der ursprünglichen Anlage des Werkes gar nicht vorgesehen war.




*a* Freistrahlturbine für 29 400/31 500/35 000 PS bei 315/333/357 m Nutzfallhöhe und 500 U/min
*b* Drehstrommaschine für 20 000 kVA (Stromerzeuger und Motor)
*c* Flüssigkeitskupplung (Föttinger-Escher, Wyss & Cie.)
*d* Speicherpumpe für 18 850/17 150 16 000 PS, bei 190/225/240 m manom. Förderhöhe, 5800/4800/4100 l/s Fördermenge und 500 U/min
*e* Regler für *a*
*f* Hilfsturbine für 300 PS bei 357 m Gefälle, 77 l/s und 1090 U/min
*g* Pumpenregler
*h* Ölpumpe
*i* Schalttafel
*k* Kugelschieber
*l* Venturi-Meßdüse

**Abb. 1 und 2**
Anordnung des zweiten Pumpenspeichersatzes für das Schwarzenbachwerk.

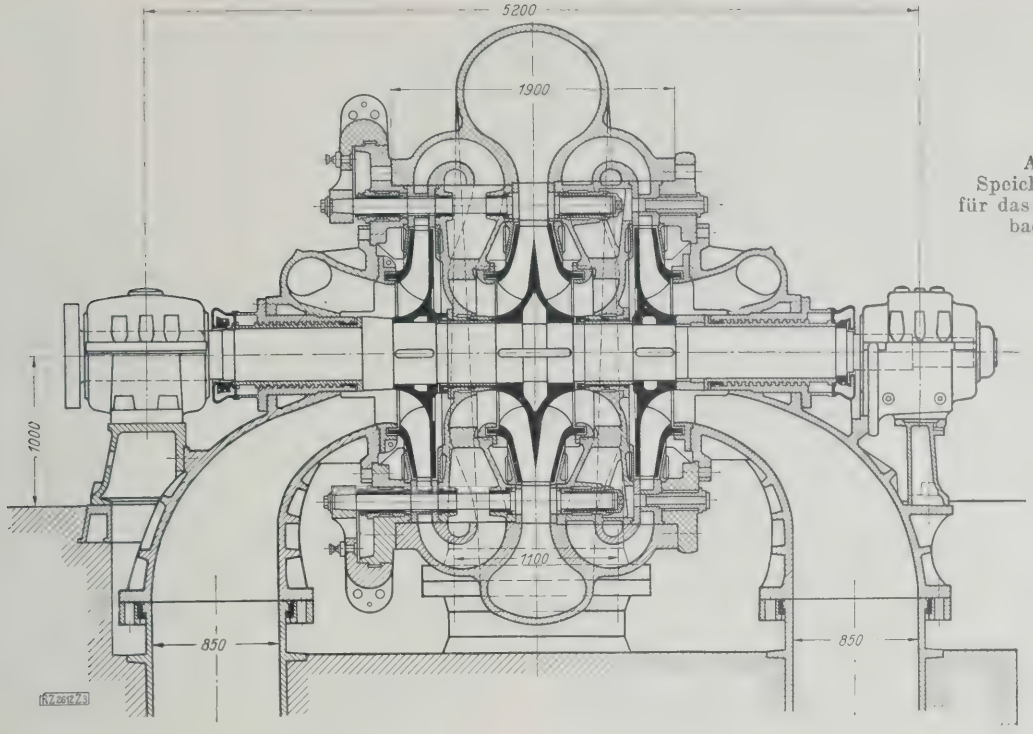



Abb. 3
Speicherpumpe 2 für das Schwarzenbachwerk.

Die neue Pumpenrohrleitung besteht aus der rd. 100 m langen, unter etwa 14,5 at Überdruck stehenden Zuleitung des Murgwassers und einer unter rd. 36,5 at höchstem Überdruck stehenden Druckleitung, je mit 1400/1200 mm l. W. Da der Anschluß dieser beiden Rohrleitungen an die flußseitig vor dem Krafthaus liegende Turbinen-Verteilrohrleitung nicht möglich ist, werden die beiden parallel verlegten Stränge unterirdisch zwischen der Bergseite des Krafthauses und dem ansteigenden Hang verlegt. Während für den Anschluß der neuen Pumpendruckleitung bereits eine 1400 mm weite Anzapfung an dem ersten verlegten Strang der Schwarzenbachrohrleitung von vornherein vorgesehen war, muß für die Murgwasserzuleitung der eine Strang der Murgwerkleitung mit Hilfe eines aufgenieteten Stahlgußstutzens angezapft werden.

Für beide Rohrstränge der neuen Pumpenleitung werden mit Wassergas überlappt geschweißte und teils mit Nietmuffen, teils mit Bundflanschen verbundene Stahlblechrohre verwendet, die mittels großer, vieleckig geschweißter Krümmer in den Keller der bergseitig neben der Hauptmaschinenhalle angebauten Pumpenhalle einmünden (Abb. 1 und 2). Die Pumpenleitung ist so bemessen und angeordnet, daß man später auch an Stelle der kleineren Speicherpumpe 1 eine Pumpe etwa von der Größe der neuen Pumpe aufstellen kann.

Die großen Absperrschieber für die neue Pumpe werden in einer unterirdischen Kammer vor dem Pumpenanbau in die beiden Pumpenrohrstränge eingebaut. Zum Messen der der Pumpe 2 zugeführten Förderwassermengen wird eine Venturimeßdüse von 1200/850 mm l. W. von sehr kurzer Baulänge aus Stahlguß dienen; daran schließt sich noch mit der kleinen Durchlaßweite das zulaufseitige Absperrorgan in Form eines Kugelschiebers[2]) und das kegelförmige Übergangsrohr (Diffusor) auf wiederum 1200 mm l. W. Auch den Abschluß der Druckrohrleitung besorgt ein Kugelschieber mit 1200 mm Durchlaß. Die beiden Kugelschieber erhalten Arbeitzylinder und Entlastungsschieber mit Druckölbetätigung und werden vom Innern des Krafthauses aus gesteuert.

Der anschließende große Rohrkrümmer in der Ablaufleitung stellt eine sehr willkommene Ausgleicheinrichtung für die aus Werkstoffbeanspruchung und Temperaturänderungen hervorgehenden Längsdehnungen dieser am andern Endpunkt festverankerten Rohrleitung dar. Der andre Rohrstrang dagegen ist in der Nähe des Einlaufkrümmers fest verankert, seine Längsdehnungen werden unter ganz geringer Ausbiegung auf den weit eingespannten, gleitend gelagerten Murgwerk-Rohrstrang übertragen.

### Die neue Speicherpumpe,

Abb. 3, stellt eine geometrische Verdoppelung einer der beiden Teilpumpen der ersten Pumpengruppe dar. Mit zweifach so großem Laufraddurchmesser und doppelter Radbreite vermag also der Läufer der zweiten Pumpe die vierfache Wassermenge einer der kleineren Teilpumpen zu fördern; die Drehzahl ist bei gleicher Umfangsgeschwindigkeit nur halb so groß wie im andern Fall, so daß also die neue Pumpe unmittelbar mit dem mit 500 U/min laufenden Maschinensatz 2, bestehend aus einem Stromerzeuger von 20 000 kVA und einer bis zu 35 000 PS leistenden Drillings-Freistahlturbine mit 6 Düsen, gekuppelt werden kann. Die spezifische Dreh-

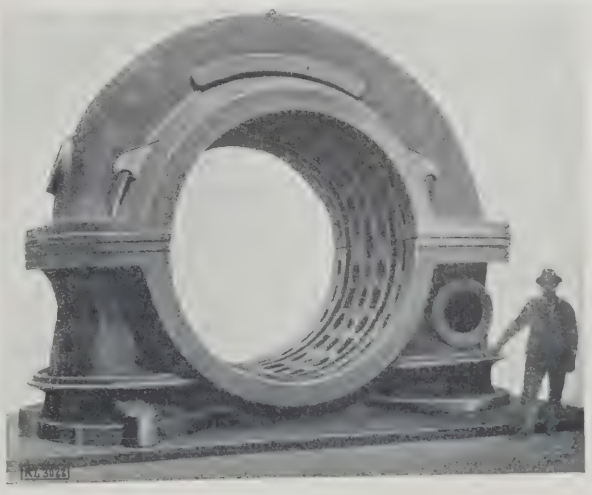


Abb. 4
Rohguß des Pumpengehäuses, äußerer Durchmesser rd. 4000 mm, Länge in Achsrichtung rd. 1900 mm. Gegossen bei F. Schichau, Elbing.

[2]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 672.

zahl $n_s$ eines Laufrades der neuen Pumpe ist etwa = 82,4, eines Rades der ersten Pumpe = 77,5.

Die Nutzförderhöhe von rd. 240 m macht die Verwendung von zwei hintereinander geschalteten Druckstufen, die gesamte Förderwassermenge ihre Verteilung auf zwei Laufräder in jeder Stufe nötig. Dementsprechend ist die Pumpe wiederum als zweifache, zweistufige Kreiselpumpe mit ganz symmetrischem Aufbau, also beiderseitigem Zulauf (unter 14 at Überdruck), zwei äußeren einfachen Wurfrädern in der ersten und einem mittleren Doppellaufrad in der zweiten Stufe gebaut. Von den beiden ersten Stufen wird das Wasser in bekannter Weise durch S-förmige Umlenkkanäle der mittleren zweiten Stufe zugebracht. Abb. 4 zeigt den Rohguß des großen Pumpengehäuses, das bei F. Schichau, Elbing, gegossen worden ist.

Da das Bedürfnis nach einer Regelung der Förderwassermenge und Förderleistung bei der neuen Pumpe nicht mehr in dem Maße vorliegt wie bei dem ersten Speichersatz des Schwarzenbachwerkes wird sie nur mit einem verstellbaren Drehschaufel-Leitapparat auf der Ablaufseite ausgerüstet, während die beiden äußeren Leitvorrichtungen (Diffusoren) mit festen Leitzungen ausgeführt werden. Natürlich leiden bei dieser Regeleinrichtung die hydraulischen Wirkungsgrade bei Teilbelastungen gegenüber der in beiden Stufen geregelten Pumpe etwas, doch kann dies bei dem voraussichtlich seltenen Betrieb mit Teilförderungen in den Kauf genommen werden.

Die Hauptaufgabe des verstellbaren Leitapparates der großen Pumpe ist der möglichst rasche Abschluß der Pumpe gegen die Druckseite hin beim unerwarteten Ausfall des Antriebstromes und andern Störungen, da sonst die Pumpe durch die rückströmende Druckwassersäule in kurzer Zeit umgekehrt als Turbine angetrieben wird. Im vorliegenden Falle muß ein Zurückfluten der Druckwassersäule aus der Schwarzenbach-Rohrleitung in die Murgwerk-Rohrleitung mit Rücksicht auf das mögliche Zusammenprallen zweier Druckwellen und die sich daraus ergebenden starken Druckstöße mit besonderer Sorgfalt vermieden werden.

Die Schließbewegung der die sehr gefährlichen Rückschlagklappen ersetzenden Leitvorrichtung in einer rechnerisch festgelegten und durch Versuch noch zu bestätigenden Schlußzeit wird eingeleitet, sobald die Maschinendrehzahl um ein bestimmtes Maß abgefallen ist. Hierzu wird ein vom Fliehkraftpendel des mitlaufenden Turbinenreglers mit sinkender Muffenstellung angesteuerter elektrischer Kontakt benutzt, der einen auf das Steuerventil des Pumpenreglers wirkenden Elektromagneten unter Strom setzt. In Gefahrfällen kann die rasche Schließbewegung von geeigneter Stelle aus durch elektrische Fernsteuerung veranlaßt werden.

### Die Flüssigkeitskupplung

Von besonderer Bedeutung ist die Kupplung, die das Zuschalten der Speicherpumpe an den mit voller Drehzahl durchlaufenden Stromerzeuger gestattet, so daß man vom Kraftbetrieb ohne das umständliche Abstellen, Wiederanlassen, Parallelschalten usw. in den Pumpenbetrieb und umgekehrt übergehen kann. Da die beim ersten Pumpensatz benutzte Magnetkupplung für die hier zu übertragenden Leistungen und Drehmomente nicht mehr in Frage kommt, hierbei auch die Gefahr einer unbeabsichtigten Lösung beim Ausbleiben des Magnetisierungsstromes, beim Durchbrennen der Spule usw., nicht ganz ausgeschlossen ist, wurde für die zweite Speicherpumpe des Schwarzenbachwerkes von einer neuen Bauart, der Verbindung einer hydraulischen mit einer mechanischen Kupplung Gebrauch gemacht.

Die hydraulische Strömungskupplung, grundsätzlich erstmalig von Prof. Dr. *Föttinger* angegeben und aus zwei entweder unmittelbar oder unter Zwischenschaltung einer Leitvorrichtung hintereinandergeschalteten Strömungsrädern, einem Pumpen- und einem Turbinenrad bestehend, wurde erstmals zum gleichen Zweck in den Entwürfen für die Speicherpumpenanlage der Oberstufe des Schluchseewerkes, mit dessen Bau jetzt begonnen ist, vorgesehen. Bei der rein hydraulischen Kupplung ist aber ein gewisser Schlupf zwischen treibendem und angetriebenem Teil, in der Größenordnung von einigen Hundertsteln unvermeidlich. Anderseits ist bei der Anordnung mit zwischengeschaltetem Leitapparat, die ohne Schlupf arbeiten kann, der Wirkungsgrad der Übertragung verhältnismäßig gering, so daß er auf die Dauer nicht in den Kauf genommen werden kann. Aus diesem Grunde lag die Verbindung der hydraulischen Kupplung als Anlaufkupplung mit einer Reibungs- oder kraftschlüssigen mechanischen Kupplung für den Dauerbetrieb nahe.

Derartige Verbundkupplungen, teilweise nach eigenen Vorschlägen des Berichterstatters, sind z. Z. in zwei Bauarten durchgebildet und erprobt. Die erste Großausführung findet bei der Speicherpumpe 2 des Schwarzenbachwerkes für die Übertragung eines Drehmomentes von rd. 30 000 mkg Verwendung. (Auch die großen Speicherpumpen der in Bau befindlichen Anlage Herdecke werden mit derartigen Verbundkupplungen, Bauart Föttinger - J. M. Voith, ausgerüstet, während die etwas kleineren Pumpen der gleichfalls jetzt entstehenden Anlage Niederwartha rein mechanische Reibkupplungen erhalten.)

Die Verbundkupplung der zweiten Schwarzenbachpumpe besteht aus einem auf der Antriebwelle sitzenden Radialpumpenrad und einem auf der Pumpenwelle sitzenden Francisturbinenrad, vor dessen Eintritt ein feststehendes Umkehrleitrad mit festen Schaufeln angeordnet ist. Mit dieser Anordnung ist es möglich, bei verminderter Leistung, die beim Leerlauf der Pumpe mit geschlossener Leitvorrichtung in Höhe von etwa 28 vH der Volleistung zu erwarten ist, die zuzuschaltende Pumpe auf genau gleiche Drehzahl mit der Antriebwelle zu beschleunigen. Für die Füllung der Kupplung wird Betriebwasser von 14 at verwendet, so daß sich das Anfüllen und Synchronisieren sehr rasch vollzieht.

Nach Erreichung des durch genaue Meßgeräte angezeigten vollständigen Gleichlaufes der beiden Wellen wird mit Hilfe eines Druckölkolbens eine mechanische Verriegelung in Form übereinandergeschobener Zahnkränze eingeschaltet und der Wasserkreislauf abgestellt, so daß dann die Leistung nur auf rein mechanischem Weg übertragen wird. Umgekehrt muß vor dem Auskehren der Kupplung zum Entlasten der Verriegelung der Wasserkreislauf wieder eingeschaltet werden. Indem man die Luft im entleerten Kupplungsgehäuse verdünnt, kann man den Verlust durch Luftreibung der Laufräder und die Lufterwärmung auf ein Mindestmaß bringen.

Sämtliche für die Überwachung der Maschinen erforderlichen Meßgeräte, wie Druck-, Temperatur-, Geschwindigkeits- und Leistungsmesser, ferner die Anzeigevorrichtungen für die Venturimeßeinrichtung sowie sämtliche Steuerungseinrichtungen für die Kugelschieber, die Pumpe und die Kupplung werden auf einer nahe der Maschine stehenden breiten Schalttafel untergebracht.

Die Lieferung der zweiten Speicherpumpe des Schwarzenbachwerkes mit Kugelschiebern und Verbundkupplung ist der Firma Escher Wyss & Cie., Zürich-Ravensburg, die auch die erste Speicherpumpe für das Schwarzenbachwerk geliefert hat, übertragen. Die Pumpenrohrleitung wird vom Schweißrohrverband, G. m. b. H., Mülheim-Ruhr, die Venturimeßeinrichtung von Bopp & Reuther, Mannheim, geliefert. [B 2612]

# Neuere Bestrebungen im amerikanischen Lokomotivbau

*Von Baurat Dr.-Ing. E. h. E. METZELTIN, HANNOVER*

(Schluß von S. 1091)

### Aschkasten und Rauchkammern aus Stahlguß, Kesselbleche aus Nickelstahl

Bezüglich der Luftzuführung zum Aschkasten haben Versuche ergeben, daß vordere Aschkastenklappen von 35 vH Querschnitt der Rostfläche bei langen Rostflächen im hintern Teil des Aschkastens um 30 vH geringere Luftverdünnung ergaben als vorn. Das Feuer brannte dementsprechend hinten schlecht, während vorn stark Kohlen übergerissen wurden. Man gab gleichzeitig der hinteren Aschkastenklappe einen freien Querschnitt von 25 vH der Rostfläche, öffnete beide während der Fahrt und erzielte gleichmäßige und bessere Verbrennung.

Den Aschkasten selbst hat man verschiedentlich als Stahlgußstück ausgebildet. Nach der ersten derartigen Ausführung 1919 laufen jetzt bereits rd. 6000 Lokomotiven mit solchen Aschkasten. Das Gewicht wird zwar bei der üblichen Wanddicke von 14 mm verdoppelt und die Kosten werden um 56 vH erhöht. Die Benutzer sind aber der Ansicht, daß diese Nachteile von der schätzungsweise sechsmal längeren Lebensdauer reichlich aufgewogen werden. An den Stellen, an denen die Kasten sich infolge der Hitze bei der einen oder andern Bauart zu werfen pflegen, baut man Schutzbleche ein.

Kesselbleche aus Nickelstahl sind in Amerika schon seit 1896[15]) versucht worden. Eine 1904 damit ausgerüstete Lokomotive läuft heute noch. Im größern Umfang sind sie aber erst seit 1926 von der Canadian Pacific-Bahn, und zwar an 44 Lokomotiven, verwendet. Der Nickelgehalt beträgt 3 vH, die Mindestfestigkeit 49 kg/mm² [16]). Es ließ sich daher der Dampfdruck bei gleicher Blechdicke wie bisher von 14,1 at auf 17,6 at, also um 25 vH erhöhen. Bei diesen Lokomotiven waren aber nur die Mantelbleche aus Nickelstahl, doch sind sowohl bei der Canadian Pacific-Bahn als auch bei einigen andern Bahnen seit 1926 Versuche auch mit Nickelstahlfeuerbüchsen im Gange, ebenso mit nickelhaltigen Heizrohren und Stehbolzen. Geringe Prozentsätze von Nickel scheinen übrigens bei vielen amerikanischen Stehbolzenstählen üblich zu sein. Nickelstahlbleche dürften jedenfalls bei hohen Dampfdrücken insofern von Vorteil sein, als ihre Zugfestigkeit bei Temperaturen über 200 ° noch zunimmt[17]).

Das Auswalzen der Nickelstahlblöcke zu Blechen erfordert gewisse Vorsicht. Man kann sie zwar in einer Hitze herunterwalzen, zieht es jedoch meist vor, sie zunächst vorzuwalzen und erst in einer zweiten Hitze fertigzumachen, weil man erstens hierbei den Block öfter um 90 ° wenden kann, so daß häufiger auch quergewalzt wird, und zweitens an dem vorgewalzten Stück Oberflächenfehler, die bei Nickelstahl häufiger sind als bei Flußstahl, entfernen kann. Zur Entfernung des Walzsinters besprengt man die Platten beim Durchgang durch die Walzen mit Wasser und, namentlich bei den letzten Walzgängen, reichlich mit Salz und wirft schließlich auch noch in Salzlake getränkte Lappen auf die Stellen, an denen stärkere Walzsinterbildung erscheint. Die Abkühlung muß namentlich in der kritischen Temperaturzone sehr allmählich erfolgen. Der Walzvorgang muß daher bei etwa 800 °C erledigt sein. Die Platten werden dann aufeinandergestapelt und mit Sand bedeckt und nachher gerichtet. Trotz aller Vorsicht entsteht aber infolge von Oberflächenfehlern noch stets wesentlich mehr Ausschuß als bei Flußstahl.

[15]) Auf Grund dieser Versuche hatte auch *v. Borries* darnach eine Lokomotive mit Feuerbüchse aus Nickelstahl ausrüsten lassen. Da Nähte und Stehbolzen nicht dicht zu halten waren, mußte die Feuerbüchse sehr bald wieder ausgebaut werden.

[16]) Die Zerreißversuche ergaben als Mittel: Elastizitätsgrenze 33,5 kg, Zerreißfestigkeit 54,5 kg/mm²: Dehnung auf 200 mm 26,3 vH.

[17]) Vgl. z. B. Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 10 (1928) S. 26.

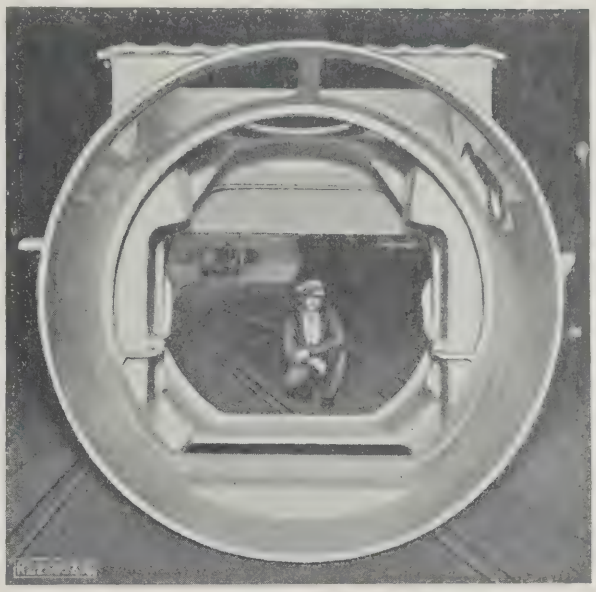


Abb. 16
Rauchkammer aus Stahlguß, von der Rohrwand aus gesehen.

Die Rauchkammer, bisher meist ein glatter Zylinder, erhält heute wegen der Vorwärmer, der Speisepumpen, der Heißdampfregler usw. zahlreiche Einbauten, die die Herstellung aus Blechen verteuern und Veranlassung zu zahlreichen Undichtigkeiten geben. Man hat daher mit Erfolg versucht, die ganze Rauchkammer nach Abb. 16 als ein einziges Stahlgußstück auszubilden. Sämtliche Kloben usw. werden dann gleich mit angegossen. Auch schrägt man die Boden nach der Tür zu ab, damit sich dort möglichst wenig Lösche ansammelt, die bei Undichtigkeit der Tür leicht zum Verschmoren der Rauchkammer Veranlassung gibt. In Stahlguß kann man auch gleich diejenigen Stellen, die erfahrungsgemäß in besonderm Maße Anfressungen ausgesetzt sind, stärker bemessen. Das größere Gewicht solcher Rauchkammern ist bei den heutigen langen Kesseln von untergeordneter Bedeutung, da die vorderen Laufachsen meist nur schwach belastet sind. Der höhere Anschaffungspreis macht sich meist durch die längere Lebensdauer und den Vorteil größerer Luftdichtigkeit bezahlt.

Die Atchison Topeka-Bahn fügt zwischen Schornsteinaufsatz und Rauchkammer einen gepreßten Sattel ein, der sich oben mit ebener Ringfläche an den Schornsteinfuß anschließt und unten in der Durchdringungskurve, einer ständigen Quelle von Undichtigkeiten, mit der Rauchkammer verschweißt wird.

### Die übrigen Kesselausrüstungen

Die schon eingangs[17a]) erwähnte ungünstige Lastverteilung bezüglich vorderer und hinterer Laufachsen hat vielfach dazu geführt, alle schweren Ausrüstungsteile wie z. B. Pumpen nach vorn, vor die Rauchkammer, zu schieben, wie es Abb. 17 zeigt. Häufig ist das auch bei den großen Durchmessern der langen Kessel nötig, um die Aussicht auf die Strecke überhaupt zu ermöglichen.

Bezüglich der Blasrohre sei erwähnt, daß man auch in Amerika die Vorteile der in Deutschland jetzt üblichen tiefen Blasrohrstellung und großen Schornsteinweite zu erkennen beginnt. Daneben laufen Bestrebungen, die Berührungsfläche des Dampfstrahls mit den Gasen durch

[17a]) Vergl. Nr. 31 S. 1088, Abschnitte Kessel und Feuerung.

entsprechende Blasrohrform zu vergrößern. So werden Blasrohre nach *Layden* mit vier in Kreuzform angeordneten Mündungen (je zwei für einen Zylinder)[18]), nach *Oatley* solche mit langer schlitzförmiger Öffnung von 35 × 660 mm mit entsprechend länglich geformtem Schornsteinquerschnitt versucht. Ersatz des wärmetechnisch unwirtschaftlich arbeitenden Blasrohrs wird mit Turbolüftern an der Rauchkammer, aber auch mit Unterwindfeuerung angestrebt. Letztere hat den Vorteil, daß sie kleiner ausfällt, weil nur die kalte Luft gefördert zu werden braucht, die wesentlich weniger Raum einnimmt als das heiße Gemisch der Verbrennungsgase.

Die Texas Pacific-Bahn hat 1926 an eine 1 E 1-Lokomotive[19]) von 7,1 m² Rostfläche und 480 m² Heizfläche links unter dem Laufsteg einen Coppus-Turbolüfter, Abb. 18 bis 20, angebaut, der in 1 min 1200 m³ Luft mit Druck bis zu 180 mm W.-S. seitlich unter dem Bodenring hindurch unter den Lochrost (freie Fläche 13 vH, Loch-Dmr. 13 mm) drückt. Gefeuert wird Braunkohle von 4250 kcal mit 29 vH Feuchtigkeit und 31,5 vH flüchtigen Bestandteilen. Die Blasrohrmündung wurde auf 229 mm, der Schornstein-Dmr. auf 991mm erweitert. Der Rost wird durch Dupont-Simplexstoker mit einer gleichmäßigen Feuerschicht von 40 bis 50 mm Höhe beschickt. Man rechnet mit einer Erhöhung der Leistung infolge des verringerten Gegendruckes im Zylinder, schätzt aber noch höher die Vermeidung des Funkenfluges, da die Bahn durch ein reiches Baumwollgebiet führt.

Der Regler wird oft schon zwischen Überhitzer und Zylinder gelegt und dabei in der Rauchkammer angeordnet. Der Überhitzer bleibt dann stets mit Dampf gefüllt und man kann alle Hilfseinrichtungen wie Luftpumpe, Speisepumpe, Bläser, Pfeife, Kopflicht, Stokermaschine, Rostrüttler usw. mit Heißdampf betreiben. Dieser, den Überhitzer durchstreichende Dampf kühlt seinerseits die Umkehrenden und schützt sie vor Verbrennen. Ebenso wichtig ist aber der Vorteil anzuschlagen, daß beim Anfahren sofort Heißdampf zur Verfügung steht. Das ist z. B. für den Verschiebedienst ebenso wichtig, wie das schnellere Aufhören der Dampfeinströmung beim Schließen des Reglers. Auch kann man einen solchen Regler, wenn im Dom noch eine einfache Absperrvorrichtung vorgesehen wird, bei unter Dampf stehenden Lokomotiven nachsehen.

[18]) „Railway Age" Bd. 84 (1928) S. 1284.
[19]) „Railway Age" Bd. 85 (1927) S. 63.

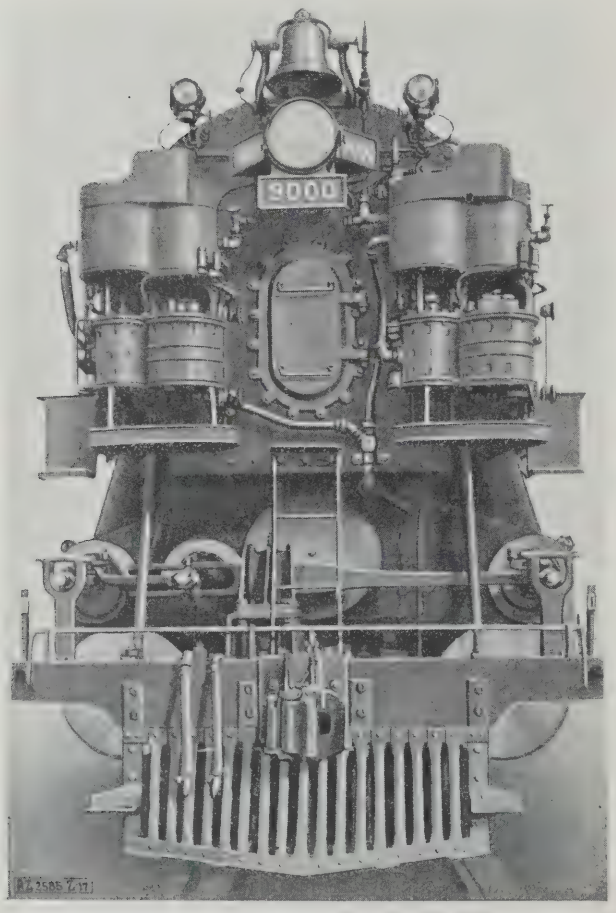



**Abb. 17**
2 F 1-Lokomotive (3 Zylinder, Heißdampf) der Union Pacific-Bahn. Pumpen wegen der Gewichtsverteilung vor der Rauchkammer.

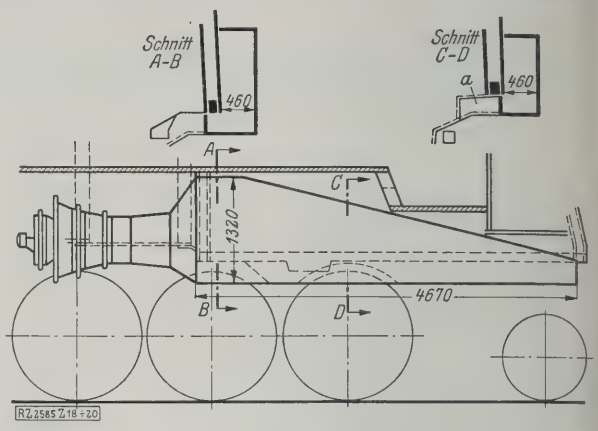



**Abb. 18 bis 20**
Coppus-Turbolüfter für Unterwindfeuerung, Texas Pacific-Bahn.
*a* Einbau im Aschkasten für Kuppelrad

Meist wird der Vielfachregler der American Throttle Co. nach Abb. 21 verwendet, bei dem meist fünf einzelne, nacheinander öffnende Ventile in einer Reihe nebeneinander angeordnet sind. Das erste Ventil hat etwa 50 mm Dmr. und dient zur Entlastung der nachfolgenden von etwa 105 mm Dmr. Geöffnet werden sie der Reihe nach mittels einer Nockenwelle, geschlossen vom Dampfdruck. Die kleinen Ventile haben den Vorteil, daß sie sich im Heißdampf weniger leicht verziehen, machen jedoch die Anordnung vielteilig. Bequeme Zugänglichkeit wird dadurch erreicht, daß man die Rauchkammer oberhalb des Reglers mit einer Öffnung versieht. Einfacher erscheint der deutsche *Wagnersche* Heißdampfregler, der in Amerika bei der Delaware-Hudson-Bahn seit zwei Jahren in Betrieb ist.

Vorwärmer. Neben den Oberflächenvorwärmern der Schmidt-Superheating Co. (Elesco-Vorwärmer) und dem Worthington-Einspritzvorwärmer ist auch der Coffin-Abdampfvorwärmer, Abb. 22 und 23, mehrfach in Gebrauch. Es ist dies ein Oberflächenvorwärmer in Form eines Halbkreises, der sich der Rauchkammer besser anpaßt als die zylindrischen Vorwärmer. Vorteilhaft ist

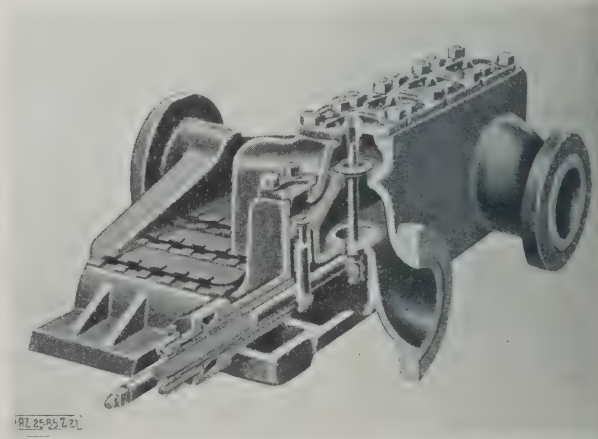


**Abb. 21**
Vielfach-Regler der American Throttle Co.

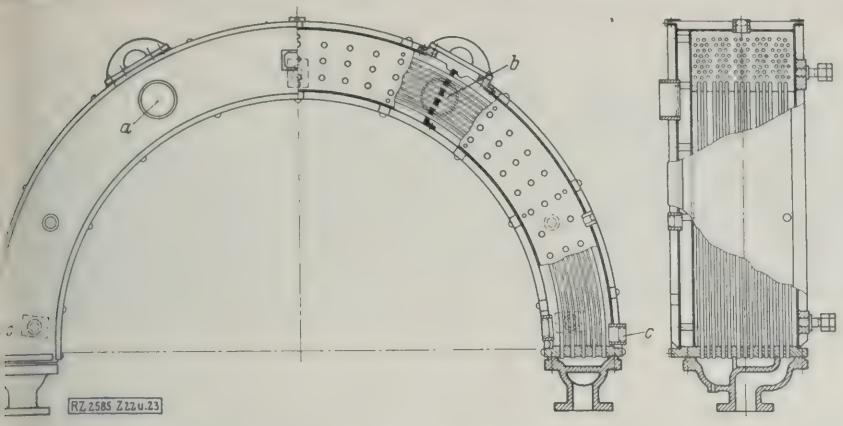



**Abb. 22 und 23.** Coffin-Vorwärmer.
*a, b* Dampfeintritt *c* Austritt des Niederschlags

Eine ähnlich große Maschine mit zwei etwa waagerecht liegenden Bohrspindeln dient zum gleichzeitigen Ausbohren der beiden Zylinder oder der Schieberkasten, für deren Bohrung und Mittenentfernung eine Toleranz von ± 0,025 mm einhaltbar ist, während die Toleranz für die Weite des Achsbuchsausschnittes und die Entfernung der Achsbuchsführungen in Längs- und Querrichtung ± 1 mm beträgt. Ersteres Maß liegt wesentlich unter, letzteres wesentlich über den deutschen Toleranzen von ± 0,3 und ± 0,2 mm.

Solche Zylinderrahmenstücke können sich natürlich nur bei Reihenanfertigung lohnen. Sie bieten, abgesehen von einer Gewichtersparnis von 2 bis 5 t, den Vorteil, daß die Verbindungsstellen entfallen, alle Teile viel besser den wirklichen Beanspruchungen entsprechend bemessen werden können als bei zusammengebauten Rahmen und daß die Zusammenbauarbeit des Rahmens erspart und damit die der Lokomotive abgekürzt wird. Die Gefahr der Beschädigung schätzt man nicht sehr hoch ein, da diese Rahmen gerade an den hochbeanspruchten Stellen stärker gehalten werden können und man z. B. Rahmenbrüche, wenn irgend möglich, sogar ohne Ausbauen des Rahmens zu schweißen pflegt.

Bei der Ausbildung des hinteren zweiachsigen Drehgestelles sind die Lima-Werke soweit gegangen, daß sie die Rahmen vor der Feuerbüchse abgeschnitten und das Drehgestell als selbständiges Fahrzeug angekuppelt haben. Dieses trägt dann auch die Stoßvorrichtungen für den Tender[21]). Man spart bei dieser Bauweise an Gewicht und gewinnt Raum zur Ausbildung der Aschenkasten. Der vordere Radsatz des Drehgestelles erhält etwa 838 bis 914 mm Laufkreis-Dmr., der hintere etwa 1080 bis 1140 mm, da er meist eine Zusatzmaschine trägt.

dieser Bauart die bessere Ausdehnungsmöglichkeit r Rohre. Das Kühlwasser fördert eine Turbopumpe, verhältnismäßig wenig Raum einnimmt und daher uem tiefliegend, z. B. unter dem Führerhaus, angeicht werden kann, so daß ihr das Wasser zufließt.

### Gegossene Lokomotivrahmen

Für die Rahmenwangen wird seit Jahren fast nur h Stahlguß[20]) verwendet, in ausgedehntem Maße nadiumstahlguß, der in zwei Arten geliefert wird, d zwar:

| | Elastizitätsgrenze kg/mm² | Zerreißfestigkeit kg/mm² | Dehnung | Querschnittverminderung vH |
|---|---|---|---|---|
| nadiumstahlguß | 28 | 49 | 20 vH auf 50 mm | 40 |
| chwertiger Vanadiumstahlguß | 35 | 56 | „ „ „ „ „ | 40 |

In den letzten Jahren hat sich nun die Commonalth Steel Co. in hervorragender Weise der Herstelng und Ausbildung der Lokomotivrahmen gewidmet. gießt jetzt nicht nur Lokomotivrahmen mit vorderer fferbohle, Querverstrebungen und Zugkasten aus em Stück, sondern gießt auch gleich die Lokomotivlinder mit an. Die erste derartige Ausführung erfolgte 26 für eine D-Lokomotive der Transport Railroad sociation, St. Louis, mit einer Gewichtersparnis von 7 t gegenüber einem zusammengebauten Rahmen. Inischen sind solche Rahmen auch für 2 C 1-Lokomoten der Pennsylvania- und der Union Pacific-Bahn für D 1-Lokomotiven der Delaware Hudson-Bahn und kürzh für 25 1 D 2-Lokomotiven der Missouri Pacific-Bahn liefert. Abb. 24 zeigt einen solchen Rahmen nebst hgestell und gleichzeitig einen Tenderbodenrahmen.

Für die Bearbeitung solcher Rahmen hat die Comnwealth Steel Co. eine eigene große Bearbeitungsschine aufgestellt, deren Arbeitstisch 22,8 m lang und die unter den Spindeln des Querhauptes 3 m rchgangsbreite bei 2,44 m Durchgangshöhe aufweist. Im Antrieb der sechs Frässpindeln und der Vorschubwegungen des Tisches und des Querhauptes dienen ei 75 PS-Motoren. Alle zu bearbeitenden Flächen werden in zwei Durchgängen bearbeitet.

### Lokomotivmaschine und Triebwerk

Die Ausnutzung der Lokomotive ging vielfach soweit, daß häufig mit ziemlich ausgelegter Steuerung gefahren wurde. Um diese unwirtschaftliche Arbeitsweise zu vermeiden, ist man vielfach dazu übergegangen, die Steuerungen mit nur etwa 60 vH größter Füllung zu bauen, dafür aber die Zylinderdurchmesser entsprechend größer zu wählen. Um die Anfahrverhältnisse nicht zu verschlechtern, versieht man die Eintrittskanäle mit kleinen Schlitzen, die eine vergrößerte Füllung gewähren, genau wie bei der bekannten *Gölsdorfschen* Anfahrvorrichtung. Bei größeren Geschwindigkeiten spielt die durch diese Schlitze strömende zusätzliche Dampfmenge keine nennenswerte Rolle. Ferner sucht man den Rückdruck auf den Kolben möglichst zu vermindern, indem man teilweise die Blasrohr- und Schornsteinquerschnitte nach deutschem Muster vergrößert, dann aber auch Vorrichtungen anbringt, die den Führer jederzeit den Rückdruck erkennen lassen und es ihm ermöglichen, Regleröffnung und Füllung so einzurichten, daß er mit möglichst geringem Rückdruck arbeitet. Man versucht, diese Einrichtungen so auf die Steuerungen abzustimmen, daß sie den Führer für jede Lage die günstigsten Verhältnisse zwischen Dampfdruck und Füllung usw. klar erkennen lassen.

[20]) Die ersten Stahlgußrahmen wurden 1896 von *Galbreath* bei Union Pacific-Bahn eingeführt.

[21]) Vergl. die ausführliche Beschreibung der 1 D 2-Lokomotive der Lima-Werke, Organ Bd. 82 (1926) S. 48.

**Abb. 24**
Rahmen mit angegossenem Zylinder für Lokomotive, Drehgestellrahmen, Tenderrahmen aus je einem Stück.
(Commonwealth Steel Co.)

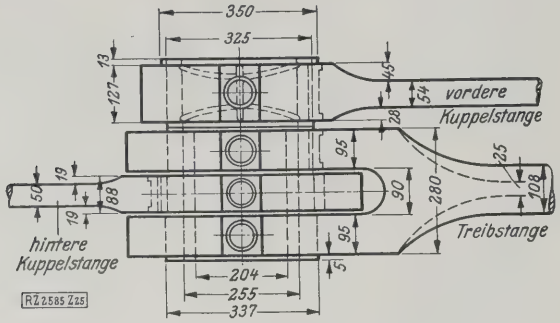



Abb. 25
Gegabelter Treibstangenkopf (Lima-Werke)

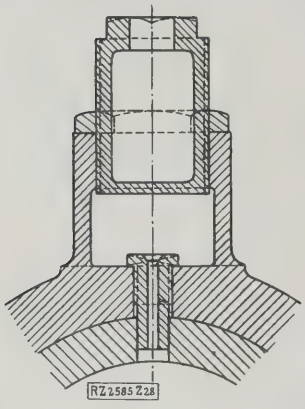



Abb. 28
Stangenschmiergefäß für Starrschmierung.

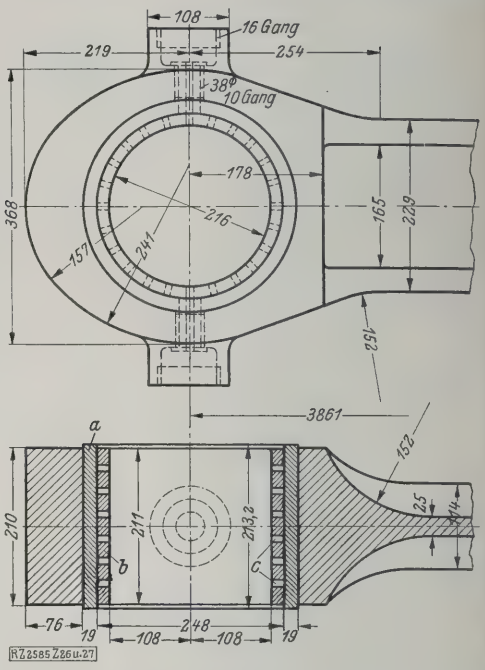



**Abb. 26 und 27** (rechts)
Treibstangenlager mit loser Rundbüchse.

*a* eingepreßte Stahlbüchse
*b* lose Rotgußbüchse
*c* Löcher für Starrschmierung

Die Zylinder werden in großem Umfange als Stahlgußstücke ausgeführt und mit gußeiserner Laufbüchse versehen. Große Zylinder werden in Amerika auch dadurch bedingt, daß die Triebräder bei den Güterzuglokomotiven nach unsern Begriffen reichlich groß sind. 1600 mm Rad-Dmr. wird selbst bei fünf gekuppelten Achsen ziemlich viel verwendet. Die 1 E 2-Lokomotiven der Chicago Burlinghton Quincy-Bahn haben 788 mm Zylinder-Dmr., 813 mm Kolbenhub und 1625 mm Rad-Dmr. Trotz der langen Hübe (813 mm ist kein seltenes Maß für den Kolbenhub) werden die Durchmesser und damit die Kolbendrücke reichlich groß. Sie betragen bei manchen Lokomotiven schon wesentlich über 80 000 kg.

Solche Drücke erfordern unförmige Stangenköpfe und Zapfen, also entsprechend unangenehme Vermehrung der auszugleichenden Massen. Die Lima-Lokomotivwerke führen deshalb den Stangenkopf nach Abb. 25 gegabelt aus und lassen eine Kuppelstange dazwischen den Kurbelzapfen umfassen. Dann beanspruchen die auf diese Kuppelstange zu übertragenden Kräfte d Zapfen nicht mehr auf Biegung, er wird also wesentli entlastet. Statt der geteilten Stangenlagerschalen v wendet man vielfach runde Büchsen, und zwar auch den großen Köpfen der Treibstangen, die dann me nach Abb. 26 und 27 mit eingepreßter Stahlbüchse u loser, sich frei drehender, von oben und unten vielfa durchlöcherter Rotgußbüchse (floating bush) verseh werden. Die Durchlöcherung genügt für Starschmierung. Der Schmierraum, Abb. 28, wird n Fett gefüllt, und dieses durch Umdrehen des ober Verschlußpfropfens durchgedrückt. Der Pfropfen erh feines Gewinde, z. B. 16 Gang bei dem Stangenkopf na Abb. 25, das gut dichtet, sich nicht leicht von selb löst und eine feine Nachstellung ermöglicht.

Ähnliche Schmierung mit Starrfett zeigt auch d Achsbüchse, Abb. 29. Die Lager werden bei dies Schmierung stets reichlich handwarm, weil sie erst b einer gewissen Erwärmung zu wirken beginnt; m rühmt ihr aber, abgesehen von der Einfachheit, gro Ersparnis nach gegenüber der Ölschmierung, bei d große Ölmengen auf die Strecke fließen und die L komotive beschmutzen. Sie ist daher auch in andern Lä dern, so z. B. bei der Südafrikanischen Staatsbahn, Gebrauch.

Für die Stangen verwendet man häufig Vanadiu stahl von 63 kg/mm² Zerreißfestigkeit, 42 kg/mm² Elasti tätsgrenze, 20 vH Dehnung (auf 50 mm) und 40 vH Ei schnürung, vereinzelt auch Nickelstahl mit 2 vH Nick von 61 kg/mm² Zerreißfestigkeit, 43 kg/mm² Elastizitä grenze, 30 vH Dehnung und 66 vH Einschnürung.

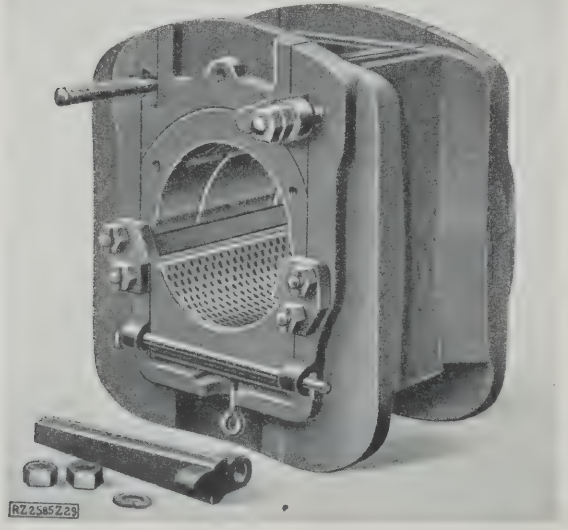



Abb. 29
Achsbüchse mit herausziehbarem Oberteil, Bauart Franklin Railway Supply Co.

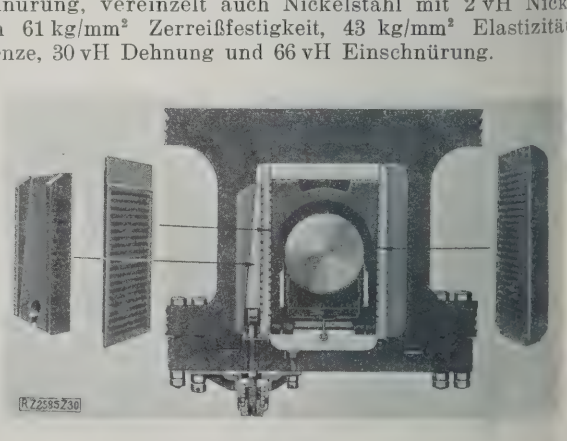
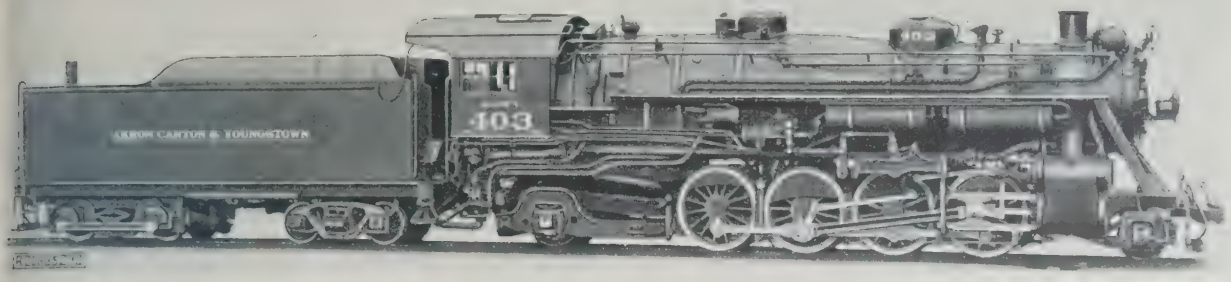



Abb. 30
Selbsttätige Nachstellvorrichtung des Stellkeiles für die Achsbüchse, Bauart Franklin Railway Supply Co.




Für die Achslagergehäuse hat die Franklin ailway Supply Co. eine neue Bauart eingeführt. Abb. 29, ie unten geschlossen ist. Das Oberstück wird ein- schoben und mittels nachziehbarer Keile gesichert. Bei enutzung dieser Bauart kann das ganze Achslager erausgenommen werden, ohne die Achsen auszubinden. Den ellkeil für die Achsbüchse führt die Franklin Co. mit ner selbsttätigen Nachstellvorrichtung nach Abb. 30 us, um das Schlagen der Achslager bei nicht recht- itiger Nachstellung zu vermeiden. Dabei fügt sie wischen Stellkeil und Achslager eine Gleitplatte (floating edge) ein, die in senkrechter Richtung 6 mm Spiel hat, ch also ähnlich wie die losen Ringbüchsen der Lager nach den Reibungsverhältnissen bewegen kann. Diese leitplatten werden mit waagerechten Furchen versehen, die ein schmierender Weichguß „Lubrite" eingepreßt ird. Bei Achsbüchsen aus Stahlguß ohne Futter be- cht die Gleitplatte aus Rotguß, bei Achsbüchsen mit otgußfutter aus Gußeisen, den Keil selbst macht man beiden Fällen aus Gußeisen.

### Tender für großen Wasser- und Kohlenvorrat und Triebtender

Die Größe der Tender hat nicht nur entsprechend er Vergrößerung der Lokomotiven zugenommen, son- ern man ist auch bestrebt, die Aufenthalte zum Wasser- nd Kohlennehmen zu verringern. Daher findet man chon mehrfach Tender von über 80 m³ Wasser- und 4 t Kohlenraum. Sogar im Verschiebedienst, für den an in Amerika ausschließlich Lokomotiven mit Tender erwendet, stehen Tender von 40 m³ Wasserraum in ienst. Man schätzt auch hier die Mehrarbeit für Be- egung der etwas größern Last geringer ein als den eitverlust im Verschiebedienst, der infolge Wasser- ehmens entsteht. Tatsächlich ist die Vermehrung der ast unter amerikanischen Verhältnissen nur unbedeu- end. 30 m³ mehr Wasser bedeuten als mittlere Mehr- ast für die durchfahrene Strecke nur 15 t, und das ent- pricht bei Zügen von 4000 t nur rd. 0,4 vH.

Die großen Vorratsmengen zwingen zum Verlassen er vierachsigen Bauart. Von etwa 60 m³ an findet man ast nur noch Tender mit zwei dreiachsigen Dreh- estellen. Der Hauptrahmen der Wasserkasten wird abei oft mit dem Boden als ein einziges Stahlformguß- tück, Abb. 31, ausgebildet. Die Seitenwände werden ngeschweißt. Diese Ausbildung gewährt eine gute aumausnutzung, die geboten ist, damit die Tender nicht u lang werden. Das Heranschaffen der Kohle, sofern berhaupt die Feuerung mit der Hand bedient wird, ist

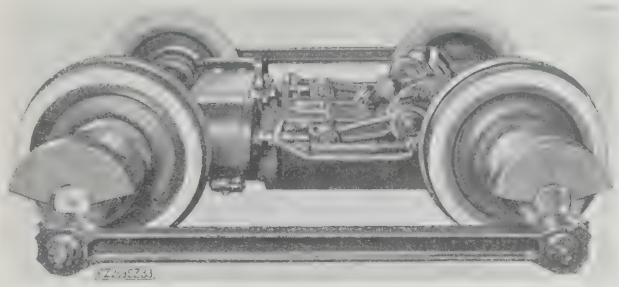


**Abb. 32 und 33**
Lokomotive mit Bethlehem-Triebtender und ihr Tender-Triebgestell.

bei so langen Tendern natürlich schwierig. Man rüstet sie daher häufig mit Schiebern — coal pushers — aus, die von einem Dampfzylinder betätigt werden.

Die häufige Verwendung von Zusatzmaschinen (boosters) an der hinteren Laufachse der Lokomotive ist bekannt. Sie leisten wertvolle Dienste zur Beschleunigung der schweren Züge beim Anfahren. Man hat aber in Amerika auch den alten *Sturrockschen* Triebtender wieder aufleben lassen. Sowohl die Bethlehem Steel Co. als auch die Franklin Railway Supply Co. bauen entsprechende Treibgestelle, die anstatt eines gewöhnlichen Drehgestelles unter den Tender gesetzt werden können. Eine innenliegende zweizylindrige Dampfmaschine, die genau wie die Lokomotiv-Zusatzmaschine eingerichtet ist, treibt eine Achse mittels Zahnräder, die andre Achse außen mit Kuppelstangen an. Die Bethlehem Steel Co. legt die Dampfmaschine zwischen beide Achsen, die Franklin Railway Supply Co. vor die Achse.

Abb. 32 zeigt eine mit Triebtender nach Bauart Bethlehem ausgerüstete Lokomotive. Das vordere Drehgestell läßt die übliche leichte Bauart erkennen, während das hintere mit kräftigen Stahlgußrahmen und Achslagern mit Stellkeil nach Lokomotivbauart zeigt. In das Gestell ist eine Zweizylinder-Dampfmaschine, Abb. 33, und zwar mit Tatzenlagern, auf den Achsen eingehängt. Zwischen Ritzel und dem Triebzahnrad auf der Tenderachse sitzt ein loses Zahnrad, das bei Bedarf an Zugkraft eingerückt wird. Das ganze Getriebe ist öldicht eingekapselt. Verschiedentlich sind Tender auch schon mit zwei Triebgestellen ausgerüstet.

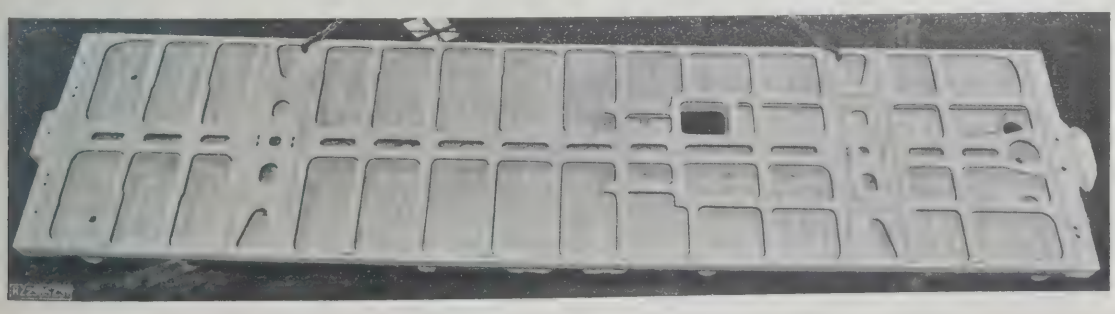


**Abb. 31**
Wasserkasten-Bodenrahmen aus Stahlguß der Commonwealth Steel Co.

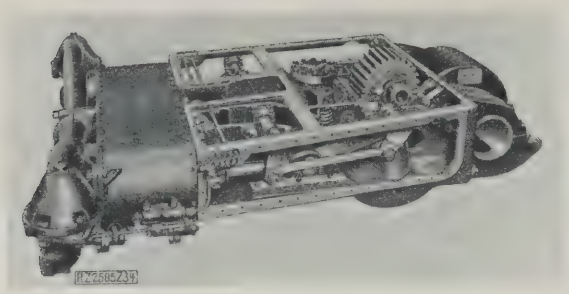
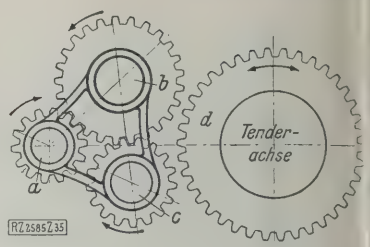


**Abb. 34 und 35** Umkehrbare Zusatzmaschine und Umkehreinrichtung der Franklin Railway Supply Co.

*a*, *b*, *c*, *d* Getriebezahnräder




Die Franklin-Gesellschaft hat ihre ähnliche Zusatzmaschine, Abb. 34, auch mit Umkehrvorrichtung versehen. Statt des einzuschaltenden einen Rades wird nach Abb. 35 ein Rahmen mit drei Rädern vorgesehen, von denen Rad *a* auf der Maschinenwelle stets mit *b* und dieses mit *c* in Eingriff bleibt. Je nach Bedarf wird der Rahmen nach oben oder unten gekippt und dadurch Rad *d* auf der Tenderachse nach der einen oder andern Richtung mitgenommen.

**Schlußwort**

Wenn auch die beschriebenen amerikanischen baulichen Einzelheiten und die Maßnahmen zur Verbesserung des Wirkungsgrades und der Wirtschaftlichkeit nicht ohne weiteres auf europäische Verhältnisse übertragbar, in dem einen oder andern Punkte vielleicht schon eher als überholt zu betrachten sind, so bieten sie doc zweifellos hier und da auch Anregungen zur weitere Vervollkommnung der europäischen Lokomotive.

Was durch zielbewußte Vergrößerung, Verbesserun und Ausnutzung der Lokomotiven erreicht werden kan sei an nur einem Beispiel erläutert: Die Texas un Pacific-Bahn besaß Ende 1917 353 Lokomotiven mit ein mittleren Zugkraft von 11 890 kg. Unter der Leitung de Maschinenmeisters *Prendergast* sind bis Ende 192 148 Lokomotiven ausgemustert, 165 neu beschafft wo den, darunter 55 schwere 1 E 2-Lokomotiven, Texastyp von 203 t Dienstgewicht (ohne Tender). Der Lokomoti bestand betrug Ende 1928 370 Stück, die mittlere Zu kraft nunmehr aber 22 306 kg also 87,5 vH mehr als 191 Dabei ist der Kohlenverbrauch auf 1 tkm im gleichen Zei raum im Güterverkehr um 47, im Personenverkehr u 50 vH gesunken. [B 2585]

## Fachtagung für Schweißtechnik

**gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Danzig – Königsberg.**

Unter unseren Augen dringt die neuzeitliche Schweißtechnik in immer weitere Gebiete industrieller und bautechnischer Fertigung ein. Es mehren sich die Fälle, wo die aufsichtführenden Behörden selbst erkennen, daß sie durch das Verbieten schweißtechnischer Arbeiten die Entwicklung hemmen und die Wirtschaftlichkeit herabsetzen. Aus Mangel an wissenschaftlich begründeten Abnahmeverfahren und zum größten Teil aus Mißtrauen gegen die Zuverlässigkeit der Ausführung wird die Schweißtechnik z. B. im Dampfkesselbau, im Schiffbau und im Eisenhochbau behindert. Es ist besonders dankenswert, wenn die führenden Fachleute Fortschritte der Wissenschaft an geeigneter Stelle schriftlich und mündlich verbreiten.

Im Rahmen der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure fand am 21. Juni 1929 in Danzig unter Leitung von Oberbaurat *Füchsel*, Berlin, eine Fachsitzung für Schweißtechnik statt. Zunächst berichtete Dr. *Wuppermann*[1]), Schlebusch, über Fortschritte der Stumpfschweißung im Abschmelzverfahren und deren Anwendungsmöglichkeiten im Schiffbau. Dieses Schweißverfahren beeinflußt den Werkstoff metallurgisch am wenigsten; es nähert sich am meisten der altbewährten Feuerschweißung. Die Überwachungsbehörde fordert genaue mikroskopische Untersuchungen, Zerreiß-, Biege-, Kerbschlag- und Dauerschlagproben in größerer Zahl. Die elektrische Stumpfschweißung besteht diese Proben ausgezeichnet und liefert beim Schiffbau die Möglichkeit wirtschaftlicher Fertigung von Steven, Rudern, insbesondere aber bei eiligen Instandsetzungsarbeiten.

An zweiter Stelle gab Dr. *Sommer*, Düsseldorf, einen Überblick über die Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte. Wenn man sich vor Augen hält, daß das Schmelzschweißen letzten Endes das Zwischenfügen eines Streifens Gußeisen zwischen zwei Teile Flußeisen bedeutet, so ist klar, daß die Umwandlung dieses Gußstreifens in schmiedbares Eisen durch den Schweißvorgang und im wesentlichen Maße durch den Zusatzwerkstoff erreicht werden muß. Die Bestrebungen führender Firmen gehen daher energisch an die Schaffung hochwertiger Zusatzdrähte für jede Schweißarbeit. Der Vortragende zeigte die Verwendbarkeit verschiedener Drahtsorten für die einzelnen Schweißarbeiten.

[1]) Die Vorträge von Dr. *Wuppermann* und von Dr. *Sommer* werden in dieser Zeitschrift veröffentlicht.

Den neuesten Fortschritt auf einem außerordentlic reizvollen Gebiet zeigte Prof. *Hilpert*[2]), Charlottenburg, nän lich die Untersuchung des Werkstoffüberganges im Schweiß lichtbogen durch Zeitdehneraufnahmen. Ingenieur *Thu* Berlin, der bekannte Fachmann für technisch-wissenschaf liche Filme, hatte bereits vor einigen Jahren Zeitdehne aufnahmen des Schweißlichtbogens gemacht. In eifrig Weiterführung des Gedankens, den Schweißlichtbogen durc eine hellere Lichtquelle zu überstrahlen und den Übergan des geschmolzenen Eisens als Schattenbild auf einem seh schnellaufenden Film festzuhalten (mehr als 2000 Bilde in der Sekunde), wurden in neuester Zeit handelsüblich blanke Schweißdrähte, getauchte und umwickelte Schweiß drähte bei maschinellem Schweißen untersucht; die Au nahmen des Filmes und die gleichzeitigen Oszillogramm wurden statistisch ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen de Weg, auf dem die Beeinflussung der Eigenschaften de Lichtbogens zur Erzielung einer dehnbaren und feste Schweiße gelingen kann.

Im letzten Vortrag brachte Dr. *Holler*[3]), Knapsack, eine Überblick über neuere Schweißarten an Rohrleitungen fü Ferngasversorgung. Hier kommt in erster Linie die Azo tylen-Schmelzschweißung in Frage. Nach Angabe des Vor tragenden sind bereits 400 km Rohre für Ferngaszwecke i dieser Weise geschweißt. Die lichte Weite der Rohre beträg rd. 500 bis 800 mm. Die Schwierigkeiten, die anfangs durc nicht genügend zuverlässige Schweißer auftraten, sind über wunden. Durch die Aufstellung von Richtlinien für de Bau und die Abnahme geschweißter Ferngasleitungen sin den Ingenieuren der Dampfkessel-Überwachungsverein Unterlagen für eine sichere Überwachung der Arbeiten a die Hand gegeben[4]).

Die Fülle der in den Vorträgen gebrachten neuen Mit teilungen und die zahlreichen Anregungen erweckten ein lebhafte Aussprache. Es ist sehr dankenswert, daß sic die in solchen Fachsitzungen vereinigten führenden Fach leute am Gedankenaustausch beteiligen. Es läßt sich heut immer wieder feststellen, daß das gesprochene Wort i solchen Kreisen viel eindringlicher wirkt als das gedruckte Bei einer derartig stürmischen Entwicklung, wie sie di Schweißtechnik in den letzten Jahren genommen hat, hink das Schrifttum hinter dem tatsächlichen Fortschritt her. [N 3246] *Adrian*

[2]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Heft 23 S. 798.

[3]) Vergl. *Tränkner*, Z. Bd. 73 (1929) Heft 16 S. 517.

[4]) Z. Bd. 73 (1929) Heft 13 S. 426.

# Aus der Werkstelle der Zeitschriften des Vereines deutscher Ingenieure

*Von Oberingenieur HANNS FRITZ, Würzburg*

***Die Werkstelle der VDI-Zeitschriften wird in einem Ausschnitt der Firma H. S. Hermann G. m. b. H. beschrieben und die Druckarbeiten werden geschildert. Es zeigt sich, daß keine Mittel gescheut werden, um die Druckschriften des Vereines deutscher Ingenieure so herzustellen, daß sie sich an die Spitze sämtlicher gleichgearteten Zeitschriften des In- und Auslandes stellen können.***

Jede Woche bringt dem Leser der VDI-Zeitschrift ein neues Heft auf den Schreibtisch, das er je nach seiner sachlichen und persönlichen Einstellung zum Gesamtgebiet der Technik durcharbeitet, um sich selbst zu belehren und um Anregungen für seine berufliche Tätigkeit zu sammeln. Viele Bezieher der Zeitschrift werden nicht in jedem Heft etwas über ihr Sondergebiet finden. Es ist auch nicht möglich, in einer Zeitschrift, die ihre Aufgabe darin hat, über alles, was in der Technik vor sich geht, wissenschaftlich einwandfrei, klar und schnell zu berichten. Aber ein Gebiet der Technik befruchtet das andere. Erkenntnisse, die in Fragen des Werkstoffes, der Konstruktion, der Bearbeitung, der Betriebsorganisation und des Vertriebes in irgendeinem Gebiete gewonnen wurden, regen wieder zum Fortschritt in andern Zweigen der Technik an. Viele Leser werden noch mehr Vorteile gewinnen, wenn sie den mit viel Mühe und Arbeit zusammengetragenen Stoff der Zeitschrift unter diesem Gesichtswinkel prüfen. Viele fleißige Köpfe und Hände sind dauernd beschäftigt, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse namhafter Forscher, wie auch neue Bauten und Konstruktionen dem Leser stets schnell in klarer und ansprechender Form bekannt zu machen. Welche mechanischen Arbeiten allein hierzu nötig sind, soll auf einem Rundgang durch die Druckerei H. S. Hermann, G. m. b. H., in der die VDI-Zeitschrift hergestellt wird, gezeigt werden.

### Maschinensetzerei

Nachdem die Schriftleitung ihre aussiebende, verfeinernde, nicht immer dankbare Arbeit der Vorbereitung der Schriftsätze getan hat, wandert der Text der Aufsätze, Rundschaubeiträge, Buchbesprechungen u. a. in die Setzerei. Für den Maschinensatz sind sowohl Einzelbuchstaben-Setzmaschinen, die Monotypes, als auch Zeilensetzmaschinen, die Linotypes, vorhanden[1]). Die Monotype gießt den Buchstaben einzeln. Ein in einer besonderen Tastmaschine gelochtes Papierband steuert mittels Druckluft die Gießmaschine. Die entsprechende Matrize, die Größe der Gießform, die durch einzelne Stücke gebildet wird, den Guß, den Transport und die Bearbeitung jeder einzelnen Letter löst eine besondere Lochreihe aus. Die Maschine gießt stündlich bis zu 6000 Buchstaben.

Bei der Linotype werden beim Herunterdrücken bestimmter Tasten bestimmte Matrizen aus dem Magazin ausgelöst, die sich zu einer Gießform (Zeile) in dem Sammler zusammenschließen. Jede Matrize trägt das Bild zweier gleicher Buchstaben, jedoch in verschiedenen Schriftarten. Beim Erreichen der Spaltenbreite wird durch Betätigung eines Hebels die Matrizenzeile zur Gießvorrichtung befördert und mit Letternmetall ausgegossen. Die gegossene Zeile, die noch den Anguß aufweist, wird selbsttätig bearbeitet und aus der Maschine ausgeführt. Die für die Zeile verwandten Matrizen wandern wieder selbsttätig der Ablegevorrichtung zu. Jede Matrize enthält eine bestimmte Zahnung, die übereinstimmt mit der Ausfräsung einer Matrizengleitstange, auf der die Matrizen mit den Zähnen hängend entlanggeführt werden. Dort wo die Zahnung der Ablegestange und die Zahnung der Matrizen so übereinstimmen, daß gerade diese Matrize ihren Halt an der Gleitstange verliert, ist der ihr zugeordnete Kanal des Magazins. Jede Matrize wird also vollkommen zwangläufig in den zugehörigen Magazinkanal befördert, wo sie der nächsten Verwendung harrt. Bemerkenswert ist die Maschine 13 (Vierdeckermaschine), Abb. 1, die vier Magazine mit insgesamt acht Schriften umfaßt. Bei diesem Schriften-

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1241, 1344, 1489 u. 1578.

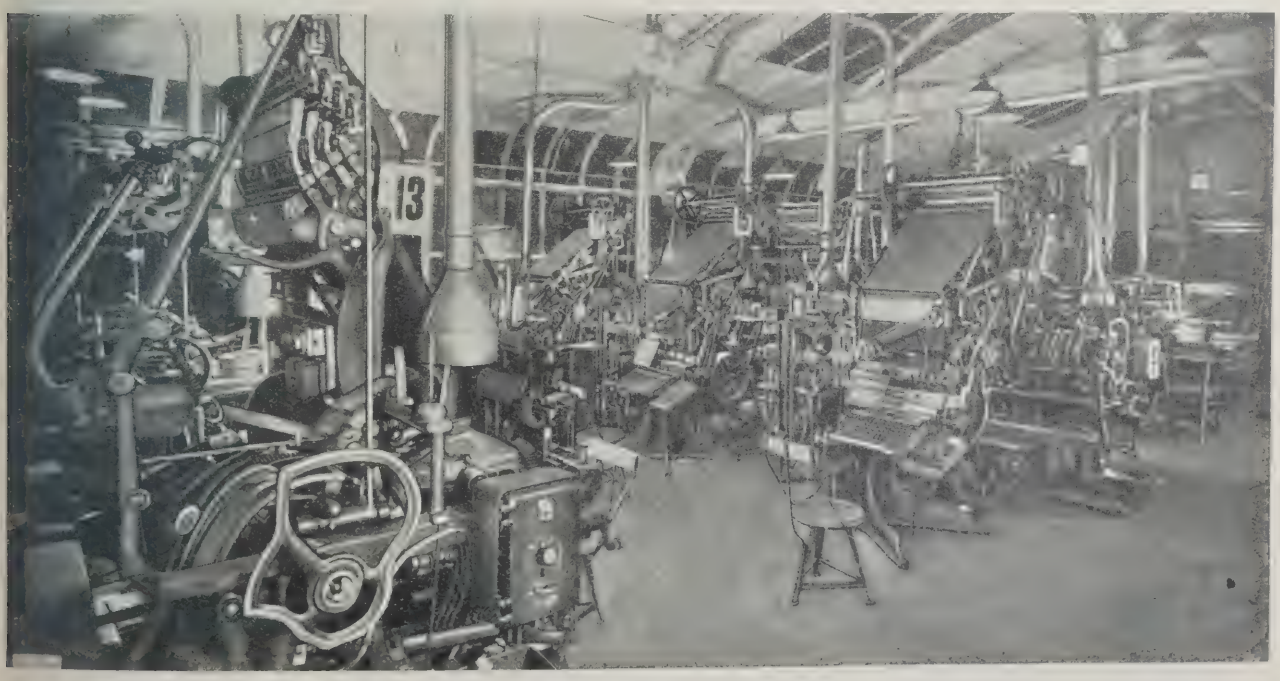



Abb. 1
Teil eines Saales mit Linotype-Setzmaschinen.

reichtum einer einzigen Maschine ist es natürlich auch möglich, in den Maschinensatz Abwechslung, Gliederung und Übersichtlichkeit zu bringen.

Außer dem Setzen nimmt die

**Bildherstellung**

einen breiten Raum in der Entstehung der Druckschriften des Vereins deutscher Ingenieure ein. Die von den Verfassern gelieferten Zeichnungen sind für eine unmittelbare Wiedergabe meist nicht geeignet und müssen deshalb vorher unter Berücksichtigung der späteren Verkleinerung, der vorgeschriebenen Normen u. a. umgezeichnet werden. Diese Umzeichnungen werden photographisch verkleinert, auf eine mit lichtempfindlicher Schicht überzogene Zinkplatte übertragen und diese Platte dann im Säurebad stufenweise geätzt. Wenn nötig, werden die erzeugten Ätzungen noch tiefer gefräst.

Auch eine einwandfreie Wiedergabe eines Lichtbildes (Photographie) erfordert viel Arbeit. Ein Lichtbild würde, ohne Rücksicht auf das Druckverfahren, flach und unsauber wiedergegeben werden, wenn es nicht durch Aufsetzen von Lichtern belebt würde. Der Retuschierer muß besonders bei technischen Abbildungen das Wichtige hervorheben, Teile der Aufnahme, die unscharf sind, ergänzen und durch aufgesetzte Lichter beleben, sowie Unwichtiges entfernen. Der Luftpinsel leistet bei diesen Arbeiten wertvolle Dienste; flüssige Farbe wird unter Luftdruck aus feinen Düsen in Nebelform ausgesprüht. Durch geschulte Handhabung dieses Gerätes kann man dann sowohl größere Flächen gleichmäßig anlegen, wie auch die kleineren Einzelheiten ausführen.

Das retuschierte Lichtbild wandert nun in die photographische Abteilung. Bei der Aufnahme wird die Vorlage mit ihren zahlreichen Halbtönen in schwarzweiß zerlegt. Das Hilfsmittel hierfür bildet der Raster, eine mit zahlreichen sich kreuzenden, sehr feinen schwarzen Linien bedeckte Glastafel. Die Linien sind so eng gezogen, daß auf 1 cm rd. 60 bis 100 der von ihnen gebildeten kleinen Quadrate gehen. Dieser Raster wird bei der Aufnahme der Retusche dicht vor die lichtempfindliche Platte gestellt. So entsteht auf der Platte, dem Negativ, eine bestimmte Anordnung von verschieden großen schwarzen Punkten. Die hellen Stellen des Originals erzeugen größere, die weniger hellen, kleinere schwarze Punkte.

Diese Aufnahme wird nun auf Kupfer übertragen und geätzt. So erhält man die Tonätzung (Autotypie). Man unterscheidet gewöhnlich Raster von 20 Linien bis 100 Linien auf 1 cm. Die Wahl der Feinheit des Rasters richtet sich nach der Art der Abbildung, dem Papier und der Druckausführung. Bei der VDI-Zeitschrift wird der Originalstock unmittelbar für den Ausdruck verwendet, um eine möglichst gute Wiedergabe zu erreichen. In den meisten Fällen, insbesondere bei Zeitungsdrucken mit hohen Auflagen, formt man von diesem Originaldruckstock weitere Stöcke ab.

Das Abformverfahren auf elektrolytischem Wege nennt man Galvanoplastik. Von der Originalätzung wird auf einer hydraulischen Presse entweder ein Wachsgraphit- oder ein Bleifolienabdruck hergestellt. Dieser Abdruck wird nun mit Graphit bestreut ins Kupferbad eingehängt und hiervon eine urbildgetreue Kupferhaut erzeugt. Diese Haut wird auf der Rückseite verzinnt, mit Hartblei hintergossen, rückseitig auf die gewünschte Dicke abgehobelt oder plan abgedreht und seitlich beschnitten. Eine derartige Nachbildung einer Originalätzung nennt man Galvano.

Das Galvano erfaßt bei der Herstellung von Platten für Umlaufmaschinen nicht nur das Bild, sondern auch den gesamten auf einer Seite vorhandenen Satz. Es werden dann die Kupferschalen in die Rundgießapparate gebogen und eingelegt und zu einer halbzylindrischen Platte ausgegossen.

**Plattenherstellung**

Sobald die Handschrift abgesetzt ist, wird von dem Satz ein „Bürstenabzug" hergestellt, den der Korrektor auf Druckfehler hin liest. Er vermerkt Beanstandungen auf der Korrekturfahne, die der Schriftleitung und der Verfasser ebenfalls zur Prüfung vorgelegt wird und dann in die Setzerei zurückgeht. Dort werden die Fehlerbuchstaben oder Fehlerzeilen nun ausgewechselt. Der Satz ist nun zum Umbruch fertig. Unter Umbruch versteht man die Gruppierung und Zusammenstellung des Satzes, der ja noch in Gestalt einzelner Kolonnen steht, und der Bildstöcke. Diese Arbeit besorgt der Metteur in der Zusammenarbeit mit dem Umbruchschriftleiter.

Der Satz im Umfang einer Seite (Kolumne) befindet sich auf dem Setzschiff und ist mit der „Kolumnenschnur" umbunden. So kommt er in die Stereotypie. Sie ist das Bindeglied zwischen den zwei Hauptarbeitsgruppen, dem Satz und dem Druck. Dort wird der Satz in einen eisernen Rahmen geschlossen. Die gleichmäßig niedergeklopfte, sorgfältig gegen „Stürzen" eingespannte und von allen Farbresten gereinigte Form ist dann zum Prägen fertig. Sie wird mittels einer hydraulischen Prägepresse in einer plastischen Papierpappe, der Matrize, abgeformt. In kellerfeuchtem Zustand kommt die rd. 1 mm dicke Pappe auf die Form, darüber eine aus Flanell, Filz und Löschpapier bestehende Überlage. Je nach Art der Form wird die Presse belastet. Bei der VDI-Zeitschrift wird der Satz ohne die Zeichnungen abgeformt und diese nachher in die Stereo eingegossen.

Je nach der Verwendung werden diese Pappematrizen in Gießgeräten für ebene oder gebogene Platten abgegossen. Nach Bearbeitung der Rückseite auf eine genaue Plattendicke werden die Platten je nach der Höhe der Auflage leicht verkupfert und dann vernickelt. Durch dieses Erhärtungsverfahren werden die Platten für die größten Auflagen so widerstandfähig gemacht, daß die letzten Drucke von den ersten kaum zu unterscheiden sind.

Bei der vorbeschriebenen Plattenherstellung handelt es sich um Hochdruckplatten. Beim Offsetverfahren, wie es z. B. bei den VDI-Nachrichten und dem Anzeigenteil der VDI-Zeitschrift verwendet wird, macht man von der sorgfältig zusammengestellten Druckform einen Umdruck, der dann auf die Zinkplatte übertragen wird. Nach einem neuzeitlichen Verfahren wird dieser Umdruck dadurch umgangen, daß mit Hilfe weniger Glühlampen einfach durchbelichtet wird. Allenfalls wird noch eine Kopierlampe verwendet, um die auf Seidenpapier haftende Gelatineschicht auf die Zinkplatte der Offsetmaschine unmittelbar zu bringen. Sowohl Umdruck und Übertragungsverfahren erzeugen heute eine so scharfe Bildwiedergabe, wie man sie bei diesem Druckverfahren vor einem Jahrzehnt für ganz unmöglich gehalten hätte.

**Das Ausdrucken**

der Zeitschriften erfolgt im Hochdruckverfahren auf Schnellpressen mit ebener Schriftform oder auf Umlaufmaschinen mit gebogener Schriftform, und im Offsetdruck[2]). Einen Blick in einen der 15 Schnellpressensäle der Druckerei, wo der Textteil der VDI-Zeitschrift gedruckt wird, zeigt Abb. 2. Eine neuere Maschine der Einrichtung ist eine vierbahnige Schnelläufer-Illustrationsmaschine mit drei Farbauftragwalzen, die besonders für mehrfarbige Anzeigen, Beilagen u. a. verwendet wird, Abb. 3.

Die Schnellpressen sind mit selbsttätigen Bogenanlegern ausgestattet, die nach dem Saugverfahren arbeiten[3]). Auf den Stapel setzt sich die Saugleiste nieder, die mit einzelnen, federnden Saugfingern ausgestattet ist, die sich den Unebenheiten des Bogenstapels angleichen. Beim Hochgehen der Saugleiste wird diese etwas gekippt, um einen zweiten, gegebenenfalls anhaftenden Bogen zum Abspringen zu bringen. Gleichzeitig wird noch Luft gegen die Vorderkante des Bogens geblasen, was das Abspringen eines anhaftenden Bogens unterdrückt und den Stapel lockert. Die Saugleiste bringt den Bogen aus dem Bereich des Stapels und übergibt ihn einem Band, das ihn den Anlegemarken zuführt, wo er, genau ausgerichtet, auf das Erfaßtwerden durch die Druckzylindergreifer wartet. Als Antriebmittel dient der Roderwald-Keilriemen.

[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 1052, Bd. 70 (1926) S. 1278, Bd. 72 (1928) S. 591 u. S. 657.
[3]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 32 S. 1131.

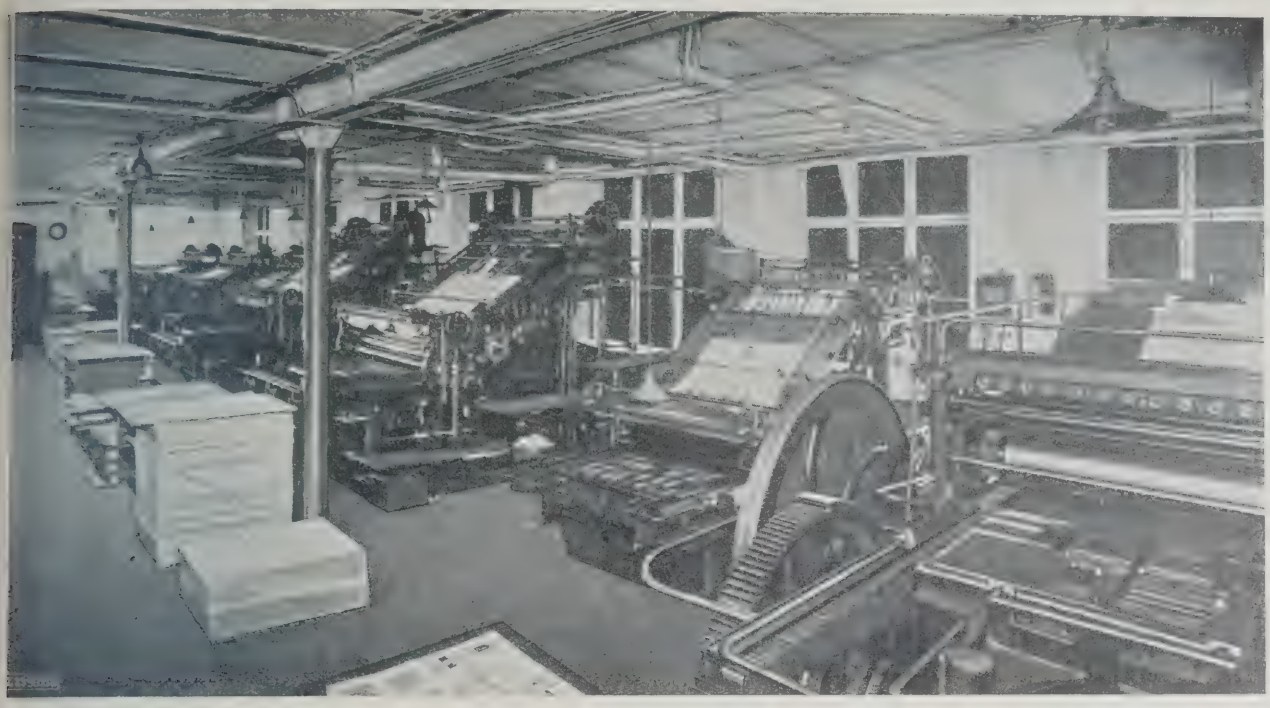


Abb. 2. Teil eines Saales mit Buchdruck-Schnellpressen.

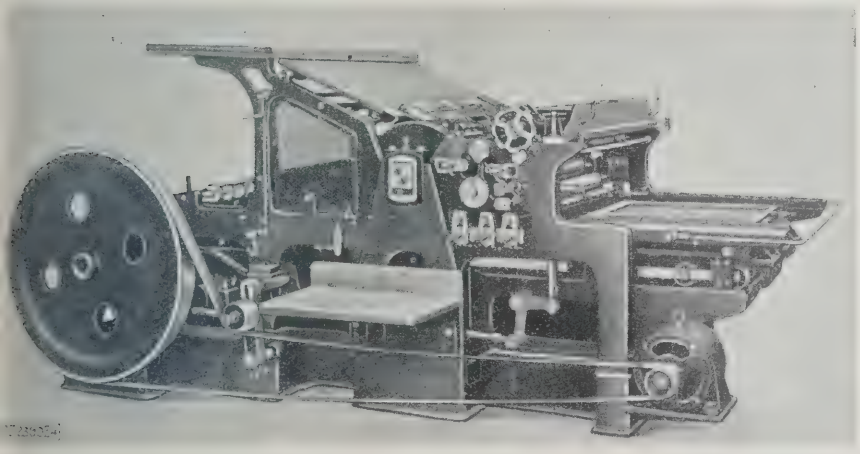
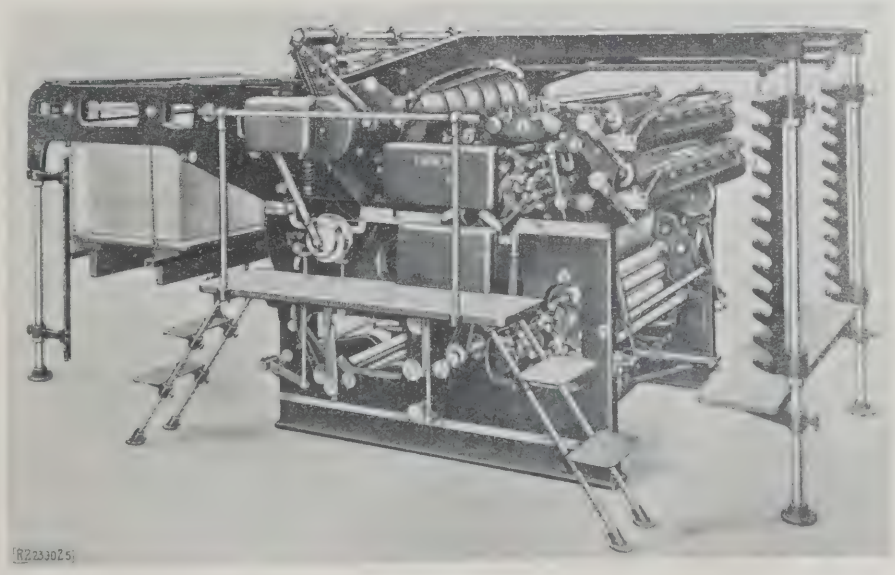


Abb. 3
Vierbahnige
Schnelläufer-Illustrationsmaschine
mit drei
Farbauftragwalzen.

Abb. 4 (unten)
Zweifarben-Offsetpresse.

Die vorhandenen acht Hochdruck-Umlaufmaschinen für den Druck von der Rolle werden mehr für Zeitungsdrucke verwendet. An Bogenoffsetmaschinen arbeiten hier für den Verein deutscher Ingenieure hauptsächlich die Zweifarben-Offsetpressen, Abb. 4, Schnelläufer mit hohem Auslagestapel, guter Übersichtlichkeit und leichter Bedienung. Die größten Maschinen, die für die VDI-Zeitschrift verwendet werden, sind die Offsetumlaufmaschinen. Eine Teilansicht des Saales I für Offset-Umlaufmaschinen zeigt Abb. 5. Die Maschinen arbeiten als Zweirollenmaschinen, wenn sie sowohl im Schön- als im Widerdruck, also auf den beiden Seiten des Papierstranges, in einer Farbe drucken. Zwei Doppelfalzgeräte falzen die Zeitung versandfertig zusammen.



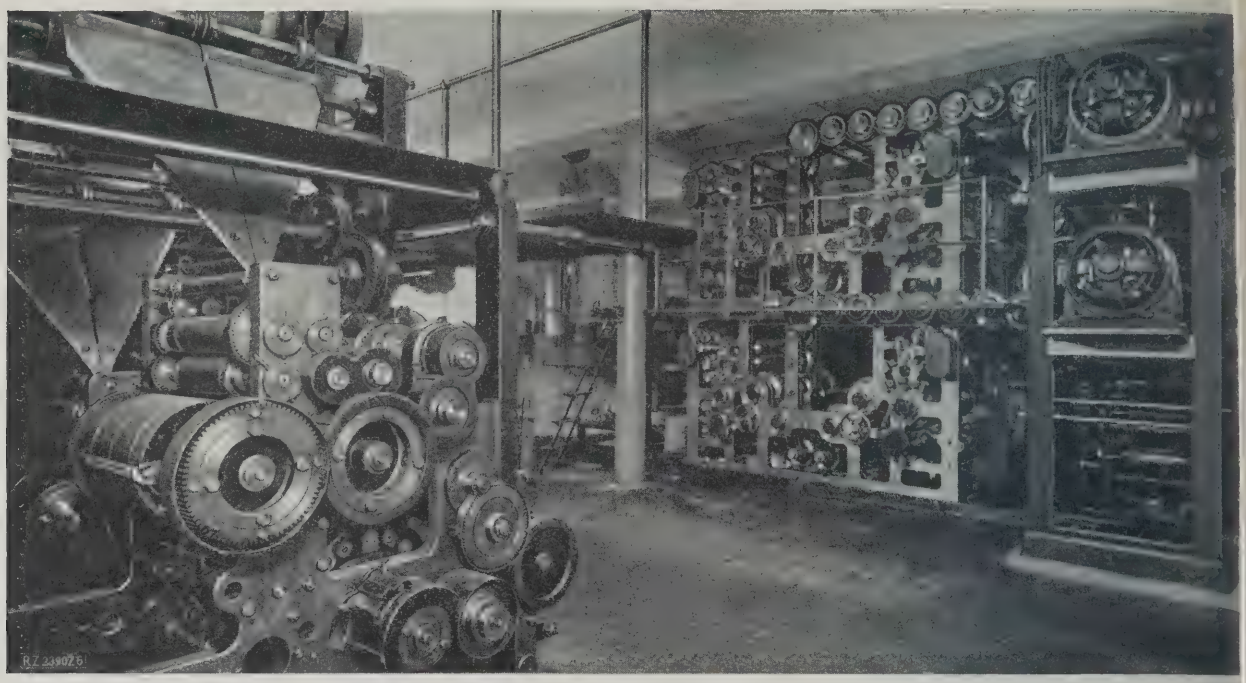


Abb. 5. Teil eines Saales mit Offset-Umlaufmaschinen.

Läuft die Maschine mit zwei Farben im Schön- und zwei Farben im Widerdruck, wird also auf beiden Seiten des Papierstranges mit zwei Farben gedruckt, so kommt nur eine Papierrolle zur Anwendung. Die andre Rolle dient dann als Ersatzrolle.

Den Ausmaßen der Maschinenräume entsprechen natürlich auch die Räume, die der Aufbewahrung von Papier, Ölen, Putzmitteln und anderem dienen. Die Farbenversorgung ist für alle größeren Maschinen durchgeführt. Vom Hauptbehälter aus wird die Farbe gefiltert, gemischt, verrieben und angewärmt. So wird sie mit geringem Druck den einzelnen Maschinen zugeführt. Hier steigt sie in Rohrleitungen zu jedem Druckwerkfarbkasten auf. Ein Regelhahn ermöglicht es, jedem Kasten so viel Farbe zuzuführen, wie er verarbeitet.

Das Papierlager ist außerordentlich groß. Durch die Druckerei laufen täglich mindestens 30 000 kg Papier. Das Papier kann nicht so verarbeitet werden, wie es vom Fabrikanten kommt. Für bestimmte Arbeiten muß es drei bis vier Wochen lagern. Es nimmt dann die Temperatur des Raumes an und sättigt sich gleichmäßig mit Feuchtigkeit. Dies ist nötig, damit der Bogen nicht Falten schlägt und infolge der an der Oberfläche des Bogens vorhandenen statischen Elektrizität an den Zylindern der Druck- oder Falzmaschine nicht haften bleibt.

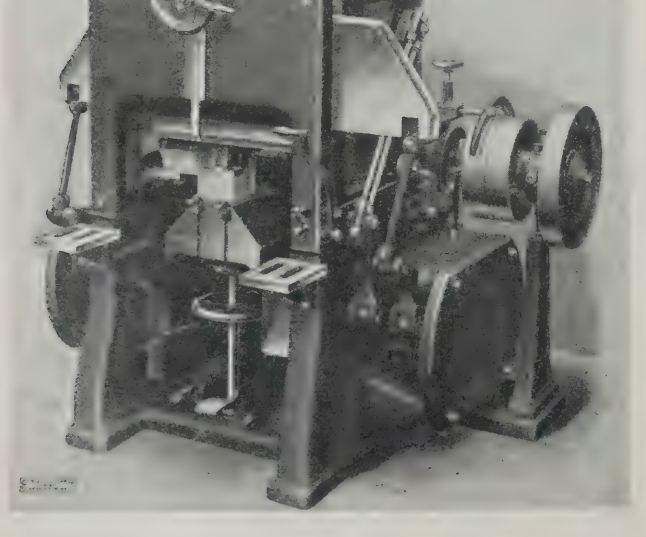


Abb. 6. Dreimesser-Beschneidmaschine von Fomm, Leipzig.

Die Halberzeugnisse, wie sie aus der Bogen- oder Umlaufdruckmaschine kommen, wandern nun in

**die Buchbinderei.**

Die etwa meterhohen Bogenstöße sind auf einem Absetzbrett gestapelt. Als Fördermittel zur Buchbinderei werden meist Hubkarren benutzt. Von den Rotationsmaschinen aus wandern die Zeitungen mittels eines endlosen Förderbandes in den Verlade- und Verpackraum. Bei der VDI-Zeitschrift wird Umschlag, Anzeigen- und Textteil von Hand aus zusammengetragen. Die planen Bogen des Textteiles werden auf selbsttätigen Falzmaschinen, die mit Rotaryanleger[4]) ausgestattet sind, gefalzt. Die Papierlage wird um eine Trommel geführt. Dadurch, daß die äußeren Bogen, entsprechend dem vergrößerten Umfang gegen die inneren Bogen zurückbleiben müssen, wird der Bogenstoß auseinandergezogen. Raschlaufende Streichräder trennen vollends die Bogen voneinander, um sie der Falzmaschine zuzuführen. Bei diesem Anleger kann man während des Betriebes der Maschine Papier auflegen. Die Zeitschrift wird auf Heftmaschinen kräftiger Bauart geheftet. Es sei nur an die Heftung der aus besonderen Anlässen herausgegebenen umfangreichen Fachhefte und Festnummern der VDI-Zeitschrift erinnert.

Zum Schluß wird die geheftete Zeitschrift auf Dreischneidern, Abb. 6, beschnitten. Auf dem Tisch des Schneiders wird ein Stoß Zeitschriften aufgesetzt, zwangläufig zusammengepreßt und jede der drei Seiten des Stapels mit einem Schnitt beschnitten. Die, falls es nötig ist, noch von der Hand oder mittels Bündelmaschine umbundenen Drucksachen werden nun mit Kraftwagen zum Postzeitungsamt befördert. Von dem Gewicht der abzufertigenden Drucksachen kann man sich ein Bild machen, wenn man bedenkt, daß allein die VDI-Zeitschrift in etwa 26 000 Stück ausgedruckt wird. Da der Zeitpunkt für die Anlieferung auf der Post feststeht, müssen alle Arbeitzeiten mit äußerster Pünktlichkeit eingehalten werden; denn eine Verspätung darf nicht eintreten. [B 2390]

[4]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 32 S. 1131.

# RUNDSCHAU

## Landwirtschaftstechnik

### Zur Wirtschaftlichkeit der Kraftschlepper für Landmaschinen

Die Wirtschaftlichkeit der Schlepperverwendung in der Landwirtschaft an Stelle des Gespannviehs steigt und fällt mit der Zahl der jährlich möglichen Betriebstunden. Dies gilt noch in stärkerem Maß als bei andern Landmaschinen, die nur Saisonarbeit zu erledigen haben, da hier Eignung und Geschicklichkeit des Betriebleiters stark ausschlaggebend sind für den Nutzwert, der aus dem Schlepper herausgeholt werden kann.

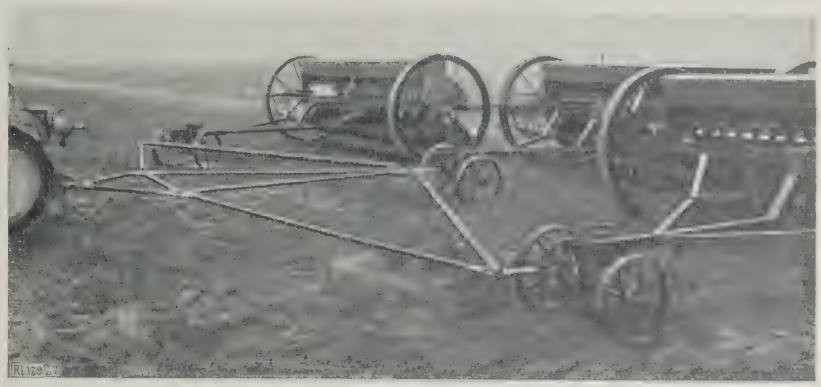


Abb. 1
Stahlrohrfachwerk zur Kupplung von drei 4 m-Drillmaschinen.
Jeder Maschinengrindel ruht auf einer gelenkigen Vorderkarre.

Nicht mit Unrecht wird die Einstellung eines Schleppers als wichtiger Wendepunkt in der Betriebführung einer Wirtschaft angesehen. Es ist nicht möglich, heute den Kraftschlepper dort einzusetzen, wo gestern Gespanne gearbeitet haben. Der Betriebleiter muß sich und die Wirtschaftsführung erst darauf ein- und umstellen, sollen keine Nackenschläge eintreten. Solche machen, wie viele Beispiele lehren, meist den Landwirt zum künftigen Feind jeder Mechanisierung, so daß dann ernsthaft gemeinte Aussprüche, wie: „Der beste Motor ist der mit Hörnern", möglich sind. Wie dieses Einfühlen in die Schlepperverwendung in geradezu vorbildlicher Form gemacht worden ist, zeigten kürzlich die Ausführungen des bekannten süddeutschen Saatzüchters Dr. *Ackermann*, Irlbach[1]), der in sachlicher Form darlegte, wie seine Wirtschaft dem Schlepper erschlossen wurde, wie allmählich dessen Arbeitskraft die der Pferde, Maultiere und Ochsen ersetzte, wie er auch die Zahl der notwendigen Arbeiter einschränken konnte und wie unter schwierigen klimatischen und wirtschaftlichen Verhältnissen die Bewirtschaftung günstig beeinflußt wurde, also kurz gesagt, wie Ruhe und Stetigkeit in den Betrieb kamen, was erst eine rein nach sachlichen Gesichtspunkten durchgeführte Betriebführung möglich macht. Er führte auch aus, wie der eine Schlepper den zweiten nach sich zog, um so erst voll zur Wirkung zu kommen. Dafür einige Zahlen:

Der 250 ha große intensive Saatzuchtbetrieb beschäftigte neben einem Genossenschafts-Dampfpflug zur Herbstarbeit bis zur Schleppereinführung acht Pferdegespanne, 14 Ochsengespanne oder 10 Maultiergespanne und 54 Arbeiter. Nach vollständiger Eingliederung des ersten Schleppers waren nur noch acht Pferde- und sieben Maultiergespanne nötig, und der zweite Schlepper ließ eine Verminderung auf neun Pferdegespanne und 38 Arbeiter zu. Es sind also Unterschiede, die sich auf dem Lohn- und Gespannkonto recht bemerkbar auswirken. Wie sich die Schleppereinführung auf die für ein Feldstück der Irlbacher Feldmark aufzubringende Arbeit auswirkt, zeigt die Zahlentafel 1. Also auch hier ist eine gleich starke Verminderung zugunsten des Schleppers festzustellen.

Die Pflege und Wartung, ein bei den heutigen schwierigen Arbeiterverhältnissen in der Landwirtschaft nicht zu unterschätzender Gesichtspunkt, wird auch beträchtlich vereinfacht. Selbst bei größter Sorgfalt sind zwei Schlepper leichter in Ordnung zu halten als neun Gespanne, für die auch an Feier- und Ruhetagen die volle Pflege und ein Erhaltungsfutter, das nicht erheblich unter dem Leistungsfutter liegt, notwendig sind.

Als dritter Vorteil ist die zeitlich schnellere Erledigung der Arbeit zu nennen, wodurch es möglich ist, jede Arbeit zu dem für sie günstigsten Zeitpunkt zu erledigen. Man wird damit rechnen können, daß z. B. die Frühjahrsbestellung im Mittel 8 bis 10 Tage früher fertig ist, was unter vielen Verhältnissen einen Mehrertrag bis zu 100 kg/ha Getreide ausmacht. Es wird auch meist möglich sein, auf den Feldern, die zuerst geräumt werden, zweimal zu ernten, etwa dadurch, daß man kurzlebige Futterpflanzen, die im Spätherbst noch eine Nutzung geben, oder Gründüngungspflanzen wie Lupinen, Bohnen und Peluschken, einschaltet.

In der Aussprache zum Vortrag wurden dann beachtliche Vorschläge zur Verbreiterung der Schlepperarbeit gemacht. Fast alle Bestell-, Pflege- und Erntearbeiten sind heute neben der ursprünglichen, der Pflugarbeit, zu erledigen. Es sind in kurzer Zeit Geräte geschaffen worden, die die große Zugkraft des Schleppers, die sich nicht wie der Gespannzug unterteilen läßt, ausnutzen und seiner Eigenart bei der Arbeit, wie z. B. der größeren Ganggeschwindigkeit, entsprechen. Dipl.-Ing. *Schirmer* gab einen guten Überblick darüber, wie in kurzer Zeit die Landmaschinenindustrie diesem Verlangen Rechnung getragen hat[2]). Während man bei Gespannbetrieb mit höchstens 4 m Arbeitsbreite das Getreide einsät und mit höchstens 3 bis 4 m Arbeitsbreite eggt, kann man heute bis 16 m Breite drillen und eggen. Wie dies gemacht wird, zeigen Abb. 1 und 2. Man hat Kuppelvorrichtungen und Zwischenstücke geschaffen, die allen Teilmaschinen genügende Bewegungsfreiheit zu einer sorgfältigen Arbeit lassen. Ein Gerät für die ganze Arbeitsbreite zu schaffen, geht außer den technischen Schwierigkeiten schon deshalb nicht, weil die Fahrwege zu den einzelnen Feldstücken keine größeren Spurbreiten als 3 bis 4 m zulassen.

Darüber kann man die Zahl der jährlichen Betriebstunden des Kraftschleppers dadurch vermehren, daß man mehrschichtig arbeitet. Beim Gespannbetrieb ist dies nur

[1]) Jahrestagung der Arbeitsgemeinschaft Technik in der Landwirtschaft am 28. Januar 1929. Vollständiger Wortlaut des Vortrages in „Technik in der Landwirtschaft" Bd. 10 (1929) Nr. 2 S. 32.

[2]) „Technik in der Landwirtschaft" Bd. 10 (1929) S. 8.

**Zahlentafel 1**
Gut Wieschlburg links
Bestellung mit Getreide — $9^1/_3$ ha Plangröße — Entfernung vom Gutshof 3,5 km

| Vor dem Kriege ($11^1/_2$ h Arbeitzeit) | Nach dem Kriege (10 h Arbeitzeit) | Mit Schlepperbenutzung |
|---|---|---|
| 19 Gespanntage | 24 Gespanntage | 2 Schlepper je 2 h ununterbrochen, außerdem $9^1/_2$ Gespanntage |
| 23 Männerarbeitstage | 29 Männerarbeitstage | $14^1/_2$ Männerarbeitstage |
| 57 h Zeitverlust der Gespanne für An- und Abmarsch | $73^1/_2$ h Zeitverlust der Gespanne | 44 h Zeitverlust der Gespanne |
| 69 h Zeitverlust der Arbeiter für An- und Abmarsch | 88 h „ „ Arbeiter | 45 h „ „ Arbeiter |
| Arbeitzeit 2 Tage | Arbeitzeit $2^1/_2$ Tage | Arbeitzeit 1 Tag |
| | Mehraufwand: | Ersparnis mit 2 Schleppern: |
| | 5 Gespanntage | $14^1/_2$ Gespanntage |
| | 6 Männerarbeitstage | $14^1/_2$ Männerarbeitstage |
| | $16^1/_2$ h Zeitverlust **mehr** bei Gespannen | $29^1/_2$ h Zeitverlust der Gespanne |
| | 19 h „ „ „ Arbeitern | $43^1/_2$ h „ „ „ Arbeiter. |

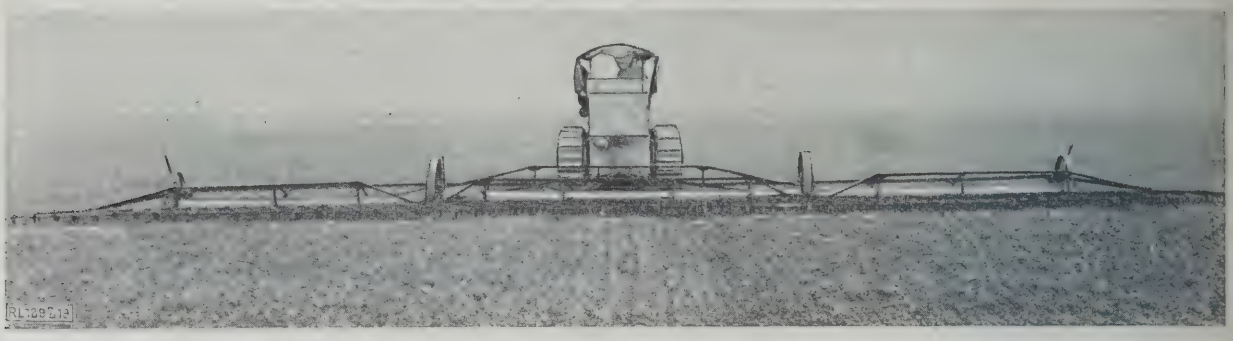


**Abb. 2**
Dreiteilige Zugvorrichtung für schwere Eggen u. a., Arbeitsbreite 15 m.

beschränkt möglich, da eine bestimmte Zahl Ruhestunden für Menschen und Tiere notwendig ist. Mit Überstunden und Futterzulagen sind nur wenige Stunden täglich und auch nur für eine kurze Zeit zu gewinnen. Ein fortschrittlicher Landwirt hat schon 1924 versucht, bei künstlicher Beleuchtung zu arbeiten, was, wie ich aus eigener Erfahrung weiß, nach Überwindung der üblichen Kinderkrankheiten gut ging. Schon viel früher wurde im Dampfpflug-Lohnbetrieb ähnliches durchgeführt. Im Zwielicht der frühen Morgen- und Abendstunden dienten Lichtzeichen zur Verständigung zwischen den Maschinen und dem eigentlichen Pfluggerät. Doch ist dies als eigentliche Nachtarbeit noch nicht zu werten, da man das Pfluggerät selbst nicht beleuchtete, um auch einigermaßen die Arbeit zu erkennen. Heute wird vielfach mit Erfolg versucht, die Schlepperarbeiten mit künstlichem Licht auch bei völliger Dunkelheit auszuführen. Vornehmlich werden in diesen Stunden die gröberen Arbeiten, wie z. B. das Pflügen, besorgt. So gibt es Güter, die zeitweise mit drei Bedienungen fahren, wodurch 20 reine Betriebstunden erreicht werden. Es ist erklärlich, daß damit ganz beträchtlich die Wirtschaftlichkeit des Schleppers steigt, selbst wenn die Stundenleistung in der Nacht geringer ist als am Tage. Die Anordnung der Beleuchtung ist z. B. aus Abb. 3 und 4 zu ersehen.

Ein starker, nicht zu eng streuender Scheinwerfer beleuchtet in Fahrtrichtung die Leitfurche und die nächste Umgebung. Ein, besser zwei rückwärts gerichtete Scheinwerfer mit mehr streuendem Licht beleuchten das Anhängegerät und seine Arbeit. Wichtig ist hier, daß keine Schlagschatten entstehen und der Führer nicht geblendet wird, da dann Einzelheiten auf dem Boden nicht mehr zu erkennen sind. Zweckmäßig werden die rückwärts gerichteten Scheinwerfer etwas erhöht angebracht, damit sie schräg nach unten leuchten. Eine elektrische Lichtquelle wäre zwar immer das Vollkommenste, doch dürften in der Regel die Kosten dafür zu hoch und sie selbst auch für den rauhen landwirtschaftlichen Betrieb zu empfindlich sein. Ohne Batterie auszukommen, wird wohl möglich sein, da man nur während der Arbeit des Motors Licht braucht. Eine kleine Handlampe des Führers genügt vollkommen zum gelegentlichen Ableuchten. Der Vorteil der vornehmlich benutzten Karbidbeleuchtung sind Billigkeit und Unempfindlichkeit.

Es ist klar ersichtlich, daß heute somit die Wirtschaftlichkeitsberechnung für einen Schlepper ganz anders ausfällt, wie noch vor wenigen Jahren. Mit Hilfe des Schleppers kann man also nicht nur die laufenden Arbeiten zeitlich richtig erledigen, sondern auch die bisher unvermeidlichen Arbeitspitzen, wie Frühjahrsbestellung, Getreide- und Hackfruchternte bewältigen. Er ist also mehr als nur Ersatz für ein Gespann, dem dies nur beschränkt möglich ist. Früher bestimmten diese Arbeitshöhepunkte in der Wirtschaftsführung die Gespanntierzahl, d. h. verschiedene Gespanne mußten nur das ganze Jahr gehalten werden, damit dann auch diese Arbeitspitzen bewältigt werden konnten. Ihre Haltung wurde dadurch sehr kostspielig und damit die ganze Gespannhaltung sehr verteuert, da ein zeitliches Einstellen nicht möglich ist. [M 2723]

Berlin-Zehlendorf *Ludwig Engelbrecht*

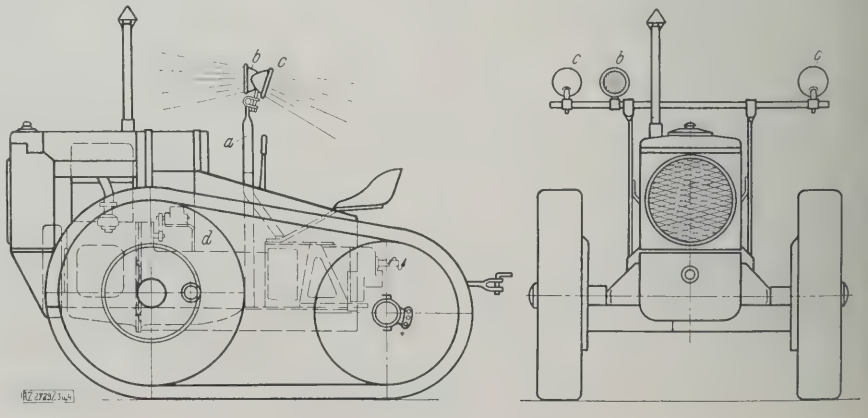



**Abb. 3 und 4**
Anordnung von drei Scheinwerfern auf einem Kettenradschlepper der Stock-Motorpflug-A.-G., Berlin-Niederschöneweide.

*a* Rohrbrücke als Träger der Scheinwerfer
*b* ein Scheinwerfer für die Fahrtrichtung
*c* zwei Scheinwerfer zur Beleuchtung des Anhängegerätes
*d* Lichtmaschine

## *Elektrotechnik*

### Schutzausrüstungen für Isolatorenketten

Bei den hohen Leistungen, die heute in den Netzen der Überlandwerke übertragen werden, sind die Freileitungsisolatoren außerordentlich gefährdet, wenn als Folge von Überspannungen selbst ein nur kurzzeitiger Erdschluß- oder Kurzschlußlichtbogen auftritt. Allerdings stellen die führenden Isolatorenfabriken ein gegen einseitige Wärmewirkungen so unempfindliches Porzellan[1]) her, daß man den Isolatoren den einleitenden Überschlag zumuten kann, ohne Zerstörungen befürchten zu müssen. Für die Formgebung der Schutzausrüstungen folgt hieraus, daß der durch den Betriebstrom gespeiste Lichtbogen, der dem einleitenden Überschlag nachfolgt, möglichst rasch nach den Schutzarmaturen abwandern und einen für die zu schützenden Isolatorenketten ungefährlichen Weg nehmen muß.

Die Bedingungen hierfür sind in den letzten Monaten von Dr.-Ing. *Harald Müller* an der Hand umfassender Versuche geklärt worden[2]), die sich auf eingliedrige Ketten für Mittelspannungsnetze und auf mehrgliedrige Ketten für Hoch- und Höchstspannungsnetze erstreckt haben. Diesen Versuchen gingen zahlreiche Vorversuche mit einfachen Elektrodenanordnungen voraus, die über den Verlauf des Kurzschlußlichtbogens und die Lichtbogenspannung in Abhängigkeit von der Lichtbogenstromstärke näheren Aufschluß geben sollten. Hierbei haben sich die in Abb. 5 und 6 wiedergegebenen Elektrodenformen als zweckmäßigste Grundformen für die Schutzausrüstungen ergeben. Weiter wurde festgestellt, daß die Wirksamkeit von Schutzausrüstungen am besten mit Stromstärken von einigen hundert Ampere geprüft wird, da der Lichtbogen bei diesen Stromstärken sehr leicht beweglich ist und daher dem durch die Schutzausrüstungen vorgeschriebenen Weg nur dann folgt, wenn diese vollkommen richtig bemessen sind.

Die Kurzschlußversuche mit großer Leistung an ein- und mehrgliedrigen Ketten sind im neuen Versuchsfeld[3]) der Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. (Hescho)

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1558.
[2]) Mitt. d. Hermsdorf-Schomburg-Isolatoren-G. m. b. H. 1929 Heft 44/45.
[3]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1101.

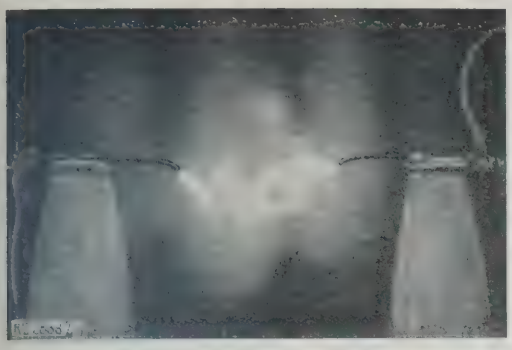


**Abb. 5**
Kurzschluß-Lichtbogen zwischen zwei nach unten gekrümmten Stabelektroden in 25 cm Abstand.

mit einem Schwungrad-Stromerzeuger von 600 kVA Leistung nd 6 kV Spannung vorgenommen worden. Hierbei wurden ie Isolatoren durch einen dicht an ihnen anliegenden ünnen Kupferdraht überbrückt, so daß nach dessen Wegchmelzen der Lichtbogen längs des Isolators oder der Kette ntstand.

Bei eingliedrigen Ketten aus Vollkern(Motor)-, Stabnd Kappenisolatoren, die vorzugsweise für die Fahrleitunen elektrischer Vollbahnen verwendet werden, hat sich ierbei für die Hängelage der Einbau eines Hornreuzes an der oberen Kappe und eines Stabkreuzes über em Leitungsseil, Abb. 7, als die wirksamste und dabei illigste Schutzarmatur ergeben, während für die Abpannlage Gabelhörner, Abb. 8, am günstigsten sind. Diese Ergebnisse sind auch durch die zahlreichen Versuche nit sehr großen Kurzschlußstromstärken bestätigt worden, ie von der Hescho gemeinsam mit den Reichsbahndirekionen München und Augsburg beim Bahnstrom-Unterwerk 'asing an Stabisolatoren und Kappenisolatoren von z. T. ehr lichtbogenempfindlicher Formgebung durchgeführt vorden sind.

Bei Ketten aus 4 bis 7 Kappenisolatoren für Hochspanungsleitungen von 50 bis 110 kV Betriebspannung wird lie Richtung des Lichtbogens nicht mehr im gleichen Maße vie bei eingliedrigen Ketten durch seine Fußpunkte estimmt; der Lichtbogen ist vielmehr in seinem mittleren eil ziemlich frei beweglich und kann durch Wind und Wärmeauftrieb seine Richtung und Länge stark ändern. Man kann daher hier sowohl die gleichen Schutzausrüstungen wie für eingliedrige Ketten als auch schwerere Ausrüstungen (Ringe) verwenden, wobei für Hängeketten bei wenig Gliedern Hornkreuze und Stabkreuze, bei vielen Gliedern die elektrisch noch günstigeren, aber auch teureren Schutzringe den Vorzug verdienen. Bei Abspannketten wird eine gute Schutzwirkung durch Gabelhörner an der Leitung und dem Querträger des Mastes oder durch einen Schutzring an der Leitung und ein Gabelhorn am Querträger erreicht. Diese Anordnungen stimmen im übrigen auch mit den Ergebnissen überein, die *Th. Björgerd*[4]) bei seinen Kurzschlußversuchen zwischen zwei Phasen eines im Freien aufgestellten Mastes bei Stromstärken von rd. 200 A erzielt hat.

Bei den großen Baulängen der Isolatorenketten für Höchstspannungsleitungen kann der selbst gegen sehr schwache Luftbewegungen außerordentlich empfindliche Lichtbogen in die Kette hineinwandern und sich hier an den Kappen oder, was noch gefährlicher ist, nach Wegsprengen der Porzellanteller an den Klöppeln Fußpunkte verschaffen, wobei die Klöppel bei einem längeren Stehenbleiben des Lichtbogens durchgeschmolzen werden. Man muß daher dem Lichtbogen durch Unterteilen mit Zwischenschutzringen seine Beweglichkeit nehmen, was *W. Weicker* bereits 1911 auf dem Internationalen Elektrotechnischen Kongreß in Turin vorgeschlagen hat[5]), oder man muß die Schutzausrüstungen so groß machen, daß der Lichtbogen von der Kette weit entfernt bleibt und seine Beweglichkeit sich nicht schädlich auswirken kann. Abb. 9 zeigt eine der ersten Forderung entsprechende Lösung der Hescho, bei der die Schutzringe und der Zwischenring mit Fußpunkten in Gestalt von je vier gegen die Leitung um 45° versetzten Daumen ausgestattet sind. Diese Lösung hat sich auch bei den Hochleistungsversuchen in den Prüffeldern der Firma Brown, Boveri & Cie, Baden (Schweiz), und der Siemens-Schuckertwerke, Berlin-Siemensstadt, vorzüg-

[4]) *Th. Björgerd*, Teknisk Tidskrift (Elektroteknik) Bd. 58 (1928) S. 172.
[5]) *W. Weicker*, Überspannungschutz bei Freileitungs-, insbesondere Hängeisolatoren, Turin (Vincenzo Bona) 1911.

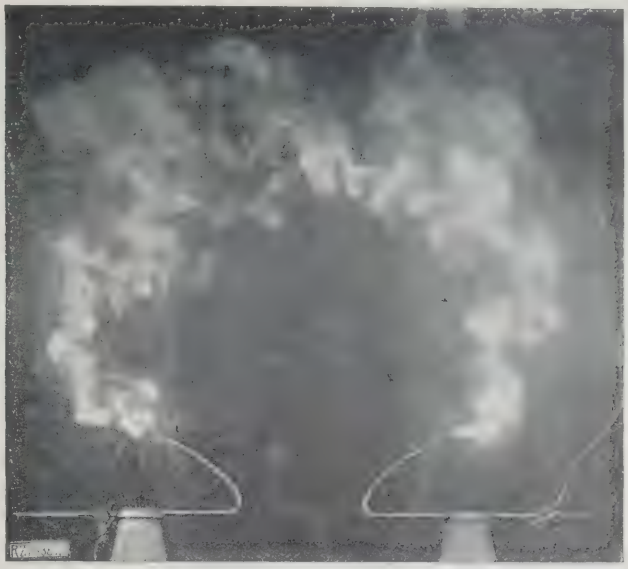


**Abb. 6.** Kurschluß-Lichtbogen zwischen zwei Hornelektroden in 30 cm Abstand voneinander.
Der Lichtbogen ist rd. 2,5 m lang und steht kurz vor dem Abreißen.

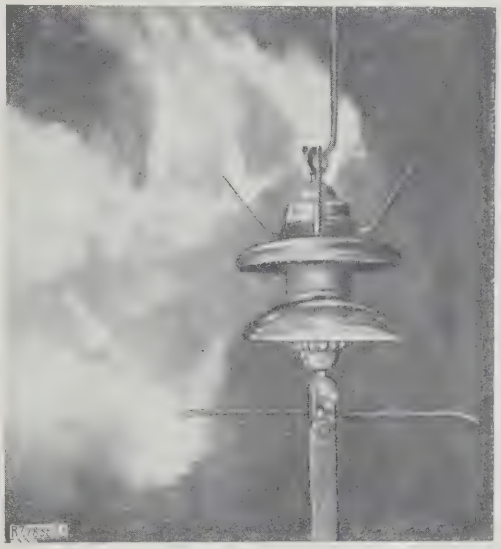


**Abb. 7.** Vollkern (Motor)-Isolator in Hängelage mit Hornkreuz an der oberen Kappe und Stabkreuz an der Leitung.

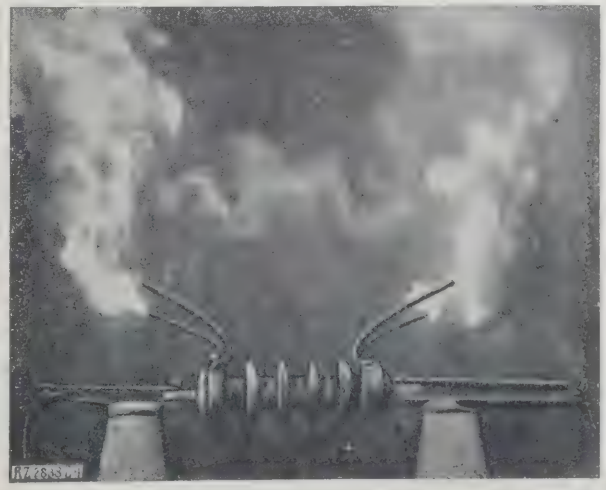


**Abb. 8.** Mit Schirmen ausgerüsteter Stabisolator in Abspannlage mit Gabelhörnern.

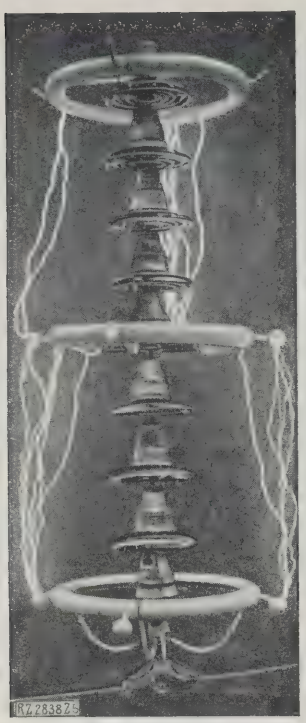


**Abb. 9** (links)
Neungliedrige Hängekette aus Großisolatoren mit einem mit vier Daumen ausgestatteten Zwischenring bei Stoßüberschlägen von 1,5 Mill. V Höchstspannung.

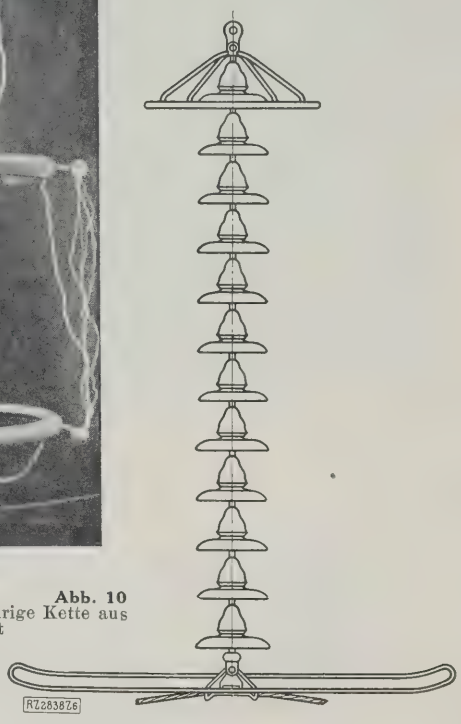


**Abb. 10**
Zwölfgliedrige Kette aus Großisolatoren mit eingestecktem Ring am Seil und Kreisring am Querbalken.

lich bewährt. Bei der auf *Ph. Sporn*[6]) zurückgehenden Ausbildung der Schutzausrüstungen entsprechend der zweiten Forderung wird die Kette, Abb. 10, mit einem langgestreckten unteren Ring ausgerüstet, der den Schutzwert des Ringes mit den Vorteilen des Hornes vereinigt. Am Querbalken des Mastes wird dann ein weit ausladendes Horn, besser aber noch, wie die Versuche bei den Siemens-Schuckertwerken ergeben haben, ein kreisförmiger Schutzring angeordnet. [M 2838] *Wa.*

[6]) *Ph. Sporn,* Journ. Am. Inst. Electr. Engrs. Bd. 47 (1928) S. 105.

## Schaltgeräte für 200 kV

Die z. Z. in Deutschland zur Einführung kommende Spannung von 200 kV bedingt Schaltgeräte, deren Abmessungen alle bisher gebauten Schaltgeräte übertreffen. Es ist hierbei zu berücksichtigen, daß die deutschen 200 kV-Netze ohne Ausnahme mit isoliertem Nullpunkt ausgeführt werden im Gegensatz zu den Netzen in den Vereinigten Staaten von Amerika, die mit geerdetem Nullpunkt arbeiten.

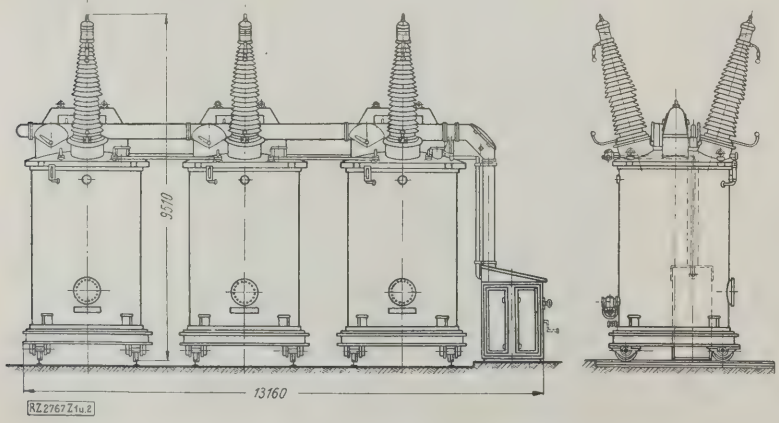



**Abb. 11 und 12**
Ölschalter der AEG. für 200 kV für Aufstellung im Freien.
Die Abschaltleistung des Dreikesselsatzes beträgt 1,5 Mill. kVA.

Schaltgeräte für 200 kV weichen zwar von den l kannten für weniger hohe Spannungen im Aufbau grur sätzlich kaum ab, sie erfordern aber doch wegen der hoh Isolation, der großen Schaltwege und großen Massen ga besondere Maßnahmen.

### Isolation

Die Ölschalter und Trennschalter der AEG für 200 k sind für Freiluftaufstellung vorgesehen. Ihr Isolation wert entspricht einer Überschlagspannung von 650 kV. D Stützer der Trennschalter und die Außenteile der ölgefüllt Ölschalter-Durchführungen sind aus einem einzigen me als 2,5 m hohem Stück Silimanit (Feinsteinzeug[1]) herg stellt.

Damit die Überschlagspannung außen bei trocknen ur nassen Ölschalter-Durchführungen ungefähr gleich bleil ist parallel zur Kriechfläche der Außenteile der Durc führungen eine Funkenstrecke vorgesehen, deren Übe schlagspannung sich bei Regen nur unwesentlich ände

### Ölschalter

Die einpoligen Ölschalter sind zu einem Dreikesse satz zusammengebaut, der über Zugstangen von einem g meinsamen, elektrisch gesteuerten Antrieb betätigt wir Abb. 11 bis 13. Die Abschaltleistung eines Dreikesse satzes beträgt 1,5 Mill. hVA.

Jeder der einpoligen Schalter hat in ölgefülltem Zu stande ein Gewicht von rd. 40 t; davon sind rd. 22 t Öl. Di Durchführungsisolatoren haben eine Gesamtlänge von r 6 m und wiegen ölgefüllt je 2,5 t.

Die runden Ölkessel sind wie die Deckel aus starke Eisenblech hergestellt und öldicht geschweißt; Nietstelle sind im gesamten ölberührten Bereich vermieden. Ö kessel und Deckel haben Einsteigöffnungen.

Die Schalter unterbrechen jeden Pol zweifach und habe Löschkammern. Die Löschkammern wiegen mit ihre Schutzzylindern je 250 kg; ihre Träger sind mit Fenster versehen, durch die man die Kontakte herausnehmen kann ohne die schweren Löschkammern ausbauen zu müssen. Di rd. 4 m lange Schaltstange aus Hartpapier trägt am untere Ende die Schaltbrücken für die Haupt- und Vorkontakt Trotz weitestgehender Verwendung leichter Baustoff (Leichtmetalle und Hartholz) hat die Schaltstange mit de Schaltbrücken ein Gewicht von nahezu 100 kg. Für di stromführenden Teile wurde nur Kupfer und Messin

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 122, 1560 u. 1563.

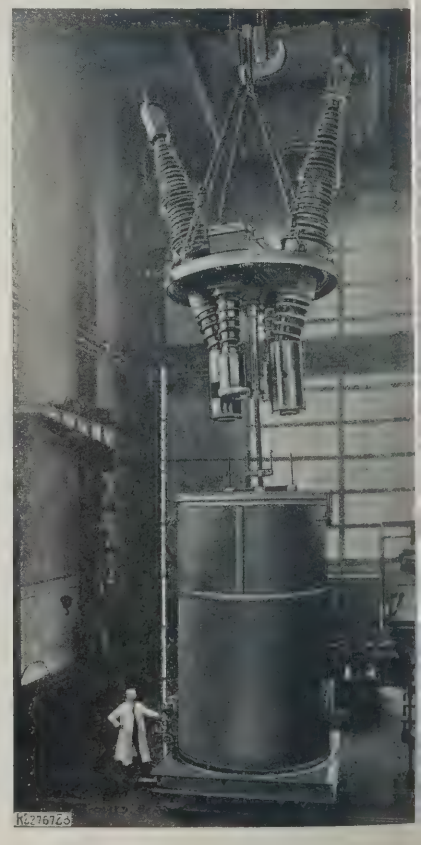


**Abb. 13**
200 kV-Ölschalter geöffnet.

erwendet. Die Schaltstange wird durch eine in n Schalterdeckel eingebaute Gelenkgradführung bewegt, bb. 14. Zum sicheren Abstoppen der bewegten Massen enen vereinigte Feder- und Öldämpfungen. Die Federn r Dämpfung der Ausschaltbewegung sind so bemessen, aß sie gleichzeitig zur Kraftrückgewinnung für die folnde Einschaltbewegung beitragen; die Öldämpfung fängt ie den schwersten Teil des Schaltorgans bildende Schaltrücke mit den Kupferstiften unmittelbar ohne Beanspruung der Isolierteile ab. Sie besteht aus einer im Öl beeglich aufgehängten Platte, die am Kesselboden mittels lastischer Glieder befestigt ist.

Um ein schädliches Zurückpendeln des Schaltorgans in en Endlagen zu verhindern, ist die Gelenkgradführung it einer Kulissensteuerung verbunden, deren Kurbeln sich n den Endlagen selbst sperren.

Als gemeinsamer Antrieb für den Dreikesselsatz wurde in elektrisch aufgezogener Federkraftspeicher gewählt; er ann bei Versagen der Kraftquelle auch mit der Hand aufezogen und geschaltet werden.

### Trennschalter

Die Trennschalter, Abb. 15 und 16, bestehen aus zwei ie Schaltkontakte tragenden Stützern, von denen der eine est, der andre auf einer Fahrbahn waagerecht beweglich st. Dieser Schaltisolator ist mit der Freileitung durch ein iegsames Kupferseil verbunden. Bei dieser vom Rheinisch-Vestfälischen Elektrizitätswerk angeregten Anordnung erpart man den sonst üblichen dritten Stützer; sie ist jedoch ur dann verwendbar, wenn die Anordnung der Schaltnlage erlaubt, das biegsame Seil oberhalb oder seitlich on der Mitte der Stützerfahrbahn aufzuhängen, um in eiden Endstellungen des Schaltisolators zu großen Durchhang zu vermeiden. Läßt sich dies nicht durchführen, so ist noch ein dritter ortfester Stützer nötig, der eine Verbindung mit dem Schaltisolator über eine Gelenkführung erhält.

Der Schaltisolator steht auf einem Wagen, der in dem mit Schienen versehenen Fahrrahmen mittels Seilzuges bewegt wird; der Fahrrahmen ruht auf zwei rd. 2,5 m hohen Ständern. Die drei einpoligen Trennschalter können je nach Art der Anlage hinter- oder nebeneinander gesetzt werden. Sie werden gemeinsam durch einen an die Ständer angebauten Motor-Fernantrieb gesteuert; auch hierbei ist Handbetätigung möglich. Eine elektrische und mechanische Verriegelung sorgt dafür, daß stets nur eine der beiden Antriebarten wirken kann.

Der Schaltisolator wiegt mit seinem Wagen rd. 800 kg. Die großen Massen sowie die Rücksicht auf den keramischen Baustoff des Isolators erfordern eine besonders gute Stoßdämpfung für den mit 0,3 m/s laufenden Wagen und bedingen eine sorgfältig eingestellte Abschaltung des Antriebes. Damit die Kontakte zuverlässig eingreifen, ist eine Eingrifftoleranz von rd. 12 cm in Richtung der Schaltbewegung vorgesehen.

Als Kontakte sind sich selbst reinigende Schleifkontakte mit Schaltmesser vorgesehen, Abb. 17; alle Kontaktteile liegen in Schutzgehäusen. Das Gehäuse am Schaltmesser ist in der Schaltrichtung beweglich; es gibt kurz vor der Berührung des Gegenkontaktes das Messer frei und schiebt sich nach der Trennung der Kontakte sofort wieder über das Messer. Die stark gerundeten Schutzgehäuse der Kontakte dienen gleichzeitig als Strahlungsschutz. Zur Beseitigung von Vereisungen der Fahrschienen sind dicht vor den Laufrollen des Schaltwagens Eisräumer mit scharfen Schneiden angebracht. [M 2767] *Bt.*

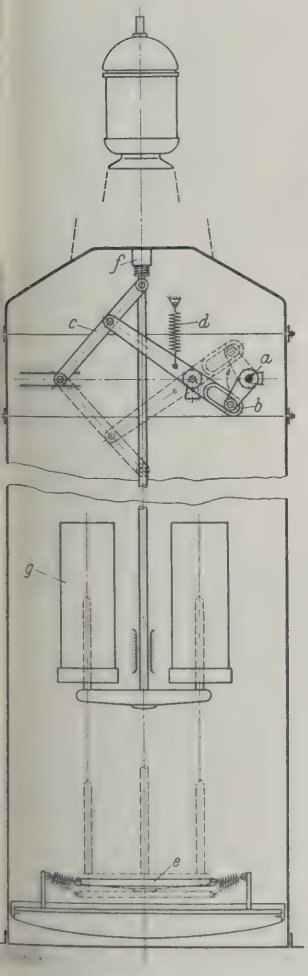



**Abb. 14**
Schaltgetriebe am 220 kV-Ölschalter.
*a* Antriebwelle mit in Pfeilrichtung wirkender Ausschaltfeder *b* Kulissensteuerung *c* Gelenkgeradführung *d* Dämpferfeder für „Aus"-Stellung *e* Dämpferplatte am Kesselboden *f* vereinigte Feder-Öl-Dämpfung für „Ein"-Stellung *g* Löschkammer

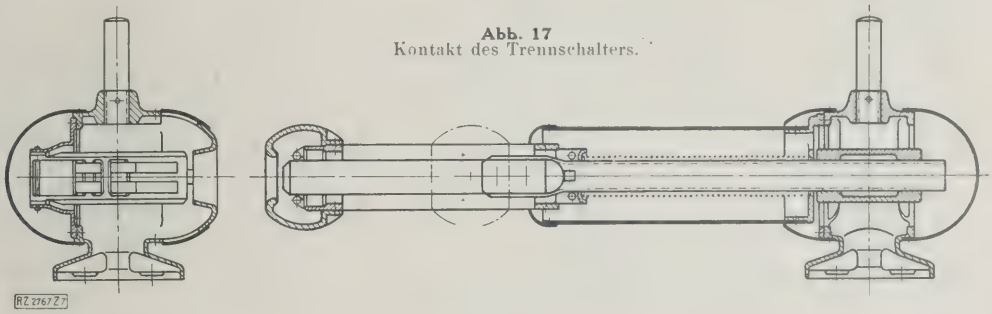


**Abb. 17**
Kontakt des Trennschalters.

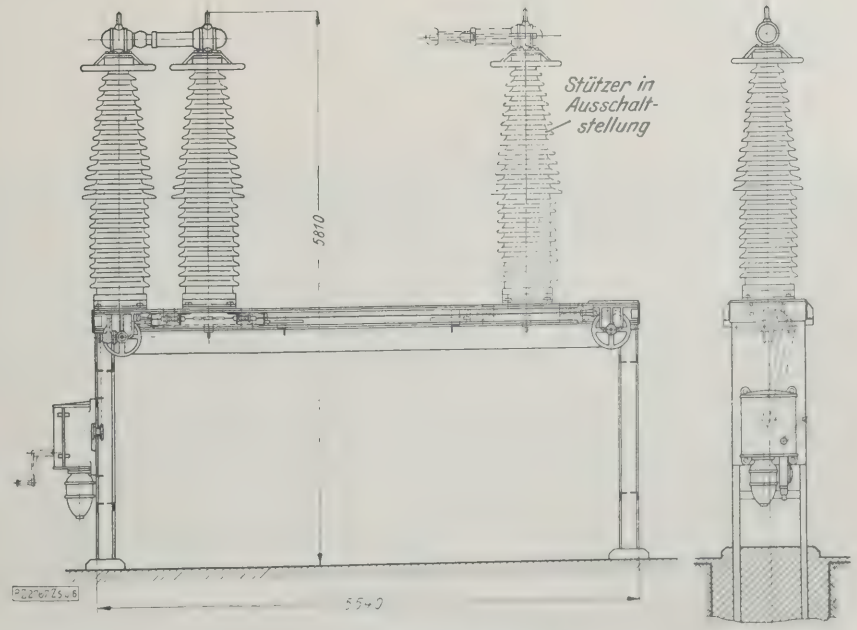



**Abb. 15 bis 17**
AEG-Trennschalter für 200 kV für Aufstellung im Freien.

## *Verarbeitende Industrien*

### Schleuderbetonmaste

Neben den zahlreichen Masten aus Gußeisen, Stahlrohr und Eisenkonstruktion, die für Beleuchtungszwecke, als Spannmaste für die Oberleitungen von Straßen- und Fernbahnen, für Überlandleitungen und für andre Zwecke gebraucht werden, findet man seit einiger Zeit vielfach Maste aus Beton, die durch ihre schlanke Form und ihr steinernes, gegen die Angriffe von Wind und Wetter vollständig unempfindliches Äußere auffallen. Dies sind die nach einem besondern Verfahren von den Firmen Dyckerhoff & Widmann, Schleuderwerk Cossebaude, und Beton-Schleuderwerke, A.-G., Erlangen und Wesseling bei Köln, hergestellten Schleuderbetonmaste.

#### Herstellung

Die Rundstäbe der Stahlbewehrung aus Siemens-Martin-Stahl von rd. 70 kg/mm² Festigkeit werden durch eine besondere Wickelmaschine zwischen eine innerhalb liegende und mehrere außerhalb liegende schraubenförmig gewickelte Stahldrähte eingeschlossen und durch die Spannung dieser Drähte sowie durch elektrische Punktschweißung an vielen Stellen zu einem festen käfigartigen Bewehrungsgerippe verbunden, Abb. 18. Dieses wird in die halbe Schleuderform, durch besondere Zwischenstücke von der Formwandung entfernt, eingelegt in der Art, daß es sich beim Schleudern nicht verschieben kann. Dann wird die Form mit dem halbflüssigen Betonmörtel gefüllt, die obere Hälfte der Form aufgelegt und das Ganze geschlossen. In der Schleudermaschine wird die Form mit hoher Drehzahl längere Zeit in Umdrehung gehalten. Hierbei schleudert sich der Beton hohlzylinderförmig in die Form ein, er umhüllt gleichzeitig dicht das Bewehrungsgerippe außen und innen. Die leichteren Teile des Zementes und des Mörtelzuschlages, die im wesentlichen Verunreinigungen darstellen, sammeln sich in dem in der Mitte entstehenden weiten Hohlraum, aus dem sie nach Öffnen der Form abfließen; denn in dem gleichen Raum hat sich auch ein großer Teil des Anmachwassers als ebenfalls leichterer Teil gesammelt, der Beton selbst ist ausgepreßt und frei von den sonst gefürchteten Wasserkanälen; in dem Beton bleibt nur eben die zum Abbinden nötige Wassermenge zurück. Die Form ruht dann rd. 24 h, währenddessen bindet der Beton ab und erhärtet so weit, daß die Form geöffnet, der fertige Mast herausgerollt und zum endgültigen Erhärten in feuchtem Sand für 8 bis 10 Tage gelagert werden kann.

Das Ergebnis des Schleuderns ist ein besonders fester, aber leichter Hohlkörper aus Beton, der seine Stahlbewehrung in genau zentrischer Anordnung trägt. Er besteht aus einem sehr harten, reinen und fast porenfreien Beton von marmorartiger Dichte und hoher Festigkeit[1]).

#### Verwendung

Glatte Maste sind nach geringfügigem Nacharbeiten (Entfernen der Formunebenheiten, falls nötig Schlämmen mit Zementmilch) verwendungsfähig. Vielfach wird jedoch, insbesondere bei Lichtmasten für städtische Zwecke, die Oberfläche steinmetzmäßig bearbeitet, so daß ein kunststeinartiges Erzeugnis entsteht. Der Beton erhält hierbei statt des gewöhnlichen Kieses Basalt, Dolomit, Silberkies oder ähnliche Steinarten als Zuschlag; diese Stoffe geben der Oberfläche verschiedenes Aussehen und Tönungen, die es erlauben, solche Maste der architektonischen Umgebung weitgehend anzupassen.

Das Hauptverwendungsgebiet dieser Maste liegt bei der städtischen Straßenbeleuchtung. In ihrer reichsten hohen Form dienen sie hier als Kandelaber für Prunkstraßen und -plätze. Dabei lassen sich alle Rohre, Seile und Kabel, die zu dem Leuchtkörper führen müssen, zwanglos im inneren Hohlraum der Maste oder in besonderen Rohreinlagen hochführen, die in den Beton eingeschleudert werden, also das äußere Aussehen nicht stören. Für die normale Straßenbeleuchtung, sei es mit Gas, sei es mit Elektrizität, werden, ebenso wie für die Beleuchtung offener Bahnsteige, niedrigere Kandelaber gleicher Bauart hergestellt. Sie haben, abgesehen von ihrer besonders künstlerischen Form, noch den Vorzug, daß sie keinerlei Unterhaltung, insbesondere nicht eines regelmäßig zu erneuernden Anstriches bedürfen. Dabei widerstehen sie dank ihrer großen Nachgiebigkeit den Angriffen des Verkehrs weit besser als z. B. die Gußeisenmaste.

Ein weiteres Verwendungsgebiet finden die Schleuderbetonmaste als Tragmaste für Hochspannungsleitungen und als Spannmaste für die Oberleitungen von Straßenbahnen. Hier bewähren sie sich besonders wegen ihrer durch die Drahtwicklungen herbeigeführten Verdrehungsfestigkeit. Schleuderbetonmaste werden grundsätzlich in der gleichen Art wie andre Maste aufgestellt. In der letzten Zeit gebaute Leitungen haben gezeigt, daß unter Verwendung neuzeitlicher Förder- und Hilfsmittel auch in schwierigem Gelände keine nennenswert höheren Baukosten entstehen als bei Eisenmasten.

Schließlich kann man die Schleuderbetonmaste noch als Rammpfähle für die Gründung von Bauwerken unter Wasser verwenden. Hier hat sich der Eisenbeton als Ersatz für das vergängliche Holz schon sehr stark durchgesetzt. Aber als Mangel bei den bisher durchweg massiv hergestellten Eisenbetonpfählen wurde doch stets ihr großes Gewicht empfunden, das natürlich auch die Verwendung entsprechend schwerer Rammen bedingt. Die hohlen Schleuderbetonpfähle haben bei ihrer durch die besondere Bewehrungsart erhöhten Tragfähigkeit nur etwa zwei Drittel des Gewichtes der massiven viereckigen Pfähle und lassen sich also mit wesentlich geringerer Kraft, d. h. auch mit wesentlich geringeren Kosten einbauen. Gegenwärtig stehen in Deutschland schon mehr als 160 000 Schleuderbetonmaste. [M 3057]

[1]) Vergl. hierzu a. Z. Bd. 72 (1928) S. 416.

## *Hebezeuge*

### Ein neuartiger Holzgreifer

Bei älteren Bauarten von Holzgreifern drehen sich die Greifzangen um zwei feste Punkte, die in einem kastenartigen Aufbau gelagert sind, Abb. 19. Die Zangenspitzen beschreiben hier Kreisbögen um die Drehpunkte *a*.

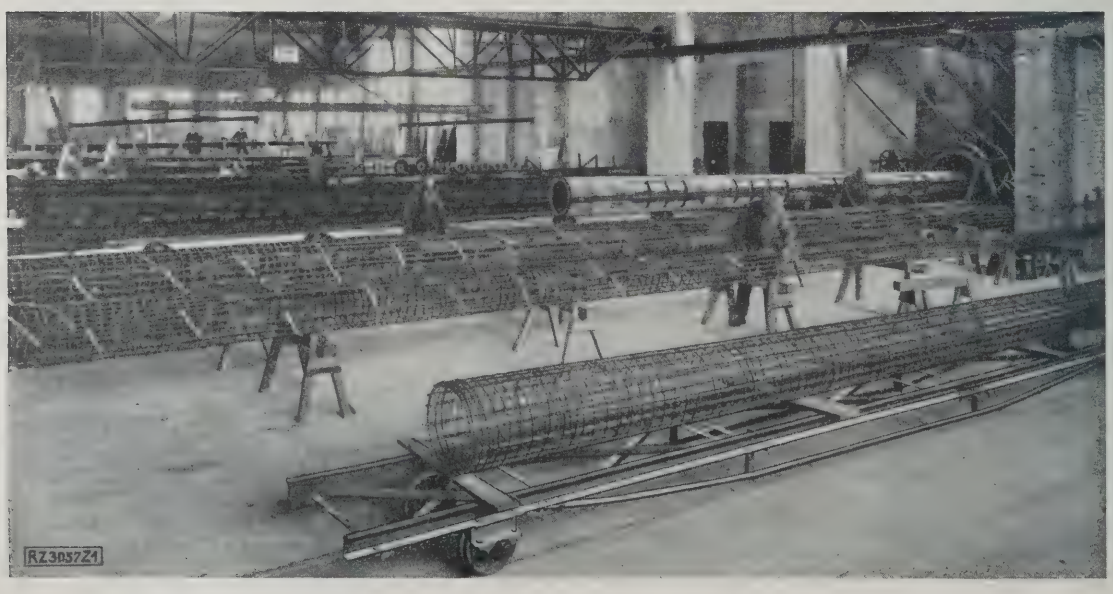



**Abb. 18** Formen, Bewehrungsgerippe und Schleudermaschine für Schleuderbetonmaste.

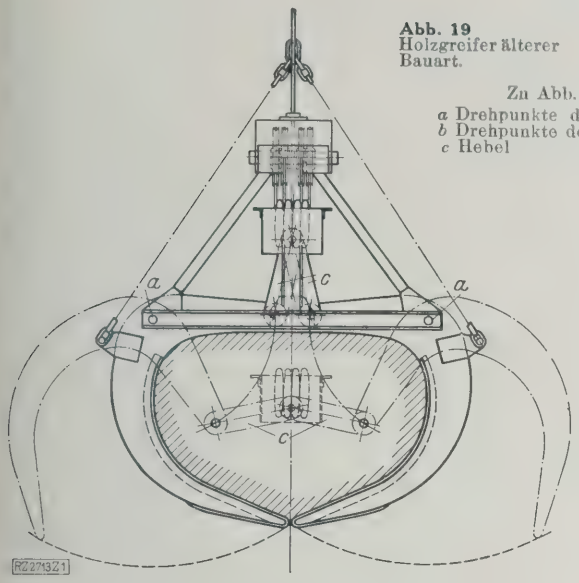



**Abb. 19**
Holzgreifer älterer Bauart.

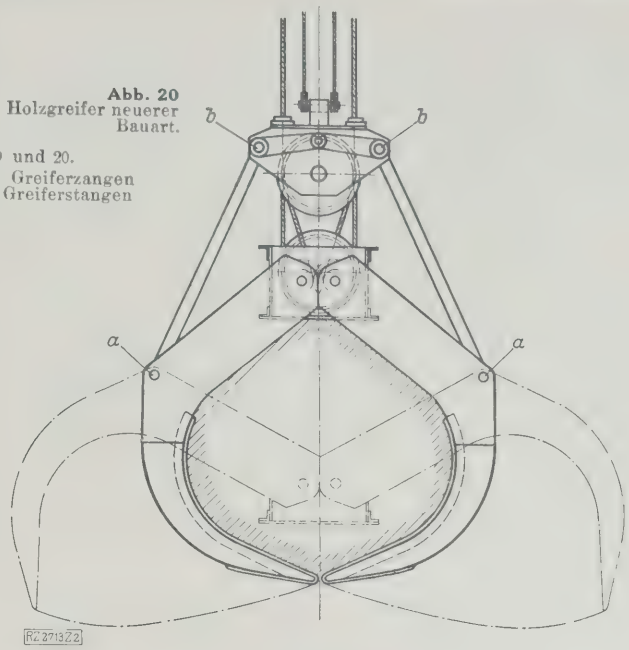



**Abb. 20**
Holzgreifer neuerer Bauart.

Zu Abb. 19 und 20.
*a* Drehpunkte der Greiferzangen
*b* Drehpunkte der Greiferstangen
*c* Hebel

Im Gegensatz hierzu ist der neue Holzgreifer als sogenannter Stangengreifer, Abb. 20, gebaut, d. h. die Drehpunkte *a* der Greifzangen schwingen während der Greifbewegung ihrerseits wieder um Punkte *b* des oberen Greifergeschirres. Auf diese Weise wird an Stelle des Kreisbogens eine flachere Greifkurve der Zangenspitzen erreicht. Versuche darüber haben ergeben, daß diese mehr scharrende als grabende Bewegung die Greifmenge erhöht. Um für diese erhöhte Greifmenge auch Raum zu schaffen, hat man den Querschnitt nach oben hin vergrößert. Ein Vergleich der mit Stricken umrandeten Flächen in Abb. 19 und 20 bestätigt dies.

Die Versuche haben weiterhin ergeben, daß die Schließkraft des Greifers imstande ist, diesen vergrößerten Querschnitt im Dauerbetrieb zu füllen. Häufig nimmt der Greifer sogar „sein Maul übervoll", so daß die Zangenspitzen um 200 bis 300 mm klaffen. Außerdem vermeidet die neue Bauart einen Mangel der älteren Bauart, der darin besteht, daß sich beim Schließen zwischen die Hebel *c* Holz klemmt und zerquetscht wird.

Vergleichversuche zwischen Holzgreifern alter und neuer Konstruktion mit etwa gleichen Gewichten ergaben bei der Entladung von Rungenwagen von rd. 7 m Länge eine durchschnittliche Leistungssteigerung um 50 vH, bei Wagen von rd. 5 m Länge eine durchschnittliche Leistungssteigerung von 40 vH.

Abb. 21 zeigt den neuen Greifer, der von der Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff entworfen und mehrfach ausgeführt worden ist, im geschlossenen Zustand.

Mannheim [M 2713] Dipl.-Ing. *L. Ludwig*, Oberingenieur

**Abb. 21**
Neuer Holzgreifer in geschlossenem Zustand.

## *Metallkunde*

### Schmelzen und Gießen

In Erkenntnis der Wesentlichkeit des kristallinen Aufbaus für die Weiterverarbeitung der Metalle durch mechanische Formgebung und in weiterer Erkenntnis der allgemeinen wissenschaftlichen Entwicklung des Metallgießereiwesens veranstaltete die Deutsche Gesellschaft für Metallkunde im Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, am 27. Mai 1929 eine Fachtagung „Schmelzen und Gießen", über deren Einzelvorträge im folgenden berichtet wird.

#### Die Entstehung der Gußstruktur

behandelte der Vortrag von Geh.-Rat Prof. Dr. *G. Tammann*, Göttingen. Ausgehend von dem Umstand, daß der Erstarrungsvorgang in flüssigen Metallen nicht beobachtet werden kann, weil die Metalle undurchsichtig sind, behandelte der Vortragende Untersuchungsergebnisse über die Erstarrung durchsichtiger Schmelzen, die grundsätzlich auf die Erstarrung von Metallen und Legierungen angewendet werden können.

Erfahrungsgemäß vollzieht sich die Erstarrung (Kristallisation) von Metallen nicht gleichmäßig durch die ganze Schmelze. Es entstehen in ihr, wenn ihre Temperatur unter die des Schmelzpunktes sinkt, zunächst Kristallisationszentren (Keime), von denen aus räumliche Kristallisation in gleichem Größenwert nach allen Seiten, häufig aber auch Kristallnadeln (Dendriten) in die Schmelzen schießen, die sich baumartig verzweigen. Bei der Ausbildung dieser Kristalle tritt schließlich ein Zustand ein, bei dem ein Aufeinandertreffen der einzelnen Wachstumsgebilde stattfindet, das zu zufälliger Begrenzung der gewachsenen Kristalle führt. Die gebildeten Grenzen sind also keineswegs echte Kristallebenen, sondern zufällige Begrenzungen der Körner (Korngrenzen), deren Lage durch die zufällige Lage der Keime und durch die Geschwindigkeit der Verschiebung bestimmter Kristallebenen gegeben sind.

Das entstehende Gefüge ist im allgemeinen körnig. Hohe Abkühlungsgeschwindigkeit haben kleine Kristallkörner im Gefolge, weil die Zahl der Keime mit steigender Unterkühlung wächst, die Kristallisationsgeschwindigkeit aber keine verhältnisgleiche Veränderung erfährt. Niedrige Abkühlungsgeschwindigkeiten führen zur Ausbildung von Makro-Kristallen. Mittlere Kristallgeschwindigkeiten können zu einseitig gerichtetem Kristallisationsverlauf in Abhängigkeit vom Wärmeabfluß aus der Schmelze führen.

Für die Bearbeitung eines Gußstückes durch mechanische Formgebung ist in gütetechnischer Hinsicht der Gesamtgefügeaufbau entscheidend. Eine regellose kristallographische Orientierung der Körner ist günstiger als eine geregelte. Häufig findet sich in den Gußstücken eine Schicht von einander parallelen Kristallflächen (Stengelkristallisation, Transkristallisation), durch die beim Walzen leicht Risse entstehen können. Die Ursache der Entstehung der Stengelkristallisation wurde schon weiter oben beschrieben.

Die Entstehung der verschiedenen möglichen Kristallisationserscheinungen ist erfahrungsgemäß nicht nur eine Funktion der theoretisch ermittelten Erstarrungsgeschwindigkeit, sondern im wesentlichen auch eine Funktion der Formenkonstruktion, der Formenstoffe (Wärmeleitfähigkeit), der Formenmasse, der angewendeten Gießtemperaturen usw. Die Kristallisationserscheinungen einer großen Anzahl von Metallen und Legierungen ist bereits weitestgehend studiert[1]).

Dr. *G. Masing*, Berlin-Siemensstadt, sprach über

**technische Probleme bei der Erstarrung der Metalle.**

Er berichtete über die Entstehung einiger technischer Gußstrukturen mit Hilfe der von *Tammann* erörterten Grundsätze der Kernbildung und des linearen Kristallwachstums. Außer der Beeinflussung des kristallinen Aufbaus sind die Volumenänderungen bei der Erstarrung von Gußstücken von entscheidender Bedeutung für die anfallende Gußqualität. Diese Volumenänderungen führen zu Lunkerbildungen (Außenlunker: Saugtrichter, Einfallstellen; Innenlunker: Innenhohlräume). Die Ausbildung der Lunker wird in erster Linie durch den Wärmefluß, in zweiter durch den Erstarrungsvorgang (Art des Zustandschaubildes) bestimmt[2]).

Die Schwindung ist eine Folge der Kontraktion bei der Erstarrung und der thermischen Zusammenziehung bei der Abkühlung des Werkstoffes im festen Zustande. Nach den Ausführungen von *Masing* hängt die Größe des ersteren Anteils von der Art des Zustandschaubildes, von der Abkühlungsgeschwindigkeit und von der Form des Gußstückes ab. Das Schwindmaß ist deshalb keine Werkstoffkonstante, sondern nur eine für eine bestimmte Form und Abkühlungsart sich gleichbleibende Wertziffer.

Zu den weiteren technischen Fragen bei der Erstarrung der Metalle sind die Entmischungserscheinungen (interkristalline Entmischung, Blockseigerung) zu rechnen, die als Folge eines Unterschiedes in der Zusammensetzung der Schmelze und der sich primär ausscheidenden Kristallarten in unter Mischkristallbildung erstarrenden Legierungen bei ungünstigen Erstarrungsbedingungen auftreten können. Weitere Entmischungserscheinungen (Blockseigerung) sind bei ungünstig geleiteter Erstarrung zu erwarten in Legierungen, die im festen Zustand nur teilweise oder überhaupt nicht ineinander löslich sind.

Die zum Teil nichtmetallischen Verunreinigungen von Schmelzflüssen kristallisieren mit der Restschmelze zwischen den Kristallen der Legierungen aus. Ihre Ausscheidungsform und ihr Einfluß auf die technischen Eigenschaften hängt von einer größeren Anzahl von Einzelfaktoren ab, die jeweils von Fall zu Fall untersucht werden müssen. Gasförmige Verunreinigungen führen zu Gasporosität.

Der Vortragende erörterte die schädliche Beeinflussung von Reinnickel durch Sauerstoff und Schwefel und besprach die Entfernungsverfahren für solche Erscheinungsfälle unter Bezugnahme auf die Arbeit von *G. Masing* und *L. Koch* über die Desoxydation im Nickel[3]).

Dr. *E. Schmid*, Berlin-Dahlem, berichtete

**über Gußtexturen von Metallen und Legierungen.**

Das am meisten hervorstechende Merkmal eines Kristalles ist seine Anisotropie, derzufolge ein großer Teil seiner physikalischen, chemischen und technologischen Eigenschaften von der Richtung abhängt, in der man sie bestimmt. Diese Orientierungsabhängigkeit der Eigenschaften tritt bei Metallkristallen bisweilen überaus stark in Erscheinung und bedingt, daß der Ausbildung geregelter Texturen in vielkristallinem Material große Bedeutung zukommt. Bei Gußstücken tritt in gewissen Querschnittflächen-Anteilen sehr häufig, vor allem bei Kokillenguß, eine ausgeprägte Abweichung von der Regellosigkeit in den Kristallagen (Transkristallisationserscheinungen) auf.

*Schmid* berichtete in seinen Ausführungen über die Ergebnisse einer gemeinsamen mit *F. C. Nix* durchgeführten röntgenographischen Untersuchung der Gußtexturen einer Reihe von Metallen. Stets sind es einfache kristallographische Richtungen, die parallel der Längsrichtung der strahligen Kristalle liegen. Im Sinne der Erklärung der Textur als natürliche Zuchtwahl auf Grund der Wachstumgeschwindigkeit sind diese Richtungen als Richtungen höchster Kristallisationsgeschwindigkeit anzusprechen. Von den Einzelausführungen waren im besonderen von Bedeutung, daß beim Aluminium-Silizium-Eutektikum das Aluminium als führende Kristallart auftritt, wogegen beim Kadmium-Zink-Eutektikum beide Komponenten in der für sie kennzeichnenden Gußtextur vorhanden sind.

*Schmid* erwähnte in der Einleitung seiner Ausführungen ausführlich die nichtröntgenographischen Untersuchungsverfahren für die Texturbestimmung. In der Aussprache habe ich auf eine bisher unveröffentlichte Forschungsarbeit von *R. Hensel* über die Primär-Kristallisation von Silizium-Stahl, Zinn, Zink, Aluminium-Bronzen, Blei, Wachs, Stearin und Salol hingewiesen, die ausschließlich mit nichtröntgenographischen Untersuchungsverfahren nach *Tammann, Czochralski, Jones* u. a. durchgeführt wurde und eine Bestätigung der Untersuchungsergebnisse von *Schmid* darstellt.

**Einiges über die Schwindung der Metalle**

brachte der Vortrag von Prof. Dr. *F. Sauerwald*, Breslau.

Der Vortragende, der das Verdienst hat, die Bestimmung des Volumen-Schwindmaßes einer großen Reihe von Metallen und Legierungen in klassischer Versuchsarbeit durchgeführt zu haben, berichtete nach kurzen theoretischen Ausführungen über die gesetzmäßigen Beziehungen zwischen Volumenänderungen metallischer Stoffe in Abhängigkeit von Temperatur und Druck über ein neues Verfahren zur Bestimmung des linearen Schwindmaßes von Metallen und Legierungen, das vor allem der Ermittlung der Schwindmaßgrößen bei Schmelzpunkttemperatur und in festem Zustand dient.

Ich möchte darauf hinweisen, daß meiner Erfahrung nach z. Z. die wissenschaftlichen Gießereifachleute von der Verwendung der linearen Schwindmaßwerte abkommen und in Auswertung der eingangs beschriebenen Untersuchungen von *Sauerwald* und seinen Mitarbeitern für die Deutung der mannigfaltigen Schwindungserscheinungen das kubische Schwindmaß der Einzelphasen eines Erstarrungsvorganges für die Deutung der mannigfaltigen Schwindungserscheinungen heranziehen. Nach meiner Ansicht sind die eingangs erwähnten Arbeiten von *Sauerwald* bisher kaum in allen ihren Möglichkeiten planmäßig ausgewertet worden.

Obering. *G. Schreiber*, Bitterfeld, berichtete über den

**Einfluß des Gießvorganges auf die Festigkeitseigenschaften verschiedener Metalle.**

Es ist ein Verdienst der Elektron-Werke, Bitterfeld, der I.-G. Farbenindustrie, ihre gesamten Erfahrungen gießereitechnischer Art, die sich vor allem auf die Beziehungen zwischen schmelztechnischen, gießtechnischen, formgebungstechnischen und rein thermischen Verhältnissen beim Gießen und die mechanisch-technologischen Eigenschaften von Formguß gründen, der allgemeinen Metallgießerei nutzbar zu machen. *Schreiber* berichtete über neuere Erfahrungen aus diesem Arbeitsgebiet an der Hand von reichen Kurven- und Zahlenunterlagen[4]).

Gießereiing. *Helmuth Simon*, Köln-Riehl, sprach über

**das Schleudergußverfahren in der Metallgießerei.**

Ausgehend von dem in der Eisengießerei bereits bekannten Schleudergußverfahren zur Herstellung von Eisenrohren[5]), berichtete *Simon* über die Herstellung von Metallguß-Schleuderkörpern. Die Ausführungen waren allgemeiner Art; von besonderer Bedeutung waren lediglich einige Punkte der Arbeitzeit, die die Leistung dieses Gießverfahrens besonders kennzeichnen: z. B. wird ein Bronzezylinder von 6000 mm Länge, 1000 mm Außendurchmesser und 800 mm Innendurchmesser in 6 min geschleudert.

Von den Einflüssen, die beim Schleudern beobachtet werden müssen, sind zu nennen die Fliehkraft, die Temperatur der Form und des Metalls, die Entgasung des Metalls und die Kühlung. Beim Schleuderguß tritt eine Verfeinerung und Verdichtung des Gefüges ein. Fehlgüsse, wie sie beim Sandguß auftreten, z. B. Luftblasen, Schaumstellen usw., sind beim Schleudergußverfahren ausgeschlossen. Durch das Schleudern können unbedingt genaue Wanddicken gewährleistet werden; daher sind große Bearbeitungszugaben nicht notwendig.

Geschleudert werden die mannigfaltigsten Schwermetalle und Leichtmetalle und ihre Legierungen. Für folgende Gebiete hat der Schleuderguß große Bedeutung erlangt: Zylinder für Papiermaschinen, Druckwalzen für

[1]) Berichtet haben *E. Seidl* und *E. Schiebold*. Das Verhalten inhomogener Aluminium-Gußblöckchen beim Kaltwalzen, Z. f. Metallk. Bd. 17 (1925) S. 221; *E. Seidl* und *E. Schiebold*, Das Verhalten von Industriekupfer bei der Beanspruchung, erläutert bei Kaltbehandlung, Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 241; *P. Siebe* und *L. Katterbach*, Über Gefügeaufbau und Oberflächenbildung bei gegossenem Kupfer, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 177; *W. Wunder*, Das Einreißen amerikanischer Elektrolytkupfer-Drahtbarren beim Warmwalzen, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 275; *O. Bauer* und *G. Sachs*, Die Bedeutung des Gußgefüges für die Eigenschaften von Kupfer, „Metall und Erz" Bd. 24 (1927) S. 154.

[2]) Diese Deutung der Ausbildung von Lunkern entspricht nicht der Theorie von *Claus* und *Goederitz*, die als entscheidend für die Ausbildung von Lunkern ganz allgemein das Verhältnis der Volumenschwindmaße des flüssigen (und flüssigen + teigigen) Zustandes und des festen Zustandes ansehen.

[3]) Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 278.

[4]) Zur Ergänzung der von *Schreiber* gebrachten Zahlenunterlagen weise ich auf folgende Arbeit hin: *G. Schreiber*, Bitterfeld, Zwangsläufige Einflüsse des Gießvorganges auf die Festigkeitseigenschaften von Aluminium- und Magnesium-Legierungen und ihre Bedeutung für den Konstrukteur, Z. f. Metallk. Bd. 19 S. 456.

[5]) Vergl. *Pardun*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1113.

petenindustrie, Kolbenüberzüge für Pumpen, Lagerchsen, Kalanderwalzen, Siebzylinder und Wellenbezüge. ı letzter Zeit hat die Herstellung von Kegel- und Zahnidern für die Kraftwagen- und Maschinenindustrie erhöhte ufmerksamkeit gewonnen. Leider erwähnte *Simon* nicht as Schleudergußverfahren für Walzplatten für Phosphorronzedraht, das schon seit Jahrzehnten in der Industrie ekannt ist.

In der Aussprache wies ich auf zwei umfassende und rkenntnisreiche Arbeiten aus der englischen Industrie hin[6])

**Einiges über Lagermetalle auf Blei-Antimon-Zinn-Basis**

esprach Reichsbahnrat *Hugo Müller*, Göttingen. Bleiasis-Lagermetalle aus den Stoffen Blei, Antimon und Zinn urch Zusätze von anderen Stoffen zu verbessern, hat sich nmer mehr als notwendig erwiesen, in dem Bestreben, inen vollwertigen Ersatz für Zinn-Lagermetalle zu haffen.

Hauptsächlich wurden hierfür Kupfer und Nickel verendet, die der Steigerung der Härte und der Unterbindung on Entmischungen dienen. Nicht immer wurde dabei aran gedacht, die verbesserten Legierungen in Einklang u bringen mit den Vorbedingungen für wirtschaftliches chmelzen, Vergießen und Verarbeiten, also in Einklang zu ringen mit den Vorbedingungen für die Erzielung von räzisionsguß.

Der Vortragende berichtete zunächst, ausgehend von en Gefügebildern des von *Heyn* und *Bauer* bearbeiteten reistoffsystems, Blei-Antimon-Zinn, über die Kristallarten, ie durch Zusätze von Kupfer und Nickel gebildet werden. ies sind die Verbindungen $Cu_2Sb$ und NiSb. Ein weiteres ustandsbild zwischen den beiden Verbindungen gibt Aufchluß über ihre gegenseitige Beeinflussung und über die age der Haltepunkte, wenn eine oder beide Verbindungen en Dreistofflegierungen Blei-Antimon-Zinn mit 7 + 10 vH inn und 10 + 15 vH Antimon beigegeben werden. Nach

[6]) *Francis W. Rowe*, Bronze worm-Gear blanks produced by entrifugal-casting, Journ. Inst. of Met. Bd. 36 II (1926) S. 191; *R. Genders*, Die-Casting of copper-rich alloys, Journ. Inst. of Met. Bd. 40 II 928) S. 187.

diesen Erkenntnissen ist es möglich, eine Legierung auszuwählen, die den Bedingungen für Präzisionsguß am nächsten kommt.

Diese theoretischen kristallographischen Erwägungen für das Fünfstoffsystem Blei-Antimon-Zinn-Kupfer-Nickel führen nun aber keineswegs unbedingt zu Legierungen, die an Härte, Biegefestigkeit, Dehnung und Gleiteigenschaften z. B. für Lager der Eisenbahnfahrzeuge günstigste Eigenschaften aufweisen. Dies zwingt dazu, weitere Stoffe solchen Legierungen hinzuzufügen, die das Erstarrungsintervall nicht vergrößern dürfen, der Besserung der mechanisch-technologischen Eigenschaften aber dienlich sind.

Notwendigerweise ergibt sich aus der Verwickeltheit aller Beziehungen, daß ein vorbildliches Lagermetall nicht hergestellt werden kann. Die Ausführungen von *Müller* ließen erkennen, daß die planmäßige Forschung bisher zu außerordentlich weitgehender Verbesserung der bisher bekannten Lagermetalle geführt hat, wenn auch die weitere Bearbeitung des Gebietes durchaus noch nicht als abgeschlossen zu bezeichnen ist.

Einen Bericht über eine Arbeit von *Woronoff*, Moskau, gab Dr. *G. Masing*, Berlin-Siemensstadt, in seinem Vortrage:

**„Zur umgekehrten Blockseigerung bei Duralumin“**,

eine Arbeit, die ja bereits in Untersuchungen von *O. Bauer* und *H. Arndt* einen Vorgang besitzt.

*Woronoff* untersuchte eingehend den Einfluß verschiedener Gußbedingungen (Schmelztemperatur, Kokillentemperatur, Gießtemperatur, Massenverhältnisse der Kokille) auf die Seigerungserscheinungen von Duralumin und auf ihre Verteilung im Block. Er kommt zu dem Ergebnis, daß die Seigerungserscheinungen beim Gießen im technischen Betrieb nicht ganz zu unterbinden sind. Die Seigerungserscheinungen erklärte *Woronoff* aus dem Zustandsdiagramm der Duraluminlegierung. *Woronoff* erörterte ferner eine Reihe von Fehlern, die bei Duraluminblechen infolge der umgekehrten Blockseigerung auftreten und die Maßnahmen, mittels derer man sie in erträglichen Grenzen halten kann.

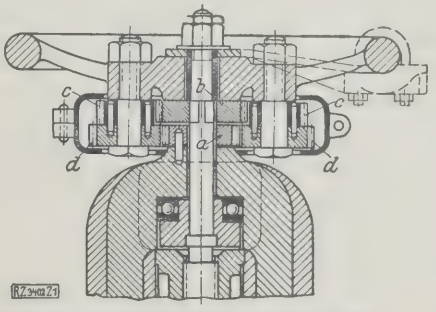
Berlin [N 3162] Dr. *Willi Claus*

# *Kleine Mitteilungen*

## Abschlammschieber für hohe Drücke

Die Yarnall-Waring Co., Philadelphia, versieht ihre Abschlammschieber für Dampfdrücke bis zu 100 at mit einem Planetengetriebe, das eine Übersetzung von 3 : 1 zwischen Handrad und Schieberspindel zuläßt. Das Zahnrad *a*, s. Abb., wird durch einen Bolzen im Säulenaufsatz festgehalten, während das Zahnrad *b* mit der Spindel starr verbunden ist. Die verschieden großen Zahnräder *c* und *d* sitzen lose auf einer gemeinsamen Achse an der Radnabe. („Power“ 14. Mai 1929 S. 796*.)

[M 3402] *Le.*




Schnitt durch das Planetengetriebe eines Abschlammschiebers für hohe Drücke.

*a*, *b*, *c*, *d* Zahnräder

## Stromerzeuger mit Wasserstoffkühlung

Im Kraftwerk Pawtucket der New England Power Co. ist ein Drehstromerzeuger für 12 500 kVA, 60 Hertz, 13 800 V, 900 U/min, aufgestellt worden, der mit Wasserstoff gekühlt wird. Er steht im Freien über einer Grube und ist nur durch ein Eisenblechgehäuse gegen Witterungseinflüsse geschützt. Neben dem Stromerzeuger stehen die Freiluftschalter, Umspanner und Blitzschutzeinrichtungen. Eine ganz ähnliche Maschine für 20 000 kVA steht im Turner-Kraftwerk der Appalachian Electric Power Co. bei Charleston. Gegenüber Kühlung mit Luft konnte die Leistung bei Kühlung mit Wasserstoff um 25 vH und mit Wasserstoff von rd. 1 at Überdruck um 40 vH gesteigert werden. (Journ. Amer. Inst. Electr. Engrs. Juli 1929 S. 530*.) [N 3418 a] *Pa.*

## Fräsmaschine mit selbsttätigem hydraulischem Vorschub

Eine Fräsmaschine, die entweder mit hydraulischem oder mit mechanischem Vorschub ausgerüstet werden kann, wird von der Firma Sundstrand Machine Tool Co., Rockeford, gebaut. Das hydraulische Getriebe erlaubt beliebige Vorschübe zwischen 0 und 1,27 m/min und einen beschleunigten Rückgang mit 2,62 m/min. Beim Fräsen stellt man die günstigste Vorschubgeschwindigkeit ein. Bei ungewöhnlichen Anstrengungen des Fräsers vermindert sich die Vorschubgeschwindigkeit selbsttätig; sie stellt sich nach Rückkehr der früheren Schnittbedingungen wieder auf die frühere Geschwindigkeit ein.

Der Tisch kann selbsttätig mittels einstellbarer Anschläge (Knaggen) auf 0,05 mm genau umgesteuert werden. Der Abstand vom Tisch bis zur Mitte der Frässpindel ist von 66,7 mm bis 349 mm veränderlich. Die Frässpindel macht 30 bis 278 U/min. Zum Antrieb dient ein Elektromotor von 5 PS bei 1200 U/min. („American Machinist“ 3. August 1929 S. 1024*.) [N 3418 b] *Schr.*

## Kohlenumschlaganlage für 800 t/h

Die vor kurzem in Ellesmore Port am Manchester-Kanal in Betrieb genommene Anlage dient zum Umladen von Kohlen aus Eisenbahnwagen in Schiffe und besteht aus zwei unabhängig von einander arbeitenden Teilen von gleichen Abmessungen und Leistungen. Vom Bunker des Eisenbahn-Wagenkippers gelangen die Kohlen auf eine gelochte Rutsche, die mit Hilfe von Exzentern über ein Wechselgetriebe durch einen Elektromotor hin- und herbewegt wird, sodann über eine ortfeste Rutsche zu einem Förderband. Diese Rutsche ist in der Förderrichtung des anschließenden Bandes geneigt. Da sich außerdem die Geschwindigkeit der hin- und hergehenden Rutsche entsprechend der Geschwindigkeit des Bandes (rd. 1,8 m/s) mittels des Getriebes ändern läßt, werden die Verluste durch Abrieb sehr gering.

Die beiden Kipper hat man rd. 61 m von der Kaikante entfernt angeordnet. Jedes der beiden anschließenden Bänder von je 38,5 m Länge ist unten am Kipper schwenkbar. Auf der Wasserseite stützen sie sich auf kreisbogenförmige Fahrbahnen von 47,5 m Halbmesser. Das vom Kipper be-

diente Band versorgt ein zweites Band von 39,5 m Länge, dessen Tragwerk etwa zur Hälfte vorn am Tragwerk des ersten Bandes teleskopartig ausschiebbar, zur Hälfte nach oben und unten schwenkbar ist. Von hier gelangen die Kohlen über eine Schurre ins Schiff.

Über der Stütze auf der Wasserseite befindet sich die Maschinenanlage für den Antrieb der Bänder und das Tragwerk des zweiten Bandes. Mit den beiden nebeneinander arbeitenden Anlagen kann man rd. 79 m Schiffslänge bestreichen. („The Engineer" 2. August 1929 S. 115*.)

[N 3418 c] *Sd.*

### Aus Stahl gepreßte Lagerschalen

Die Buick Motor Co. hat in diesem Jahr in ihrer Fabrik das Verfahren durchgeführt, die Lagerschalen für die Kurbelwellen ihrer Kraftwagenmotoren aus Stahl herzustellen. 4,76 mm dicke Bänder aus weichem Kohlenstoffstahl (S A E 1020), deren Breite etwa dem Umfang der Lagerschale entspricht, werden in Streifen zerschnitten und diese werden dann in mehreren Arbeitsgängen so zusammengebogen, daß ihre aufeinanderstoßenden Enden unter Druck zusammenhalten. Die zylindrischen Hülsen werden sodann, ohne daß man die Enden verbindet, nach dem Ablasen mit dem Sandstrahl und nach Aufrauhen der Oberfläche in der üblichen Weise geätzt, verzinnt und nach dem Spritzgußverfahren mit Weißmetall ausgegossen, worauf sie zerschnitten und fertig bearbeitet werden. Lagerschalen mit Flanschen werden aus den angelieferten Stahlbändern topfartig gezogen. Der Boden wird sodann abgestochen und der entstehende Rand umgebördelt.

Die Verwendung von Stahl für solche Lagerschalen ist nicht neu, doch hatte man früher manche Bedenken dagegen, namentlich weil sie nach dem Ausschmelzen des Weißmetalls die Kurbelwelle stark angreifen. Anderseits bietet das Verfahren den Vorteil, daß das Weißmefall an Stahl sehr fest haftet und die Lagerschale bei verhältnismäßig kleiner Wanddicke sehr steif ist. („Automotive Industries" 20. Juli 1929 S. 78/80.)

[N 3418 d] *H.*

### Autobushof als Rundhaus in einem Hotel

Ein gegenwärtig im Bau befindliches großes Hotel in New York wird innerhalb des Gebäudes zur Abwicklung des eigenen Reisendenverkehrs einen Kraftomnibushof mit zehn Ständen erhalten, die sternförmig um eine Drehscheibe angeordnet sind. Die ankommenden Wagen gelangen von der Straße aus durch die Einfahrt, in der die Reisenden aussteigen und das Gepäck ausgeladen wird, auf die Drehscheibe und fahren, nachdem sie von der elektrisch betriebenen Drehscheibe vor einen leeren Stand gedreht sind, mit eigener Kraft in den Stand ein. Die Ausfahrt ist gegenüber der Einfahrt um rd. 60 ° versetzt. Die Straße, an der diese Seite des Hotels liegt, ist eine Einbahnstraße; die Ein- und Ausfahrt sind so angeordnet, daß man, ohne vor dem Haus wenden zu müssen, ein- und ausfahren kann. Der Durchmesser der Drehscheibe beträgt rd. 10,7 m, die Länge der Stände rd. 9 m. Aufzüge, Wasch- und Warteräume dienen der Bequemlichkeit der Fahrgäste. („Bus Transportation" Juli 1929 S 389*.) [N 3418 e] *Ro.*

### Geschweißte Stahlboote

Auf Grund von Versuchen, die sich über ein Jahr erstreckt haben, bauen jetzt die Vereinigten Staaten für Heereszwecke eine Flotte geschweißter Motorboote, die als Schlepper auf dem Mississippi und seinen Nebenflüssen dienen sollen. Man verbindet die Nähte und Stöße der ga aus Stahl gebauten Boote mittels elektrischer Lichtboge schweißung und nietet nur das vorderste Schott, um es g gebenenfalls leichter entfernen zu können. Die Boote hab 8,5 m Länge, 2,1 m Breite und rd. 0,7 m Seitenhöhe. S sind für geringen Tiefgang bestimmt und haben ein flachen Boden mit leicht abgerundetem Heck und scha ansteigendem Bug. Ein Sechszylindermotor von 125 PS a geschweißter Grundplatte verleiht dem Boot eine G schwindigkeit von rd. 11 Kn. (Engineering News-Reco 25. Juli 1929 S. 157*.) [N 3418 f] *Bl.*

### Luftverkehr in Kanada 1928

Der Luftverkehr in Kanada hat im Jahre 1928 bede tend zugenommen, Zahlentafel 1. In Zusammenarbeit m der Regierung wurden in der Provinz Ontario, um Wal brände rechtzeitig zu melden, 25 Flugzeuge eingesetzt, d 6227 Flugstunden (1927: 4861) zurücklegten. Die Weste Canada Airways, Winnipeg, hat 536,4 t Fracht beförde d. h. mehr als in Kanada während des Jahres 1927 v Flugzeugen mitgenommen wurde. Die elf betrieben Luftstrecken hatten 3430 km Gesamtlänge. In 2900 Flu stunden wurden für Vermessungszwecke 168 870 km², hie von 81 325 km² durch senkrechte Aufnahmen, erfaßt. („T Engineering Journal" Juli 1929 S. 432.)

**Zahlentafel 1**
**Die wichtigsten Angaben über den Luftverkehr in Kanada**

| | 1925 | 1926 | 1927 | 1928 |
|---|---|---|---|---|
| Luftverkehrsunternehmungen . . . | 8 | 14 | 20 | 53 |
| Flugstunden . . . . | 4 091 | 5 860 | 12 070 | 43 071 |
| Fluggäste . . . . | 4 897 | 6 436 | 18 932 | 74 669 |
| zurückgelegte Flugstrecke . . . . km | 714 635 | 1 010 745 | 2 278 450 | 4 614 04 |
| Fracht . . . . . t | 266,5 | 326,1 | 494,3 | 962,1 |
| Post . . . . . „ | 0,468 | 3,28 | 6,61 | 142,5 |
| zugelassene Flughäfen . . . . . | 34 | 34 | 36 | 44 |
| zugelassene Flugzeuge . . . . . | 39 | 44 | 67 | 264 |

[N 3418 g] *Gw.*

### Schwedens Verbrauch an elektrischer Energie

Schwedens Industrie hatte im Jahre 1926 Antrie maschinen von 1,19 Mill. kW Leistung. Davon war 77 vH elektrisch; der nicht elektrische Teil war seit 19 annähernd gleich geblieben. Auf den Arbeiter bezogen, i die Antriebleistung von 1 kW im Jahre 1900 auf 3,2 kW i Jahre 1926, die elektrische Antriebleistung im gleich Zeitraum von 0,1 kW auf 2,4 kW gestiegen. Die elektr chemische Industrie hat im Jahre 1926 800 Mill. kWh ve braucht, d. s. rd. 23 vH der gesamten schwedischen Stro erzeugung von über 4 Milliarden kWh. In Elektrokesse wurden rd. 7 vH der Stromerzeugung verbraucht, rd. 53 v bezogen die nichtchemischen Fabriken, 11,7 vH die Hau halte und andere Kleinverbraucher, 4,3 vH die Eisen- u Straßenbahnen, den Rest von 1 vH verschiedene Abnehm („Electrical World" 27. Juli 1929 S. 184.)

[N 3418 h] *Pa.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Das Elektrostahlverfahren.** Nach *F. T. Sisco*, „The Manufacture of Electric Steel", umgearb. und erweitert von *St. Kriz*. Berlin 1929, Julius Springer. 291 S. m. 123 Abb. Preis 22,50 *RM*.

In sehr geschickter Zusammenstellung sind in dem Buch alle Fragen behandelt, die die Herstellung des Elektrostahls und die konstruktiven Grundlagen der elektrothermischen Schmelzeinrichtungen betreffen. Die Ausführungen sind insofern von besonderem Wert, als eine ganze Anzahl von namhaften Fachleuten und Firmen die Mittel zur bildlichen Veranschaulichung und zahlenmäßigen Ergänzung seiner Schilderungen zur Verfügung gestellt haben und sie sich auf Literaturangaben stützen, die geeignet sind, die in dem Werk gegebenen Anregungen zu erläutern. Die Mitteilung praktischer Erfahrungen aus der Metallurgie des Elektroofens läßt die Vorzüge des elektrometallurgischen Verfahrens klar in Erscheinung treten.

Zusammenfassend sei gesagt, daß man beim Lesen d Buches den Eindruck gewinnt, daß der Verfasser sich b müht hat, mit dem Werk nicht nur dem Hüttenmann ein klaren Überblick über alles, was mit der Elektrotherm des Ofens in metallurgischer und ofentechnischer Beziehu zusammenhängt, zu geben, sondern auch den Elektroing nieur und Ofenbauer auf ihre Kosten kommen zu lasse indem er ihnen, wenn auch oft nur andeutungsweise, geei nete Anregungen zum Aufbau solcher Ofenanlagen bringt.

Gerade die Zusammenfassung von metallurgischen u konstruktiven Gesichtspunkten gibt der Abhandlung ein ganz besonderen Vorzug, und es dürfte dem Verfasser g lungen sein, diese sich zum Ziel gesetzte Aufgabe bei d Abfassung seines Buches glücklich zu lösen.

Wenn auch nach der Drucklegung gerade auf metallu gischem Gebiete die Entwicklung manche in dem Buch nicht berücksichtigte Neuerung gebracht hat, so wird trot

em das bisher Dargebotene dadurch nicht entwertet, sondern nur die Anregung gegeben, in einer späteren Auflage ie gemachten Mitteilungen zu erweitern und zu ergänzen. [E 3155] *Groß*

Mitteilungen der Preußischen Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, Berlin, 4. H.: **Widerstandsmessungen an umströmten Zylindern von Kreis- und Brückenpfeilerquerschnitt.** Von *F. Eisner*. Berlin 1929, Julius Springer. 98 S. mit 63 Abb. Preis 10 *RM*.

Es handelt sich hierbei um das Ergebnis von Versuchen, die von *H. Krey*, dem verstorbenen Leiter der genannten Anstalt, bereits vor dem Kriege letzten Endes zu dem Zweck begonnen worden sind, Fragen des Schiffswiderstandes durch Abtasten der Druckverteilung an umströmten Zylindern verschiedener Querschnittform mit dem Pitotrohr zu klären. Daneben sollte der Widerstand gemessen und das Wellenprofil durch stereokinematographische Aufnahmen der Oberfläche festgehalten werden. Der Verfasser hat sich nun nicht nur damit ein großes Verdienst erworben, daß er die bisher vorliegenden Ergebnisse gesammelt und im Lichte der heutigen hydrodynamischen Theorien übersichtlich dargestellt hat, sondern vor allem auch dadurch, daß er das Gesamtergebnis kritisch betrachtet. Kreiszylinder von verschiedenem Durchmesser ergaben in einem weitreichenden kritischen Bereich Widerstände, die sich durch Ähnlichkeitsbetrachtungen nur mangelhaft zusammenfassen lassen. Die Auswertung der stereokinematographischen Aufnahmen war für eine dauernde Verwendung des Verfahrens zu mühsam. Besonders hingewiesen wird auf die Schaffung einer neuen Theorie von *Zeilon*, die die Druckverteilung an umströmten Kreiszylindern und damit auch den Kielwasserdruck gut wiedergibt. [E 3195] *W. Schmidt*

**Der durchlaufende Träger.** Von *A. Kleinlogel* und *Gustav Sigmann*. Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 184 S. m. 200 Abb. Preis 17 *RM*.

Das Werk ist eine in sehr übersichtlicher Weise zusammengestellte Formelsammlung, ähnlich den in Bauingenieurkreisen weit verbreiteten „Rahmenformeln“ und „mehrstieligen Rahmen“ von Prof. Dr.-Ing. *Kleinlogel*. Das Buch enthält fertige Formeln für die Stützenmomente von zweifeldrigen bis fünffeldrigen Balken mit frei beweglichen und eingespannten Endauflagern. Bei der Aufstellung der Formeln ist die Verschiedenheit der Feldweiten und Trägheitsmomente berücksichtigt; die zur Berechnung erforderlichen „Belastungsglieder“ sind in einem besonderen Abschnitt für eine große Zahl von Belastungsfällen zusammengestellt.

Weiterhin sind auch Formeln für die Stützenmomente symmetrischer, durchlaufender Träger bis zu sieben Stützen vorhanden, endlich noch Tabellen für durchlaufende Balken gleicher Feldsteifigkeit und gleicher Belastungswerte. Besonders erwähnenswert ist der der Formelsammlung vorangesetzte Teil I, der eine außerordentlich klare Einführung in die Theorie der durchlaufenden Träger gibt.

Das Werk ist im ganzen so beschaffen, daß die Bearbeitung von allgemeinen und auch von Sonderfällen leicht möglich ist; als ein außerordentlich brauchbares Hilfsmittel ist es dem praktisch tätigen Bauingenieur sehr zu empfehlen. [E 3174] *Fr. Cohn*

**Vom Wasser.** Ein Jahrbuch für Wasserchemie und Wasserreinigungstechnik. Herausgeg. von der Fachgruppe für Wasserchemie des Vereins Deutscher Chemiker. 2. Bd.: 1928. Berlin 1928, Verlag Chemie. 280 S. m. 72 Abb. und 1 Taf. Preis 16 *RM*.

Der vor kurzem erschienene zweite, 280 Seiten starke Band bringt die während der 41. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Chemiker in Dresden 1928 in der Fachgruppe für Wasserchemie gehaltenen Vorträge nebst der sich an die Vorträge anschließenden Aussprache. Nach einem Vorwort des Schriftführers der Fachgruppe, Dr. *Bach*, Essen, der sich um die Herausgabe des Buches bemüht hat, sind aus der großen Zahl der Beiträge namhafter Fachleute die von Prof. Dr. *Haupt*, Bautzen, *Olszewski*, Dresden, Dr. *Ornstein*, Berlin, Dr. *Splittgerber*, Wolfen, Dr. *Smit*, Amsterdam, zu nennen, und zwar über Fortschritte in der Reinigung von Oberflächenwasser, ferner über Chlorung von Trinkwasser, Schwimmbeckenwasser und Abwasser, über moderne Schnellfilter für Wasserreinigung, Bewertung der Kolibefunde im Trinkwasser, Behandlung von Kesselspeisewasser für Höchstdruckkessel und Methoden zur Verhütung der Kesselsteinbildung, über Ausfaulung von Klärschlamm und Gasgewinnung und über Flußwasserkläranlagen.

Der Inhalt des in Druck und Ausstattung vorzüglichen Buches bietet sowohl für den Ingenieur als auch für den Chemiker viel Interessantes und Neues auf dem Gebiete der Wasser- und Abwasserreinigung. Die Anschaffung des „Jahrbuches“ kann daher bestens empfohlen werden. [E 3173] *v. B.*

**La Pratique des Machines Frigorifiques.** Von *G. Vassogne*. Paris und Lüttich 1928, Ch. Béranger. 249 S. m. 62 Abb. Preis 60 frcs.

Das Buch stellt eine gemeinverständliche Einführung in die Kältetechnik dar und ist in erster Linie für solche Leser bestimmt, die sich in großen Zügen über dieses Gebiet orientieren wollen. Die Darstellung ist einfach und klar, geht aber nirgends in die Tiefe und entbehrt oft der wünschenswerten Präzision. Die thermodynamischen Grundlagen beschränken sich auf die beiden Hauptsätze und den idealen Gaszustand. Die Berechnungen stützen sich vorwiegend auf Faustformeln. In den Konstruktionskapiteln findet man nur die älteren, bewährten Bauarten von Kompressoren und Apparaten; die moderne Entwicklung auf diesem Gebiet ist noch nicht berücksichtigt. Von den Anwendungen der künstlichen Kälte ist nur die Eiserzeugung und die Lebensmittelkühlung gestreift. Die letzten 40 Seiten enthalten die wichtigsten Tabellen der thermischen Werte.

Eine nennenswerte Bereicherung der kältetechnischen Literatur ist durch die Herausgabe des Buches nicht eingetreten. [E 3172] *R. Plank*

Chemie in Einzeldarstellungen. Herausgeg. von *Julius Schmidt*. 14. Bd.: **Die künstlichen Harze.** Von *Johannes Scheiber* und *Kurt Sändig*. Stuttgart 1929, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 376 S. m. 29 Abb. Preis 28 *RM*.

Die vorliegende Arbeit ist wohl die erste deutsche dieses Fachgebiet so weit umfassende; hervorzuheben ist die Sorgfalt der Bearbeitung, besonders auch im Zusammenhang mit den vielen Schriftwerk- und Patenthinweisen. Der Chemiker wird dieses Buch ebenso begrüßen wie der Ingenieur, besonders der letztere hatte für das Studium viel Nachschlagearbeit in meist ausländischen, ihm schwer zugänglichen Schriftwerken nötig.

Zur Übersicht der Eigenschaften im speziellen Teil ist zu sagen, daß die Gegenüberstellung mit Hartgummi und Vulkanfiber, wenn schon Vergleiche gemacht werden, nicht glücklich gewählt ist. Diese beiden Werkstoffe kommen heute nur noch in sehr geringem Umfange für Isolationen zur Anwendung. Wichtiger wäre ein Vergleich mit anderen Werkstoffen, insbesondere mit den keramischen gewesen, die heute zusammen mit den Kunstharzmassen den Markt versorgen. Tatsächlich sind Porzellan und Steatit lediglich in einer Fußnote in bezug auf Schwindung berücksichtigt, die sonstigen, für viele Zwecke aber ausschlaggebenden, überlegenen Eigenschaften sind nicht erwähnt, die Arbeit ist also hier bedauerlicherweise geeignet, den Leser einseitig zu beeinflussen.

Für den Verbraucher wäre die weitere Behandlung der mechanischen Eigenschaften von Nutzen, die Angabe der Zugfestigkeit allein genügt nicht; dazu fehlt die Anführung der Querschnitte, die gerade bei Kunstharzteilen praktisch sehr beschränkt sind. Die Zusammenstellung der aus Kunstharz herzustellenden Gegenstände müßte Einschränkungen erfahren, mehrere der aufgeführten Teile fallen heute wegen der geringen Wärmebeständigkeit aus, die Fertigung von Isolatoren, insbesondere Hochspannungsisolatoren, ist ebenfalls an gewisse Beschränkungen gebunden. Die Kunstharzmassen geben für den Leichtbau in vielen Industrien einen sehr beachtenswerten Werkstoff, für größere Teile und Wärmebeanspruchung sind sie dagegen nur bedingt verwendbar. Vielleicht finden die Anregungen für eine spätere Neuauflage Beachtung. [E 3122] *W. Demuth*

**Mechanische Technologie für Maschinentechniker.** (Spanlose Formung). Von *Willy Pockrandt*. Berlin 1929, Julius Springer. 292 S. m. 263 Abb. Preis 14,50 *RM*.

Der Verfasser beschränkt sich nach dem Vorwort in diesem neuen Buch über mechanische Technologie auf die spanlose Formung, soweit sie den Maschinenbau angeht. Daher will er auch die Stoffkunde und Stoffprüfung nur so weit bringen, als zum Verständnis nötig erscheint. Trotzdem ist dieser Abschnitt reichhaltig und gut zusammengestellt.

Die Formerei und Gießerei werden sehr ausführlich behandelt und alle vorkommenden Verfahren und Maschinen sind durch genaue Beschreibung und Bilder eingehend erläutert. Auch die Kapitel über Schmiedeöfen, Maschinenhämmer und Pressen bieten viel, während das Schmieden selbst ziemlich knapp behandelt ist. Das Verhalten des Werkstoffes beim Schmieden und die Schmiedefehler könnten noch berücksichtigt werden. In den Abschnitten über Schweißen und Schneiden mit Sauerstoff ist die Bedeutung dieser Verfahren für den neuzeitlichen Maschinenbau nicht genug unterstrichen, besonders im Hinblick auf Ersatz von Guß- und Schmiedestücken durch geschweißte Teile. Auffallend ist, daß das umfangreiche Gebiet des Walzens gar nicht erwähnt wurde, obwohl es zur spanlosen Formung gehört.

An einzelnen Stellen wären Abbildungen erwünscht, z. B. Skizzen des Hochofens, vom Bessemerverfahren, von einfachen Handwerkzeugen des Formers und Schmiedes.

An passender Stelle sind zahlreiche Hinweise für richtiges Konstruieren und Angaben über die Wirtschaftlichkeit der Verfahren gegeben, und der Verfasser ist bemüht, nicht nur das „Wie", sondern auch das „Warum" zu bringen. Die neuesten Theorien und Verfahren sind berücksichtigt, ebenso die Arbeiten des Deutschen Normenausschusses und des Deutschen Ausschusses für technisches Schulwesen. Reichhaltige Literaturangaben regen zum Weiterstudium an.

Das Buch kann sowohl Studierenden, die über einige praktische Kenntnisse verfügen, wie auch dem Ingenieur der Praxis zum Studium oder als Nachschlagewerk bestens empfohlen werden. [E 3143] *K. Seidler*

**Deutsche Hochschulstatistik.** Herausgeg. von den Hochschulverwaltungen. Winterhalbjahr 1928/29. Berlin 1929, Struppe & Winckler. 248 S. Preis 14 *RM.*

Die amtliche Deutsche Hochschulstatistik über das Winterhalbjahr 1928/29 ist nunmehr erschienen. Sie hat durch Zusammenfassungen einige Einschränkungen im Umfang erfahren, ohne indessen an Wert zu verlieren. Die wichtigsten der vielen und eingehenden Zahlenangaben sind ausgewertet in zwei einleitenden Berichten über „Das Studium an den deutschen Universitäten und Technischen Hochschulen bis zum Winterhalbjahr 1928/29" von Dr. *K. Keller*, Berlin, Oberreg.-Rat im Preuß. Statistischen Landesamt, wo die Hochschulstatistik zusammengestellt wurde, und über „Die Unterschiede zwischen den deutschen Universitäten hinsichtlich der Zusammensetzung ihrer Studierenden nach Studienfach, Studienalter und Nationalität" von Dr. *Joh. Müller*, Weimar.

Die Bedeutung der Hochschulstatistik kennzeichnet Min.-Dir. Prof. D. Dr. *Richter* vom Preuß. Ministerium für Wissenschaft, Kunst und Volksbildung mit den Worten: „Die Problematik, die die sogenannte Akademisierung Deutschlands, die gewaltige Steigerung der Frequenzen an Schulen und Hochschulen und die Überspannung des Berechtigungswesens in sich bergen, wird durch die Hochschulstatistik besonders hell beleuchtet."
[E 3156] *Parcy*

ETZ. **Gesamtinhaltsverzeichnis** der 25 Jahrgänge 1903 bis 1927 der Elektrotechnischen Zeitschrift, der Bände 1 bis 18 des Archivs für Elektrotechnik und der VDE-Fachberichthefte 1926 und 1927. Herausgeg. vom Verband Deutscher Elektrotechniker e. V. und Elektrotechnischen Verein e. V. Bearb. von *Franz Moeller*. Berlin 1928, Julius Springer. 653 S. Preis 28 *RM.*

Das Verzeichnis, das einem lebhaften Bedürfnis nachkommt, stellt eine nach einem wohlerwogenen Plan in jahrelangem Bemühen durchgeführte Arbeit dar, bei der man den Rahmen weit gespannt hat: Sonderhefte, die anderwärts — gleichviel ob aus Absicht oder aus Zufall — vernachlässigt werden, sind hier mit einbegriffen; es sind allerdings nur wenige. Dr. *Moeller* hat aber auch das Archiv für Elektrotechnik mit berücksichtigt, zweifellos ein glückliches Beispiel, das auch auf anderen Gebieten Nachahmung verdient. Gewisse Einzelheiten möchte ich von dem Gesichtspunkt aus hier anführen, daß man sie als Grundlage für die Normung wählen soll. Denn wir werden auch für die Zwecke solcher Nachschlagewerke zu gewissen Richtlinien kommen müssen, damit die Benutzung vereinfacht wird.

Zur Aufstellung des Inhaltsverzeichnisses wurde di Gesamtheit der Aufsätze in neun Gruppen geteilt:

I. Grundlegende Fachgebiete (1. Mathematik, 2. Physil 3. Elektrizität usw.),

II. Erzeugung und Umformung (7. Elektrizitätswerk 8. Elektromaschinenbau usw),

III. Verteilung (13. Schaltanlagen, 14. Leitungen usw. Die Unterteilung wurde sehr weit ausgedehnt, so daß z. B Leitungsmaste aus Holz die Kennzeichnung 14. (Leitungen D (Freileitungen), 4. (Maste), a) Holzmaste, erhalten haben in dem Verzeichnis von 11 000 Schlagwörtern findet man Holzmaste 14. D 4 a. Der Kern des Verzeichnisses ist als eine sachlich angeordnete Aufstellung des Inhaltes der ETZ und in jeder der Gruppen stehen die einzelnen Arbeiten in der zeitlichen Folge ihres Erscheinens. Natürlich sind auch hierbei noch Verweisungen erforderlich, doch sind sie auf ein erträgliches Maß gebracht, und man ist vor allem frei von dem zufälligen Ausdruck, den der Verfasser für sein Arbeit gewählt hat. Ich kann mir kaum eine Bücherei oder einen Fachmann denken, die ohne diesen Führer auszukommen vermöchten; der reiche Inhalt der ETZ wird durch das Gesamtinhaltsverzeichnis dem größten Kreise der Benutzer auf bequeme Art zugänglich gemacht.
[E 3142] Dr. *J. Hanauer*

**Kabeltechnik.** Von *M. Klein*. Berlin 1929, Julius Springer 486 S. m. 474 Abb. Preis 57 *RM.*

**Praktische Dimensionierungskurven für Wechselstrommaschinen.** Von *Erich Rummel*. Berlin 1929, Robert Klett & Co. 8 Taf. Preis 2,50 *RM.*

**Das Steinzeug.** Von *Felix Singer*. Braunschweig 1929 Friedr. Vieweg & Sohn. 177 S. m. 25 Abb. Preis 38,50 *RM*, Luxusausg. 60 *RM.*

**Praktischer Eisenbetonbau.** Von *Luz David* und *H. Per* München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 650 S. m. 327 Abb. Preis 32 *RM.*

Lehrbuch der technischen Physik. Herausgeg. von *Georg Gehlhoff*. 3. Bd.: **Physik der Stoffe.** Leipzig 1929, Johann Ambrosius Barth. 555 S. m. 376 Abb. Preis 60 *RM.*

**Manufatti Stradali.** Von *E. Miozzi*. 1. Bd. Mailand 1929 Ulrico Hoepli. 150 Taf. Preis 60 Lire.

## Berichtigungen

### Die Lehrschau „Holz in Königsberg"

In Z. Nr. 31 vom 3. August muß es auf S. 1086 r. Sp letzter Abs. vorletzte Zeile richtig heißen: „. . . und auch der Technik des Holzhausbaues und der freitragenden Konstruktionen . . .". [N 3416 a]

### Der Abschlußdamm der Zuidersee

Zu dem Aufsatz von *V. I. P. de Blocq van Kuffeler* in Z. Nr. 30 vom 27. Juli ist folgendes richtigzustellen. Auf S. 1042 r. Sp. 15. Zeile von unten muß es heißen: „. . . bei Niedrigwasser vorgesehen". Auf derselben Seite r. Sp. 12. Zeile von unten ist statt „auf den Middelgronden" „auf dem Kornwerdersand" zu setzen. Auf S. 1043 l. Sp. 2. Abs. 11. Zeile fällt „Abb. 8" fort, ebenfalls auf S. 1048 r. Sp. 7. Zeile von unten „Abb. 12". Dafür ist auf S. 1049 l. Sp. 17. Zeile hinter „aufgeführt wurde" „Abb. 12" einzusetzen. Die Unterschrift zu Abb. 8 lautet: „Herstellung der Deckschicht aus Geschiebelehm auf dem Sandkörper eines Deiches", die zu Abb. 12: „Die Schließung des Amstel dieps. Die letzten Öffnungen im Geschiebelehmdamm werden aufgefüllt." [N 3416 b]

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T :*


| | Seite |
|---|---|
| Die Großmarkthalle Frankfurt a. M. Von *F. Dischinger* und *U. Finsterwalder* | 1145 |
| Schweißmuffenverbindung in Gasfernleitungen | 1148 |
| Der biologische Faktor in der Technik. Von *W. Ostwald* | 1149 |
| Versuche über den Wasserumlauf in Dampfkesseln. Von *E. Schmidt* | 1151 |
| Aufzeichnung schneller Schwingungen | 1155 |
| Erweiterung der Hochdruck-Speicheranlage des Murg-Schwarzenbach-Werkes. Von *E. Treiber* | 1156 |
| Neuere Bestrebungen im amerikanischen Lokomotivbau. Von *E. Metzeltin* (Schluß) | 1159 |
| Fachtagung für Schweißtechnik | 1164 |
| Aus der Werkstelle der Zeitschriften des Vereines deutscher Ingenieure. Von *H. Fritz* | 1165 |
| Rundschau: Zur Wirtschaftlichkeit der Kraftschlepper für Landmaschinen — Schutzausrüstungen für Isolatorenketten — Schaltgeräte für 200 kV — Schleuderbetonmaste — Ein neuartiger Holzgreifer — Schmelzen und Gießen — Kleine Mitteilungen | 1169 |
| Bücherschau: Das Elektrostahlverfahren. Von *F. T. Sisco* und *St. Kriz* — Widerstandsmessungen an umströmten Zylindern von Kreis- und Brückenpfeilerquerschnitt. Von *F. Eisner* — Der durchlaufende Träger. Von *A. Kleinlogel* und *G. Sigmann* — Vom Wasser — La Pratique des Machines Frigorifiques. Von *G. Vassogne* — Die künstlichen Harze. Von *J. Schreiber* und *K. Sändig* — Mechanische Technologie für Maschinentechniker. Von *W. Pockrandt* — Deutsche Hochschulstatistik — ETZ-Gesamtinhaltsverzeichnis — Eingänge | 1178 |
| Berichtigungen: Die Lehrschau „Holz" in Königsberg — Der Abschlußdamm der Zuidersee | 1180 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 73 SONNABEND, 24. AUGUST 1929 Nr. 34

# Die Druckluft-Formpresse

Von Prof. Dipl.-Ing. U. LOHSE, Hamburg

*Gründe, die zur Einführung von Druckluft bei Formpressen führten. Vorteile des Druckluftbetriebes. Verwendungsgebiete der reinen Pressen und der Preßrüttler. Abhebevorrichtungen. Reine Druckluftformpressen: Bauarten Zimmermann, Badische Maschinenfabrik, Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken, Schwäbisches Hüttenwerk und Herring & Sohn. Vereinigungen von Pressen mit Kleinrüttlern: Bauarten Zimmermann, Badische und Schmirgelfabriken. Vibratoren und Blashähne. Allgemeines über Leistungs- und Luftverbrauchzahlen.*

Bis vor wenigen Jahren noch waren in deutschen Gießereien außer den mit Druckluft betätigten Rüttlern[1]) nur mit Druckwasser betriebene Formpressen[2]) zu finden, während man in den Vereinigten Staaten schon seit langem vom Druckwasser als Betriebsmittel für solche Maschinen abgekommen war. Der Grund ist, daß der Druckluftbetrieb sich nach und nach für viele Zwecke des Gießereibetriebes als zweckmäßig erwiesen hatte, für die man ihn früher wahrscheinlich wegen der großen Gefahr von Betriebstörungen nicht benutzt hatte, wie z. B. für Hebezeuge, Vibratoren, Blashähne, Sandstrahlgebläse, Druckluftwerkzeuge usw. Die Druckluft wird für Formpressen ebenso wie für Rüttler unter einem Druck von 6 bis 7 kg/cm² benutzt.

Gegenüber Druckwasser, das Hin- und Rückleitungen verlangt, braucht die Druckluft nur eine Druckleitung, an die man die einzelnen Formmaschinen mittels Schlauchverbindungen anschließen kann. Daher kann man auch ortbewegliche Formpressen verwenden, was häufig vorteilhaft ist.

Das Preßverfahren ist nur für niedrige Kasten mit nicht zu großen Abmessungen geeignet. Sobald es sich daher um höhere stärker profilierte Modelle handelt, vereinigt man solche Pressen mit einem kleinen Rüttler. Auf diesen Rüttelpressen werden zunächst die tieferen Teile der höheren Modelle verdichtet, worauf die obenliegenden Sandschichten nachgepreßt werden.

### Reine Druckluftformpressen

Die Formpresse, Abb. 1 und 2[3]), hat einen Preßhub von 70 mm und einen Abhebehub von 125 mm. Sie wird für niedrige Modelle und Kastenflächen bis zu 2200 cm² bei 6 at Betriebsdruck verwendet. Die größte zulässige Kastenbreite beträgt 450 mm. Zum Pressen einer Kastenhälfte werden 6 l Druckluft gebraucht.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 109.
[2]) Z. Bd. 53 (1909) S. 1355.
[3]) Bauart Maschinenfabrik G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.

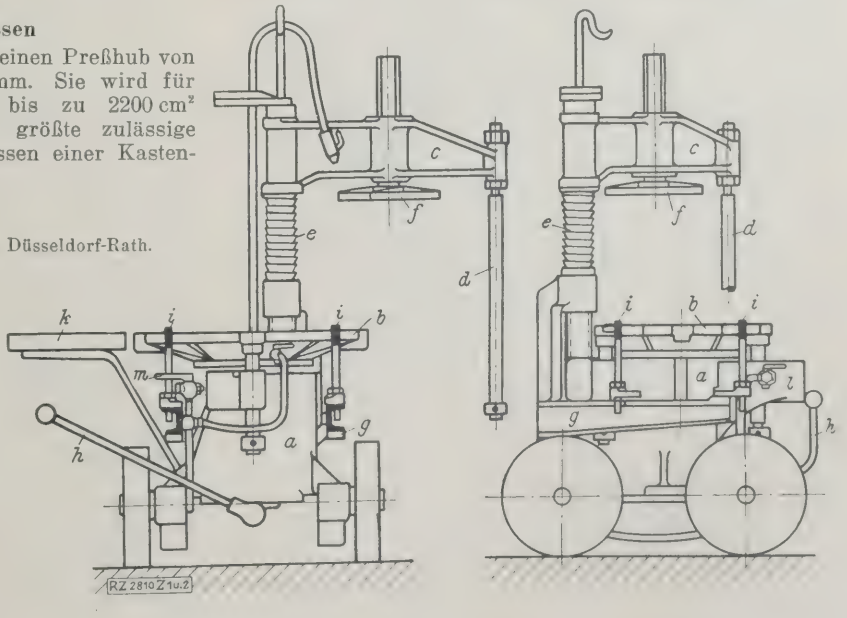



**Abb. 1 und 2**
Druckluft-Formmaschine.
*Maschinenfabrik G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.*

*a* Unterbau für den Preßzylinder
*b* Tisch, oberes Ende des Preßkolbens
*c* Preßholm
*d* Zugstange
*e* Säule
*f* Preßplatte
*g* Gabelförmiger Rahmen
*h* Hebel
*i* Abhebestifte
*k* Abstelltisch
*l* Vorhaltung
*m* Steuerhahn

Der den Preßzylinder tragende Unterbau *a* läuft auf vier Rädern und trägt eine Säule *e*, um die oben der ausschwenkbare Preßholm *c* sich dreht, während in ihrem untern Teil der gabelförmige Rahmen *g* senkrecht geführt ist, auf dem die einstellbaren Abhebestifte *i* mittels Kulissen befestigt sind. Der Rahmen *g* wird durch Umlegen des Hebels *h* auf- und abbewegt. Die Modellplatte wird auf dem das obere Ende des Preßkolbens bildenden Tisch *b* befestigt. Nach Aufsetzen des Formkastens und Füllrahmens wird der Sand eingebracht, worauf durch Vorschwenken des Holms *c* die Preßplatte *f* über den Kasten gebracht wird. Dabei klinkt die Zugstange *d* in eine Vorhaltung bei *l* ein. Durch Öffnen des Steuerhahns *m* wird nunmehr Luft unter den Preßkolben gelassen, wodurch letzterer nach oben steigt und die Preßplatte in den Füllrahmen drückt. Durch Umstellen des Hahns *m* wird der Luftauslaß geöffnet, und die gepreßte Form sinkt nach unten. Wird nach Zurückschwenken des Preßholms *c* der Handhebel *h* umgelegt, so geht die Gabel *g* mit den Abhebestiften *i* nach oben und hebt die Form vom Modell ab; die Form wird dann auf den Tisch *k* abgestellt.

Bei der Maschine, Abb. 3 und 4, ist der obere Teil ähnlich wie bei der vorigen gestaltet, während der Formkasten durch Druckluft abgehoben wird. Es wird eine Druckflüssigkeit benutzt, z. B. dünnflüssiges Öl oder eine Mischung von Wasser mit Glyzerin, um den Abhebekolben hochzutreiben. Die Flüssigkeit tritt anfänglich in geringer

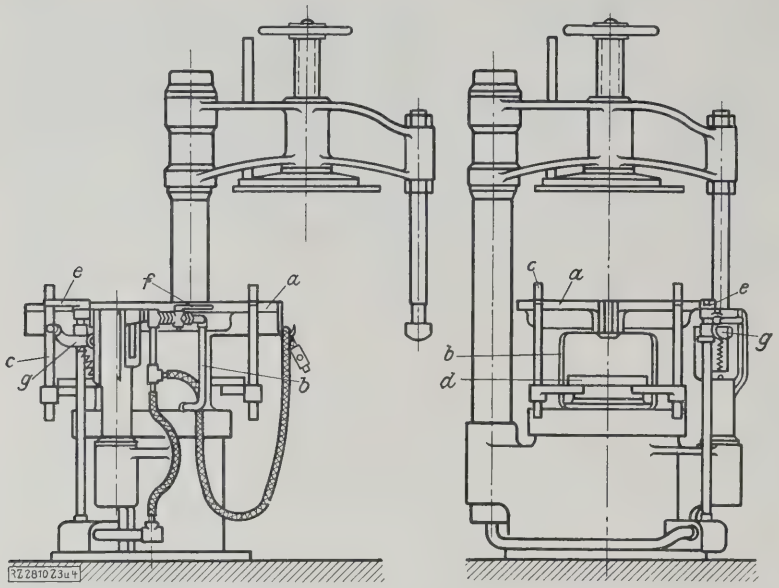



Abb. 3 und 4
Druckluft-Formmaschine.
*Maschinenfabrik G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.*

| | |
|---|---|
| *a* Modelltisch | *d* Abhebeplatte |
| *b* Verbindung von *a* mit Preßkolben | *e* Steuerhahn zum Pressen |
| *c* Abhebestifte | *f* Steuerhahn zum Abheben |
| | *g* Vorhaltung für Zugstange |

Menge unter den Abhebekolben, um die Trennung der Form allmählich einzuleiten. Mit zunehmender Trennung vergrößert sich dann die Geschwindigkeit, um gegen Ende der Bewegung durch Federn wieder verlangsamt zu werden. Der Abhebekolben geht mit gleichbleibender Höchstgeschwindigkeit zurück. Der Preßsteuerhahn kann bei beiden Maschinen nur betätigt werden, wenn die Zugstange des Preßholms in die Vorhaltung eingeschnappt ist. Bei 6 at Druck kann die Kastenfläche 2500 cm² betragen. Die größte Kastenbreite beträgt 480 mm, der Preßhub 75 mm, der Abhebehub 100 mm. Für eine Kastenhälfte werden im Mittel 7 l Druckluft gebraucht. Auch diese Maschine kann fahrbar geliefert werden.

Sollen sehr flache Modelle größerer Abmessungen geformt werden, so muß man Schorenkasten benutzen, da sonst der Sand leicht beim Abheben herausfällt. Weil sich nun aber der Preßdruck, der von oben auf den Sand wirkt, nicht unter die Kastenschoren fortsetzt, preßt man dann besser mit Druck von unten, wofür die Formpresse, Abb. 5, gebaut wurde. Die zwecks Verdichtung erforderliche Sandzugabe befindet sich unter dem Formkasten und wird beim Pressen von unten her in den Kasten gedrückt. Infolgedessen wird die Form auch unter den Schoren gleichmäßig fest. Der Gegenpreßholm wird bei dieser großen Kastenfläche mit Rücksicht auf Raumersparnis hochgeklappt. Man verwendet Kasten von etwa $500 \times 1000$ mm². Der Preßhub beträgt 70 mm, der Druckluftverbrauch für die Kastenhälfte etwa 35 l.

Bei der Druckluft-Formpresse, Abb. 6 und 7[4]), ist der Preßholm zurücklegbar angeordnet, die Form wird mit der Hand abgehoben. Sie wird in zwei Größen geliefert, u. zw. für Kastenabmessungen $360 \times 440$ und $600 \times 800$ mm² und einen Abhebehub von 130 mm. Bei 50 mm Preßhub werden zum Verdichten einer Formhälfte mit 6 at Druckluft 6 und 7 l verdichtete Luft verbraucht.

Die Maschine kann auch mit Preßluftabhebung ausgerüstet werden. In Abb. 8 ist die Presse einer solchen Maschine im Schnitt dargestellt. Der Abhebezylinder *f* ist im Preßkolben *b* untergebracht. Nachdem die Pressung vollzogen und der Preßkolben in die Grundstellung wieder heruntergesunken ist, wird durch das am oberen Rande des Abhebekolbens *g* befindliche Loch Druckluft in seinen inneren Hohlraum gelassen. Sie treibt das flüssige Druckübertragungsmittel durch den Ringspalt im Boden des Abhebekolbens und bewirkt, daß er ansteigt.

[4]) Bauart Badische Maschinenfabrik, Durlach.

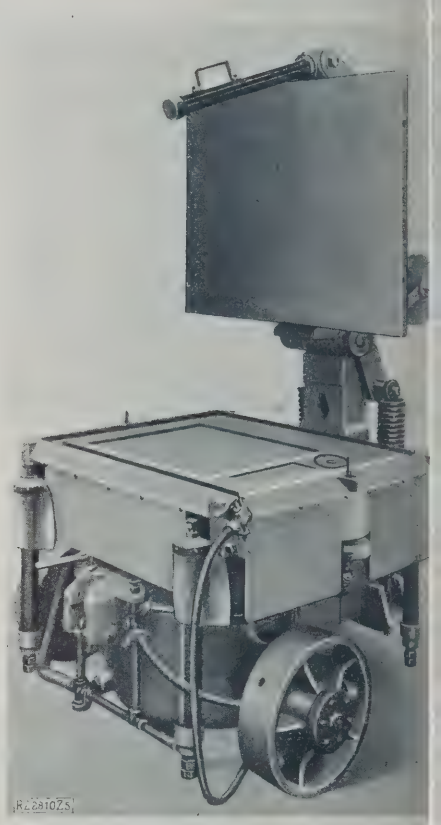


Abb. 5. Druckluft-Formpresse mit untere Sandfüllrahmen.
*G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.*

Eine grundsätzlich gleich wirkende Anordnung, Abb. und 10[5]), ist mit aufklappbarem Preßholm eingerichte der durch ein Gegengewicht ausgeglichen ist. Das Druck tritt hier aus dem Innenraum des Abhebekolbens *r* in de Abhebezylinder *q* durch ein selbststeuerndes Boden ventil *u* über. Die Maschinen werden für Kastengröße $400 \times 300$ bis $800 \times 600$ mm² in vier verschiedenen Größe mit Handhebel-Aushebung gebaut, von denen die beide kleinsten 150 mm größten Abhebehub aufweisen, währen die andern Größen einen solchen von 100 mm haben. Solle Abstreifplatten benutzt werden, so beträgt der Aushu 150 mm und von $600 \times 500$ mm² Kastenfläche ab 200 mm Die beiden größten Anordnungen für Kasten von $700 \times 7$ bis $1320 \times 860$ mm² sind mit Druckluftaushebung, Abb. ausgerüstet.

Eine kleine fahrbare Formpresse, Abb. 11[5]), für Form kasten $400 \times 300 \times 100$ und $600 \times 400 \times 150$ mm³ ha Handabhebung. Die vier Abhebestifte werden durch de an der Maschine links unten ersichtlichen Hebel betätig Ein neben dem Preßzylinder angeordnetes Knieventil dien zum Ingangsetzen des Vibrators während des Abhebens Mittels eines am zurücklegbaren Preßholm befestigte Manometers regelt man die Sandpressung. Der Druck luftverbrauch für eine Kastenhälfte beträgt etwa 6 Vibrator und Blasventil verbrauchen zusammen 9 l Druckluft. Der Handgriff zum Bewegen des Preßholm dient gleichzeitig zum Öffnen und Schließen des Druck luftventils mittels einer Drehung von 90 °. Die Maschin wird auch ohne Abhebeeinrichtung geliefert. Es könne auf ihr bei Verwendung von Abschlagkasten auch Sand blockformen hergestellt werden.

Bei höheren Modellen, namentlich solchen mit in de Oberkasten hineinragenden Kernen, die hängend gepreß und stehend abgehoben werden müssen, benutzt man da Wendeplattenverfahren, für das die Wendeplattenpress Abb. 12 und 13[5]), eingerichtet ist. Die Kasten habe $460 \times 570$ mm² lichte Fläche; der Preßhub beträgt 120 mm In Abb. 12 und 13 ist die Modelleinrichtung mit auf di

[5]) Bauart Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken, A.-G Hannover-Hainholz.

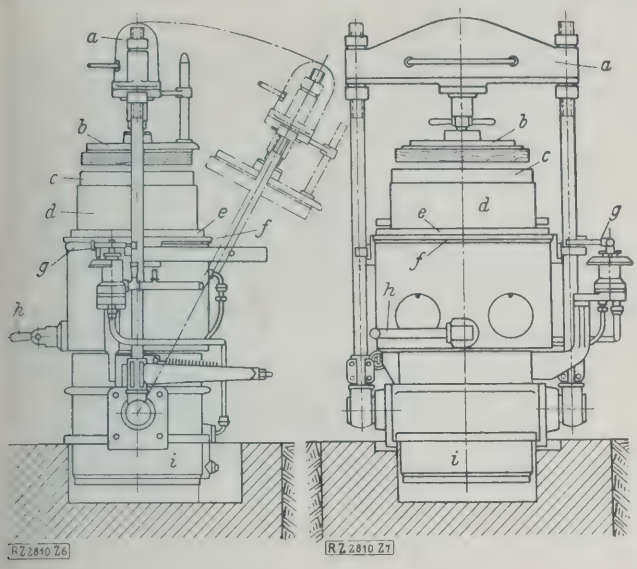



**Abb. 6 und 7**
Druckluft-Formpresse.
*Badische Maschinenfabrik Durlach.*

*a* Preßholm
*b* Einstellbare Preßplatte
*c* Sandfüllrahmen
*d* Formkasten
*e* Modellplatte
*f* Formtisch
*g* Steuerhebel
*h* Abhebehebel
*i* Preßzylinder

Wendeplatte gesetztem Kasten mit Holzfüllrahmen eingezeichnet. Der Formwagen *g* ist mit langen, breiten Schlitzen versehen, durch die an der Unterseite der Wendeplatte vorgesehene Druckrippen hindurchragen. Sie ruhen in der gezeichneten, tiefsten Stellung des Preßkolbens *b* auf entsprechenden Leisten des Kolbendeckels. Der Wagen macht daher die Preßbewegung nicht mit, sondern bleibt während des Pressens auf den Schienen stehen. Der Formvorgang ist der beim Wendeplattenverfahren übliche.

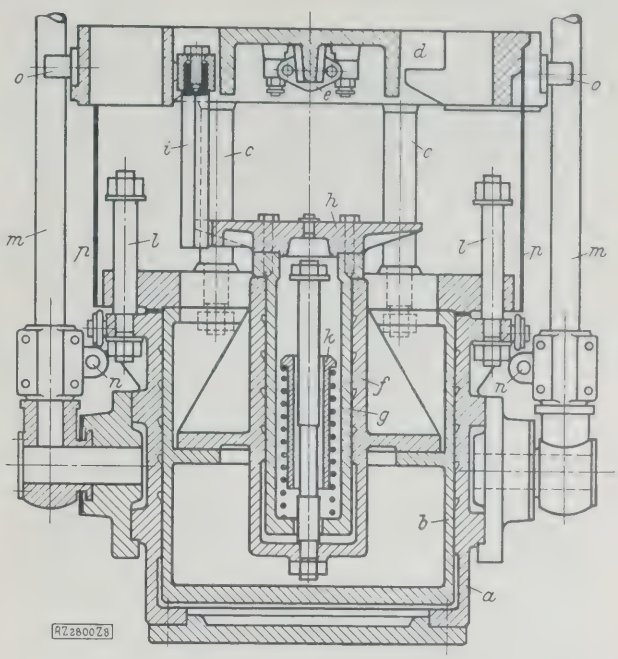
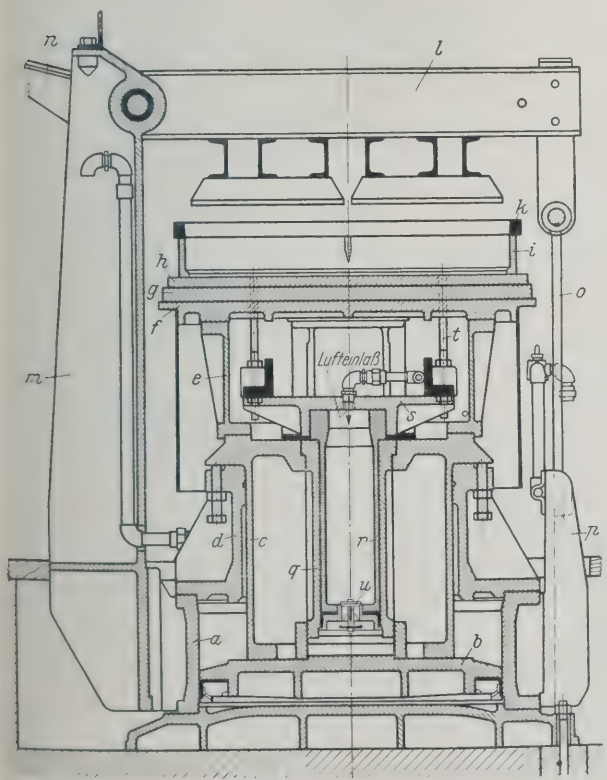



**Abb. 8**
Schnitt durch die Presse der Maschine, Abb. 6 und 7.

*a* Preßzylinder
*b* Preßkolben
*c* Verbindungssäulen zwischen Preßkolben und Preßtisch
*d* Preßtisch, auf dem die Modellplatte befestigt wird
*e* Vibrator
*f* Abhebezylinder
*g* Abhebekolben
*h* Abhebetisch, auf dem die Abhebestifte durch Kulissen befestigt sind
*i* Führung des Abhebetisches
*k* Hubbegrenzung des Abhebekolbens
*l* Hubbegrenzungen und Führungen des Preßkolbens
*m* Tragstangen des Preßholms
*n* Anschlüsse der Ausgleichzugfedern
*o* Anschläge der Tragstangen
*p* Schutzblech




*a* Preßzylinder
*b* Preßkolben
*c* Innenführung des Preßkolbens
*d* Außenführung des Preßkolbens
*e* Verbindungsstücke
*f* Formtisch
*g* Unterlage mit Aussparungen für elektr. Heizwiderstände
*h* Modellplatte
*i* Formkasten
*k* Füllrahmen
*l* Preßholm mit Preßplatten
*m* Preßsäule
*n* Gegengewichtshebel
*o* Zugstange
*p* Zugübertragungsstück
*q* Abhebezylinder
*r* Abhebekolben
*s* Abhebeplatte
*t* Abhebestifte
*u* Druckölventil

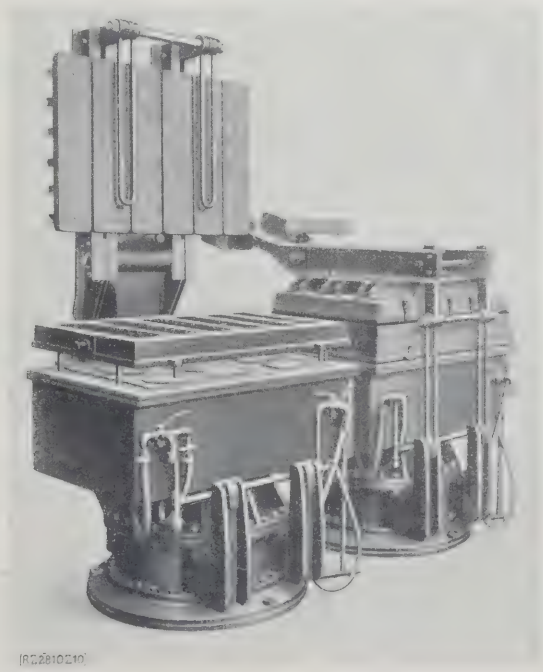



**Abb. 9 und 10**
Druckluft-Formmaschine.
*Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G., Hannover-Hainholz.*

**Abb. 11**
Fahrbare Druckluft-Formpresse.
*Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken, A.-G. Hannover-Hainholz.*

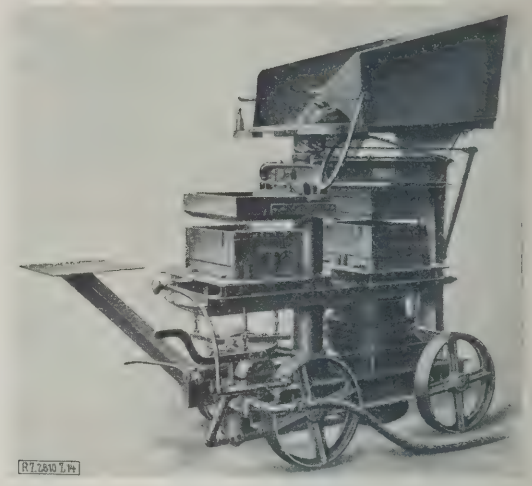
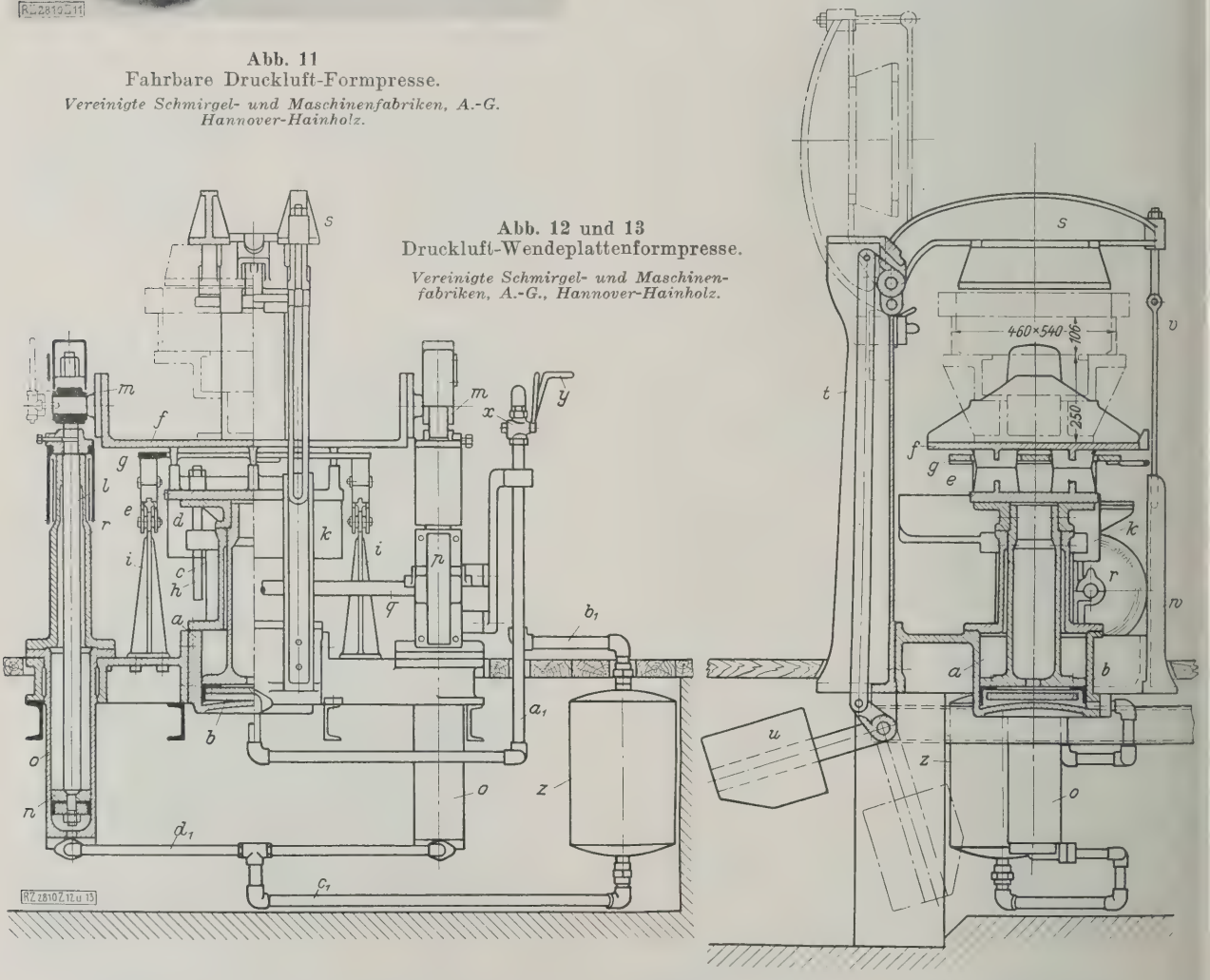


**Abb. 14**
Druckluft-Drehtischformpresse.
*Schwäbische Hüttenwerke G. m. b. H., Wasseralfingen.*

**Abb. 12 und 13**
Druckluft-Wendeplattenformpresse.
*Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken, A.-G., Hannover-Hainholz.*




*a* Preßzylinder
*b* Preßkolben
*c* Obere Kolbenführung
*d* Zwischenstück
*e* Kolbendeckel mit Druckleisten
*f* Wendeplatte mit Druckleisten
*g* Formwagen mit Schlitzen
*h* Führungsstange
*i* Schienenböcke für die Formwagenschienen
*k* Schutzblech
*l* Tragstangen für die Wendeplattenlager
*m* Wendeplattenlager
*n* Hubkolben für die Wendeplatte
*o* Hubzylinder
*p* Zahnräder zum Ausgleichen der Hubkolbenbewegung
*q* Zahnradwelle
*r* Obere Führung der Tragstangen
*s* Preßholm
*t* Stützsäule für den Preßholm
*u* Gegengewicht für den Preßholm
*v* Zugstangen
*w* Zugübertragungsstück
*x* Steuerventil für die Presse
*y* Steuerhebel für die Hubkolben der Wendeplatte
*z* Behälter für die Druckflüssigkeit
$a_1$ Rohrleitung für den Preßzylinder
$b_1$ Druckluftzuleitung zum Behälter *z*
$c_1$, $d_1$ Druckflüssigkeitsleitung zu den Hubzylindern *o*

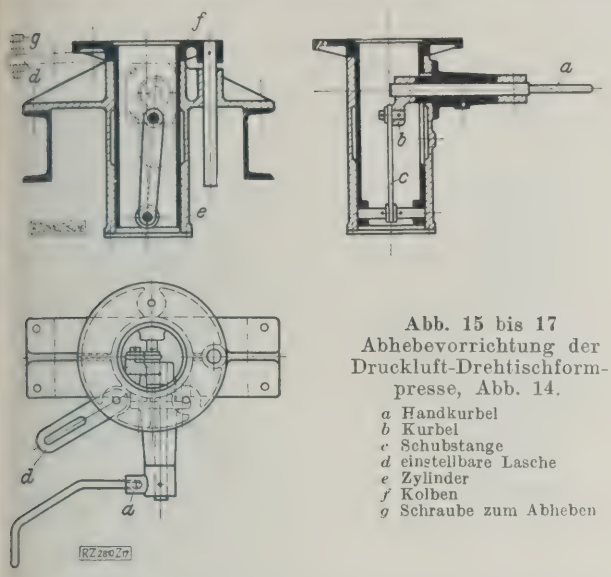



**Abb. 15 bis 17**
Abhebevorrichtung der Druckluft-Drehtischformpresse, Abb. 14.
*a* Handkurbel
*b* Kurbel
*c* Schubstange
*d* einstellbare Lasche
*e* Zylinder
*f* Kolben
*g* Schraube zum Abheben

Die fahrbare Drehtisch-Formmaschine, Abb. 14[6]), trägt einen in einem Profileisengestell um eine senkrechte Säule drehbaren waagerechten Tisch, der die beiden Modellplatten für Unter- und Oberkasten aufnimmt. Rechts von der Säule befindet sich zwischen den beiden Radachsen der Druckluft-Prezßylinder, links davon die Abhebevorrichtung. Durch einen Federbolzen wird der Drehtisch in seiner Lage so festgehalten, daß immer der eine Kasten genau über der Presse, der andre über der Abhebevorrichtung zu liegen kommt. Durch Öffnen eines Dreiweghahns dringt Druckluft unter den Preßkolben und drückt ihn samt der Tischplatte mit dem Formkasten nach oben gegen die darüber angeordnete Preßplatte. An jeder Tischplatte hängen drei Abhebestifte. Die Abhebevorrichtung, Abb. 15 bis 17, besteht aus dem Zylinder *e* und dem Kolben *f* mit den Laschen *d*, die je nach Kastengröße einstellbar sind. In ihnen stecken Schrauben *g*, die beim Abheben gegen die Abhebstifte drücken und beim weiteren Hochgehen den Kasten vom Modell trennen. Mittels Handkurbel *a*, Kurbel *b* und Schubstange *c* wird die Abhebevorrichtung betätigt.

Oben über der Tischplatte, Abb. 14, befindet sich links ein ausschwenkbares Sieb, das durch einen Druckluftvibrator in Schwingungen versetzt werden kann. Auch die Formtische haben solche Vibratoren. Nach dem Aussieben wird das Sieb zur Seite geschwenkt. Der über der Maschine angebrachte Behälter nimmt den Modellsand auf. Ein in bequemer Höhe seitlich an dem Maschinengestell befestigter Tisch dient zum Abstellen der Kastenteile. Es werden abwechselnd Ober- und Unterkasten gepreßt und abgehoben. Die Maschine wird in zwei Größen geliefert, die eine für Kasten von $300 \times 400$ bis $400 \times 500$ mm², die andre für solche von $430 \times 450$ bis $450 \times 600$ mm² Fläche. Der Luftverbrauch einschließlich Vibratoren, Abblasventil und Schüttelsieb beträgt für einen Kastenteil bei der kleineren Anordnung 5 bis 6 l, bei der größeren 9 bis 10 l angesaugte Luft.

Eine sehr einfache Bauart der Formpresse mit Handabhebung, im allgemeinen für Kasten von $400 \times 300$ und $500 \times 300$ mm² Fläche gebaut, zeigt Abb. 18[7]). Der Preßholm ist seitlich ausschwenkbar, die Preßplatte kann in ihrer Höhenlage eingestellt werden. Vor dem Preßzylinder sitzt die Abhebevorrichtung, die durch einen Kurbeltrieb mit Handhebel betätigt wird. Sie hat eine lange Schlittenführung, die ein genaues Abheben dauernd gewährleistet. Der Vibrator wird durch ein Knieventil *a* an- und abgestellt, der Preßdruck ist durch ein Reduzierventil regelbar. Die Presse wird mittels des Dreiweghahnes *b* gesteuert. Es arbeiten immer zwei Maschinen zusammen: die eine für die Ober-, die andre für die Unterkasten. Nach Mitteilungen der Erbauerin sollen zwei Mann auf zwei Maschinen in 1 h etwa 40 Formen von $500 \times 300 \times 70$ mm³ Kastengröße herstellen können. Ein

[6]) Bauart Schwäbische Hüttenwerke, G. m. b. H., Wasseralfingen.
[7]) Bauart Maschinenfabrik H. Herring & Sohn, Milspe i. W.

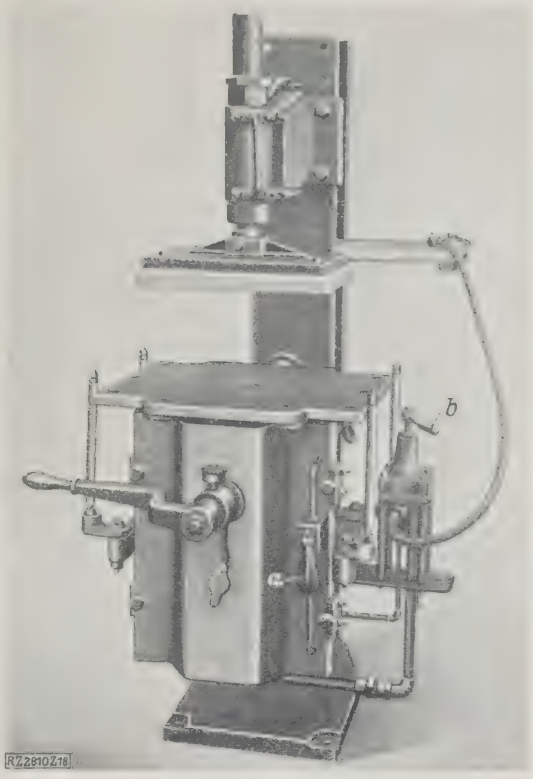



**Abb. 18**
Druckluft-Formmaschine.
*Maschinenfabrik H. Herring & Sohn, Milspe i. W.*
*a* Knieventil *b* Dreiweghahn

Kompressor mit einer Leistung von 0,65 m³/min soll für sechs Paar solcher Maschinen bei einem Betriebsdruck von 6 at genügen.

Zwei Maschinen dieser Bauart können auch miteinander gekuppelt werden. Die Leistungsfähigkeit eines Arbeiters wird auf diese Weise fast verdoppelt.

### Rüttelpressen

Die Rüttelpresse, Abb. 19 und 20[8]), entspricht im wesentlichen der in Abb. 3 und 4 beschriebenen Anordnung. Bei ausgeschwenktem Preßholm *f* wird zunächst vorgerüttelt, hierauf wird der Preßholm vorgezogen und gepreßt, um auch die oberen Formschichten zu verdichten. Nach Zurückschwenken des Preßholms wird dann abgehoben. Die Maschine wird in fünf Größen, die kleinste auch fahrbar, für Kasten von $410 \times 425$ bis $880 \times 910$ mm² Fläche geliefert, der Hub des Preßkolbens beträgt bei der kleinsten Maschine 70, bei den beiden mittleren 75 und bei der größten 100 mm, während der Abhebehub der verschiedenen Maschinengrößen zwischen 150 und 250 mm liegt. Die Formmaschine, Abb. 19 und 20, braucht für eine Kastenfläche von 4800 cm² bei einem Preßdruck von 11 000 kg und 6 at Luftüberdruck für eine Kastenhälfte einschließlich Rütteln 90 l Druckluft. Die Nutzlast des Rüttlers kann dabei bis 600 kg betragen.

Bei der Wendeformmaschine, Abb. 21 und 22[8]), wird die Gegenpreßplatte *d* nach dem Wenden der Maschine als Abhebetisch benutzt. Die Gegenpreßplatte geht in die Grundstellung nach dem Wenden durch eigene Schwere bei Betätigen des Absenkhebels *e* zurück. Die Maschine wird in zwei Größen für Kasten bis 4000 cm² Fläche gebaut. Es soll sich mit ihr eine stündliche Formleistung bis zu 30 Kastenhälften durch einen Mann erreichen lassen. Der Formvorgang vollzieht sich folgendermaßen: Nach dem Sandeinfüllen wird zunächst gerüttelt, ein Preßklotz wird aufgelegt, der Preßholm vorgeschwenkt und sodann wird gepreßt. In dieser Stellung der einzelnen Teile wendet man nunmehr die ganze Maschine um 180°,

[8]) Bauart Maschinenfabrik G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.

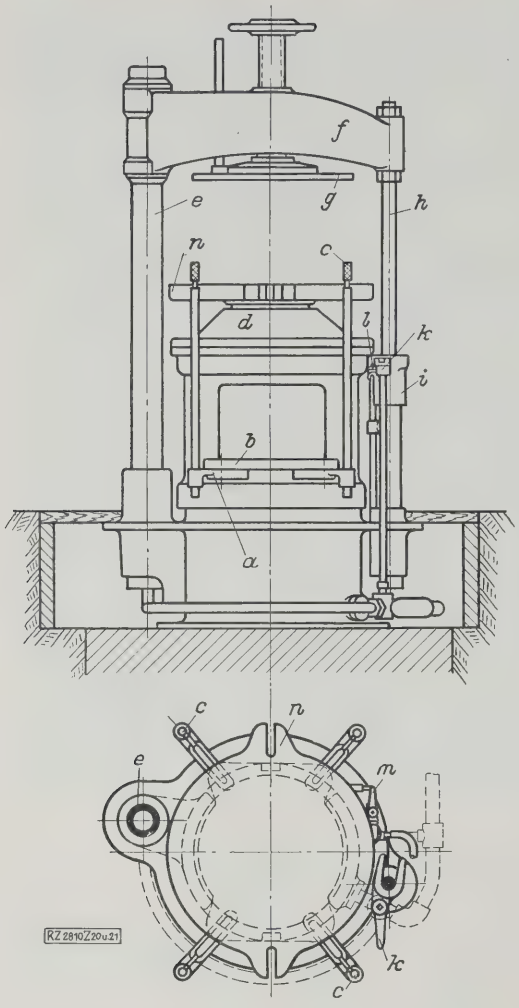



**Abb. 19 und 20**
Rüttel-Formmaschine.

*Maschinenfabrik G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.*

| | |
|---|---|
| *a* Presse | *h* Zugstangen |
| *b* Abhebeplatte | *i* Vorhaltung für den Zugstangenkopf |
| *c* Abhebestifte | *k* Preßhahn |
| *d* Rüttler | *l* Abhebehahn |
| *e* Preßholmsäule | *m* Rüttelhahn |
| *f* Preßholm | *n* Rütteltisch |
| *g* Preßplatte | |

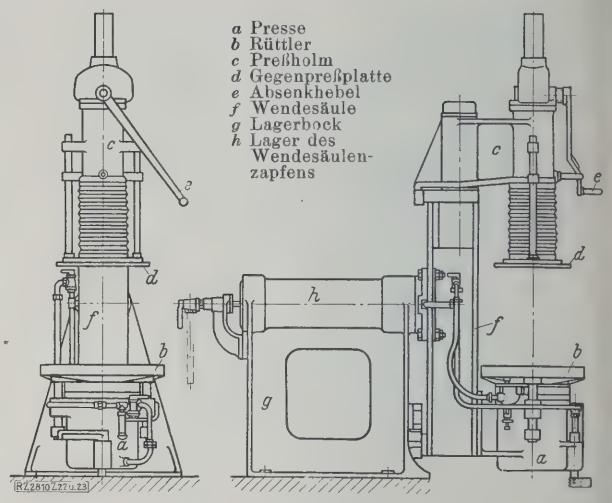



**Abb. 21 und 22**
Druckluft-Formmaschine zum Rütteln, Pressen und Wenden der Form.

*Maschinenfabrik G. Zimmermann, Düsseldorf-Rath.*

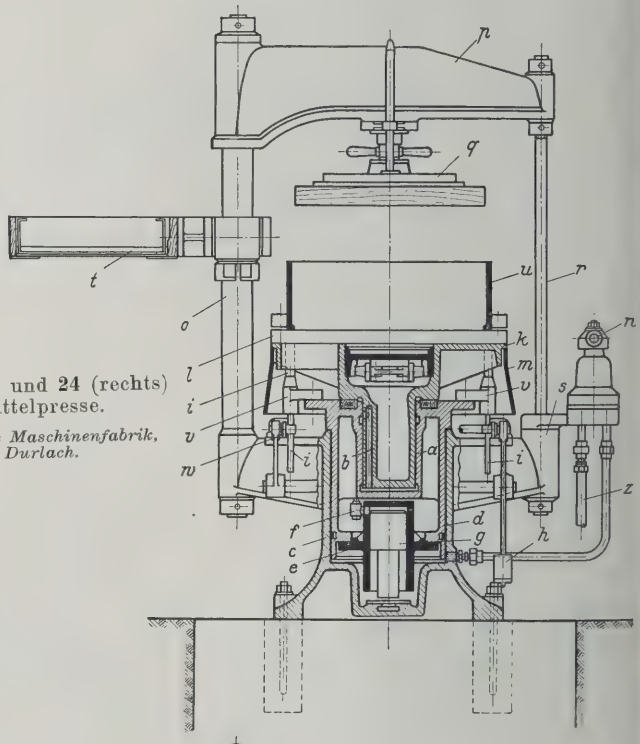



**Abb. 23 und 24** (rechts)
Rüttelpresse.

*Badische Maschinenfabrik, Durlach.*

worauf die Form durch seitliches Drehen des Handhebels abgesenkt wird. Der Abhebehub beträgt 270 und 300 mm, die Rüttlernutzlast 300 und 400 kg.

Bei der Rüttelpresse, Abb. 23 und 24[9]), ist der Rüttler im Innern des Preßkolbens untergebracht, außerdem ist ein druckluftbetätigtes, ausschwenkbares Schüttelsieb *t* um die Preßholmsäule drehbar vorgesehen. Nach dem Rütteln und Pressen, wobei die am Preßkolbenflansch befestigten Führungen *v* die Abhebestifte *i*, deren oberer etwas stärkerer Teil auf den oberen Flächen dieser Führungen ruht, gleichfalls mit nach oben nehmen, werden die Halteschienen *w* vorgeschoben. Läßt man jetzt die Druckluft aus dem Preßzylinder *c* austreten, so sinkt der Kolben *d* nach unten, die Abhebestifte *i* stützen sich auf Vorsprünge der Halteschienen *w*, bleiben also in ihrer

[9]) Bauart Badische Maschinenfabrik, Durlach.

Zu Abb. 23 und 24:

| | | |
|---|---|---|
| *a* Rüttelzylinder | *h* Fußhebel für die Halteschienen der Abhebestähle | *p* Preßholm |
| *b* Rüttelkolben | *i* Abhebestifte | *q* Preßplatte |
| *c* Preßzylinder | *k* Arbeitstisch | *r* Zugstange |
| *d* Preßkolben | *l* Modellplatte | *s* Zugstangenvorhaltung |
| *e* Bremszylinder für den Abheber | *m* Schutzblech | *t* Druckluft-Schüttelsieb |
| *f* Flüssigkeitsdrosselventil | *n* Steuerhebel | *u* Formkasten |
| *g* Bremskolben | *o* Drehsäule | *v* Abhebestiftführungen |
| | | *w* Halteschienen für die Stifte |

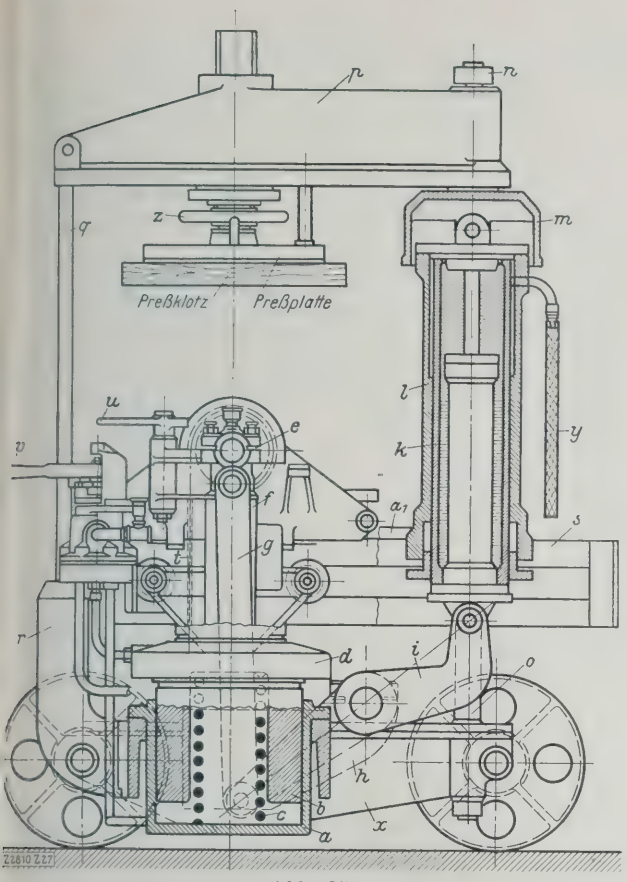



**Abb. 25**
Fahrbare Wendeplatten-Rüttelpresse.
*Badische Maschinenfabrik & Eisengießerei, Durlach.*

*a* Preßzylinder
*b* Preßkolben, gleichzeitig Amboß f. d. Rüttler
*c* Feder zur Stoßdämpfung
*d* Rüttler
*e* Wenderahmenlager
*f* Säulen für die Wenderahmenlager
*g* Hubstangen für die Wenderahmen
*h* Hubhebel
*i* Druckhebel zum Übertragen der Kraft des Kolbens *k*
*k* Abhebekolben
*l* Abhebezylinder
*m* Querstück zum Tragen des Preßholmzapfens
*n* Preßholmzapfen
*o* Verbindungsstangen des Querstücks mit dem Maschinengestell
*p* Preßholm
*q* Zugstange
*r* Zugübertragungsstück
*s* Formwagen
*t* Kettenzug zum Drehen des Wenderahmens
*u* Hebel zum Verriegeln des Wenderahmens
*v* Steuerhebel
*x* Maschinenuntergestell
*y* Schlauch zum Füllen des Abhebekolbens
*z* Handrad zum Einstellen der Preßplatte
$a_1$ Unterlagschienen

Höchstlage stehen und halten so den Formkasten *u* fest, so daß beim weiteren Sinken des Kolbens *d* die Modelle nach unten aus dem Sande herausgezogen werden. Nach Absetzen der Form tritt der Arbeiter auf den Fußhebel *h*, die Halteschienen *w* gehen zurück und die vier Abhebestifte *i* fallen wieder in die tiefste Lage herunter. Die Maschine wird in zwei Größen für Formkasten von $360 \times 440$ und $500 \times 600$ mm² gebaut und kann auf Wunsch auch fahrbar geliefert werden. Das Hubgewicht, das der Rüttler aufnehmen kann, beträgt in beiden Fällen 250 kg bei einem Abhebehub von 130 mm. Sämtliche Arbeitsstufen, wie Rütteln, Pressen, Einschalten des Vibrators und Abheben, werden in entsprechender Reihenfolge durch das Verschieben des Steuerhebels *n* eingeleitet.

Die fahrbare Rüttelpresse, Abb. 25, arbeitet mit Wendeplattenabhebung für $500 \times 600$ mm² lichte Kastenfläche und 250 kg Nutzgewicht und soll zum Formen einer Kastenhälfte 30 l Druckluft brauchen. Der Wenderahmen ist in seiner Schwerpunktachse beiderseits mit zwei Schildzapfen in den Lagern *e* gelagert. Diese beiderseitigen Lager sitzen auf Hohlsäulen *f*, die ihrerseits wieder über starke Rundstangen gestülpt sind, an denen sie auf- und abgleiten. Ihre senkrechte Bewegung erhalten sie von einem Kolben *k*, der in einem am Oberhaupt *m* pendelnd aufgehängten Zylinder *l* steckt und durch Hebelübertragung auf die beiden Hubstangen *g* wirkt. Bewegt sich der

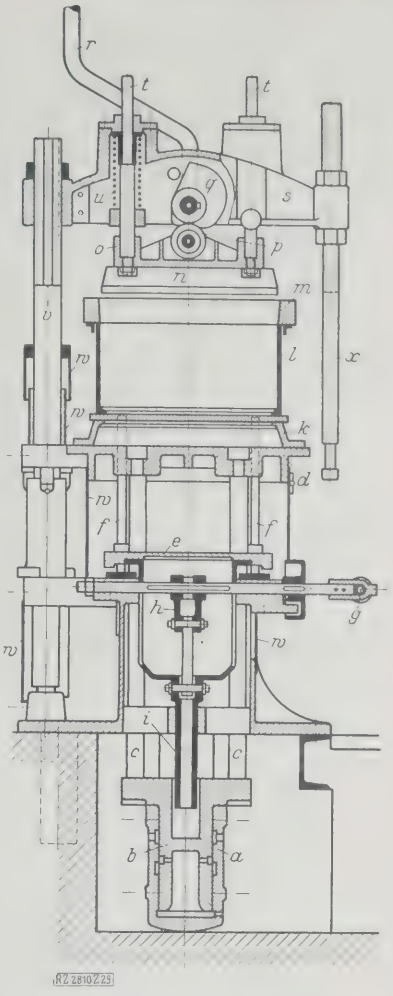


**Abb. 26**
Handpreßrüttler.
*Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken Hannover-Hainholz.*

*a* Rüttelzylinder
*b* Rüttelkolben
*c* Rüttelstangen (vier)
*d* Formtisch
*e* Abhebeplatte
*f* Abhebestifte
*g* Hebel zum Abheben
*h* Abhebekurbel
*i* Führung der Abhebung
*k* Modellplatte
*l* Formkasten
*m* Füllrahmen
*n* Preßklotz
*o* Preßplatte
*p* Preßrolle
*q* Preßnocken
*r* Preßhebel
*s* Preßholm, ausschwenkbar
*t* Führungen der Preßplatte o
*u* Federn zum Hochdrücken der Preßplatte o
*v* Drehbare Preßholmsäule
*w* Schutzbleche
*x* Zugstange

Abhebekolben *k* nach unten, so drücken die Hubstangen *g* die Lagersäulen *f* mit dem Wenderahmen nach oben. Nach einigen Millimetern Anhub wird die am Untergestell der Maschine befestigte Gelenkkette *t* angespannt. Sie ist an ihrem oberen Ende um ein Kettenrad geschlungen, das auf dem einen Zapfen des Wenderahmens befestigt ist. Beim weiteren Hochgehen der Wendeplatte dreht sie sich infolgedessen selbsttätig um 180 °.

Sämtliche Bewegungen werden von einem Steuerhebel *v* aus betätigt. Der Arbeitsgang ist folgender:

Preßholm *p* ausschwenken, Einstellen der Preßplatte entsprechend der Kastenhöhe durch Drehen am Handrad *z*. Kasten und Füllrahmen auf die Modellplatte stellen, Sand einfüllen und mit Modellplatte verkeilen. Rütteln. Füllrahmen abnehmen, Preßholm *p* einschwenken. Pressen. Nach Absinken des Preßkolbens Preßholm ausschwenken, Kasten abstreichen. Kasten geht hoch und wird gleichzeitig gewendet. Wenderahmen durch Drehen des Hebels *u* mit Modellplatte verriegeln, Unterlagschienen auf Formwagen *s* zur Aufnahme der Form zusammenschieben; Kasten wird auf den Wagen abgesetzt, Vibrator springt an. Kasten entkeilen, Modell wird abgehoben, Vibrator abgestellt. Wagen mit fertiger Form ausfahren und Kasten absetzen. Rütteltisch und Wagen von Sand reinigen, Unterlagschienen zurückdrehen, Wagen wieder einfahren und Modellplatte vom Wenderahmen mittels Drehung des Hebels *u* entriegeln. Wenderahmen senken und in Anfangstellung zurückdrehen. Einschließlich Sandfüllen sollen zum Herstellen einer Kastenhälfte von $500 \times 600 \times 280$ mm³ 2½ min erforderlich sein.

Eine einfache Rüttelpresse, bei der der Formsand mit der Hand mittels Hebels und Nockenscheibe gepreßt wird, während der Preßluftrüttler für sich von der Maschine getrennt im Fundament steht, zeigt Abb. 26[10]).

[10]) Bauart Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G. Hannover-Hainholz.

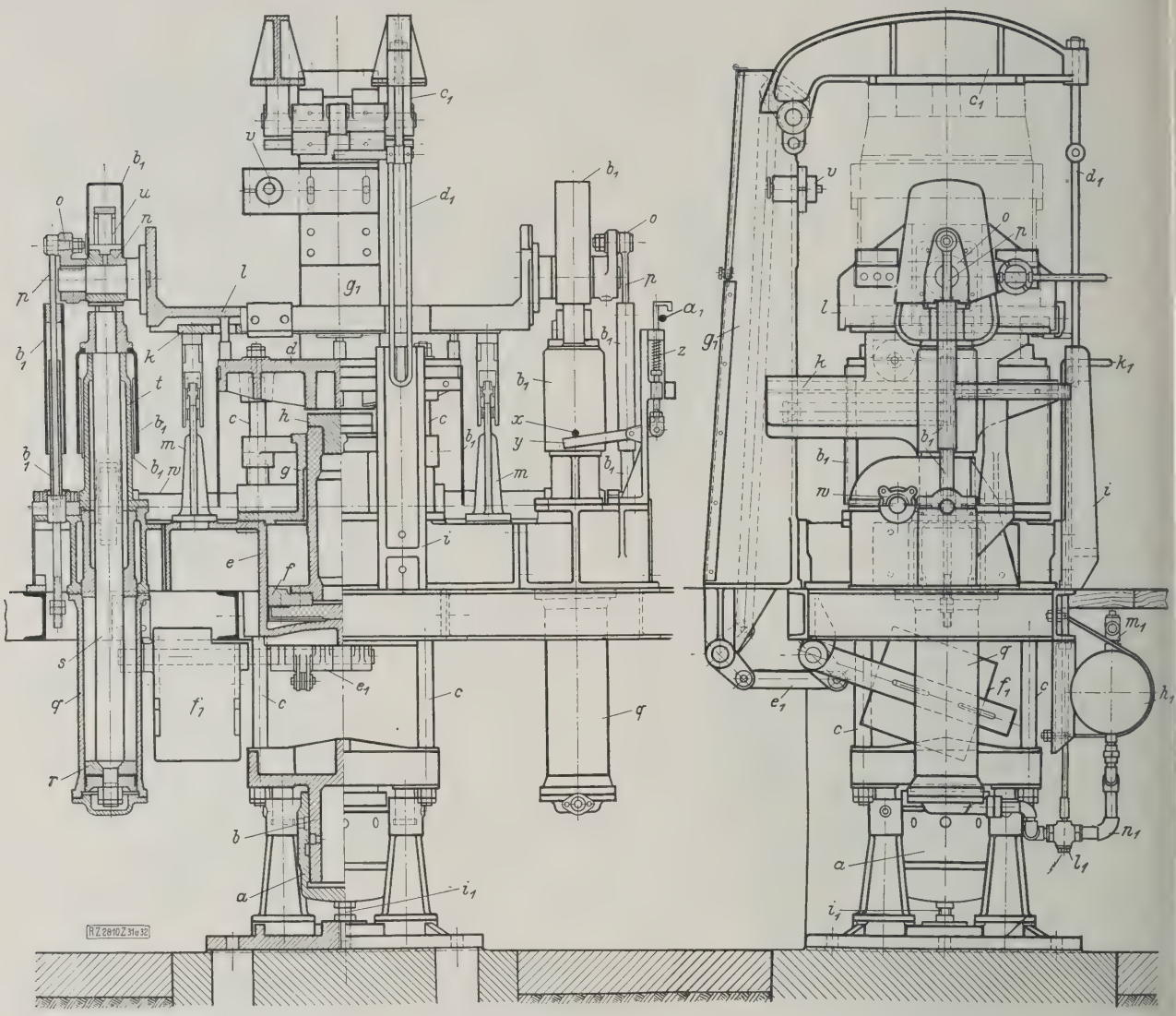


**Abb. 27 und 28**
**Wendeplatten-Rüttelpresse.**
*Vereinigte Schmirgel- und Maschinenfabriken A.-G., Hannover-Hainholz*

*a* Rüttelzylinder
*b* Rüttelkolben
*c* Rüttelstangen
*d* Zwischenplatte zum Übertragen der Kräfte von Rüttler und Presse auf die Wendeplatte
*e* Preßzylinder
*f* Preßkolben
*g* obere Preßkolbenführung
*h* Preßkolbendeckel
*i* Zugübertragungssäulen (zwei)
*k* Formwagen mit Schlitzen
*l* Wendeplatte
*m* Stützen der Formwalzenrollen
*n* Lager der Wendeplatte
*o* Kurbel zum Drehen der Wendeplatte *l*
*p* Zugstangen zum Wenden
*q* Abhebezylinder
*r* Abhebekolben
*s* Abhebestangen
*t* obere Führungen von *s*
*u* Schlittenführungen für die Wendeplattenlager beim Rütteln
*v* Vibrator
*w* Zahnradübertragung zum Erreichen eines gleichmäßigen Hochgehens der Wendeplattenlager
*x* Stift zum Blockieren des Rüttelsteuerhahns
*y* Blockierungshebel
*z* Blockierungsgestänge
$a_1$ Steuerhebel für das Rüttelventil
$b_1$ Schutzbleche und -hauben
$c_1$ Preßholm
$d_1$ Zugstangen
$e_1$ Gegengewichtgestänge für $c_1$
$f_1$ Gegengewicht
$g_1$ Preßholmträger
$h_1$ Flüssigkeitsbehälter
$i_1$ Steuerungsumstellung des Rüttlers
$k_1$ Abhebesteuerhebel
$l_1$ Drosselhahn
$m_1$ Druckluftleitung
$n_1$ Druckflüssigkeitsleitung

In ähnlicher Weise kann auch die in Abb. 9 und 10 dargestellte Presse mit einem Rüttler vereinigen. Sie eignet sich für Kasten bis $800 \times 800$ mm² lichte Fläche und hat üblicherweise 150 mm Abhebehub.

Auch die in Abb. 12 und 13 wiedergegebene Wendeplattenpresse läßt sich nach Abb. 27 und 28 mit einem untergebauten Rüttler verbinden. Besonders zu erwähnen ist, daß der Modellplattenträger *l* mittels zweier Zugstangen *p* gewendet wird, die an die beiden mit den Wendezapfen verkeilten Kurbeln *o* angreifen. Die Stangen haben unten einen toten Gang und kommen erst zur Wirkung, wenn die Wendeplatte bereits ein gewisses Stück nach oben gegangen ist. Der Steuerhebel $a_1$ kann für die Rüttlerbewegung nur dann in Tätigkeit gesetzt werden, wenn die Wendeplatte in ihrer tiefsten Stellung angelangt ist, die einzelnen Teile der Maschine also die gezeichnete Stellung einnehmen. Die größten verwendbaren Kastenabmessungen betragen $800 \times 800$ mm².

Genaue Angaben über Leistung und Luftverbrauch der Formmaschinen zu machen, ist ohne Kenntnis der Betriebsverhältnisse, unter denen sie arbeiten, und der Gußstücke, deren Formen mit ihnen hergestellt werden sollen, nicht möglich. Soweit im Vorstehenden hierfür Zahlenwerte mitgeteilt sind, sind sie nur als Mittelwerte aufzufassen. [ B2810]

# Grundsätzliches über die Hilfseinrichtungen von Flughäfen

*Von Dr.-Ing. ERNST DIERBACH, Berlin*

*Im Anschluß an den Aufsatz in Heft 32 S. 1125 werden im folgenden neuzeitliche Hilfseinrichtungen behandelt. Zur Nachtbefeuerung gehört ein Ansteuerlicht. Eine Umrandung des Rollfeldes mit Neonröhren ist auffällig, blendungsfrei und im Stromverbrauch billig. Für die Beleuchtung von Hindernissen in der Nähe des Flughafens hat sich das Anstrahlen nicht bewährt; besser ist die Anbringung von Neonröhren, die herablaßbar eingerichtet werden können. Die Betriebstoffe kann man mittels Kesselwagen (Elektrokarren oder Lastkraftwagen) oder aus Unterflurzapfstellen ausgeben. Antennenmaste sollen nicht mehr auf dem Flughafen selbst stehen. Die Betriebzentrale der Funkstation muß dagegen von allen Dienststellen leicht erreichbar sein. Für Ausbesserungen an Seeflugzeugen sind Dockanlagen sehr zweckmäßig. Kleinere Flugzeuge können auch mit Kranen an Land gehoben werden. Außerdem sind Betonablaufbahnen oder Slipwagen auf Schienen vorzusehen.*

Nachdem der Aufsatz in Nr. 32 S. 1125 dieser Zeitschrift die hauptsächlichen allgemeinen Forderungen für die Anlage von Flughäfen behandelt hatte, will ich nunmehr auf die wichtigsten Hilfseinrichtungen eingehen.

In der ersten Zeit der Entwicklung des Luftverkehrs war die dringendste Aufgabe die Schaffung geeigneter Rollflächen, auf denen die vorgesehenen Landungen und Abflüge vorgenommen werden konnten. So entstand in den Jahren 1919 bis 1926 in Deutschland ein Netz von Verkehrsflughäfen, die in den folgenden Jahren schrittweise verbessert und ausgebaut wurden. Zu den wichtigsten Betriebsmitteln gehören dabei die Befeuerungsanlagen, die Betriebstoffbehälter und die Funkanlagen, die ich hier beschreiben werde.

### Befeuerungsanlagen

Außer den Flugplatzgebäuden gehört noch eine Reihe von technischen Einrichtungen zu einem neuzeitlichen Hafen, unter denen die Nachtbefeuerung[1]) wohl die bemerkenswerteste ist. Seit dem Jahre 1924 wird regelmäßig bei Nacht geflogen, und zwar wurde nach einem Versuchsbetrieb von zwei Jahren mit Post und Fracht 1926 auch die Personenbeförderung aufgenommen. Aus dem regelmäßigen Betriebe heraus haben sich eine Reihe von Erfahrungen ergeben, welche Befeuerungseinrichtungen auf den Häfen für den Betrieb notwendig sind. Endgültig gelöst ist die Aufgabe noch nicht.

Zunächst muß dafür gesorgt werden, daß der Flugzeugführer schon auf weite Entfernung den Platz ansteuern kann. Man verwendet dazu am besten die aus der Streckenbefeuerung bewährten Glühlampendrehfeuer, Abb. 1. Da ihr intensiver Lichtkegel den Flugzeugführer bei der Landung blenden könnte, dürfen sie nicht in unmittelbarer Nähe des Platzes stehen. Bei einer Entfernung von etwa 2 bis 3 km von Platzgrenze wird jedoch jede Blendungsgefahr vermieden und trotzdem die ungefähre Lage des Platzes genügend genau bezeichnet. In vielen Fällen wird es angebracht sein, das Ansteuerfeuer auf dem Gelände der Funkanlagen zu errichten, da auch sie nicht unmittelbar am Platz, aber in seiner Nähe liegen sollen und durch das Funkpersonal die

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 655; vergl. Nr. 32 S. 1129 Anmerkung 4.

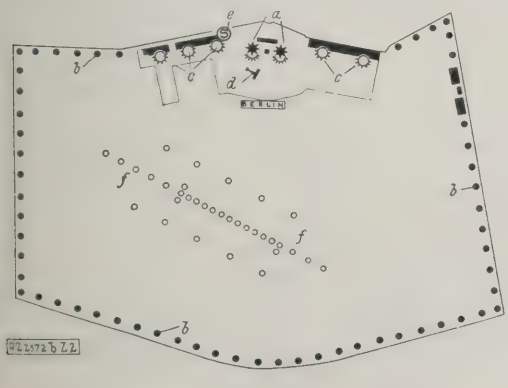



**Abb. 2**
Tempelhof Nachtbefeuerung.
*a* rote Hinderhislichter auf den Funktürmen *b* Neonröhren
*c* Beleuchtung des Vorfeldes *d* Windrichtungszeiger
*e* Scheinwerfer Landebeleuchtung (Sturmlaternen)

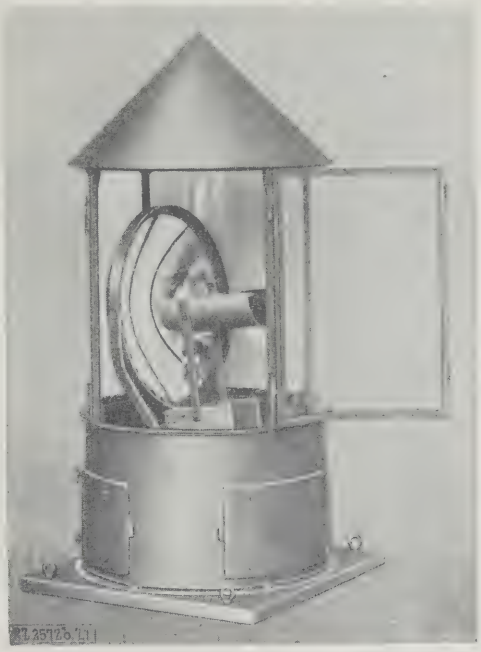


**Abb. 1**
Glühlampen-Drehfeuer.

Bedienung und rechtzeitige Einschaltung auf jeden Fall gewährleistet ist. Unter Umständen kann ein Strecken-Hauptleuchtfeuer, wenn es nicht zu weit entfernt vom Platze liegt, gleichzeitig Ansteuerlicht für den Platz sein. Es muß jedoch dann dafür gesorgt sein, daß es auch außerhalb der Betriebszeiten der Nachtflugstrecke in Gang gesetzt werden kann.

Hat der Flugzeugführer die ungefähre Lage des Platzes erkannt, so muß er mit dessen genauer Lage und den Grenzen des einwandfrei benutzbaren Rollfeldes vertraut gemacht werden. Hierfür ist ein blendungsfreies, möglichst auffälliges Kennlicht notwendig, das genügende Reichweite hat, um auch bei schlechtem Wetter vom Hauptleuchtfeuer aus gesehen zu werden. In vielen Fällen sind für solche Feuer Neonröhren verwendet worden, da sie wegen ihrer großen Leuchtfläche und verhältnismäßig geringen Leuchtdichte nicht blenden, aber durch ihre ausgesprochen rote Farbe von allen andern Lichtquellen leicht unterschieden werden können. Von den verschiedenen, im Gebrauch befindlichen Anordnungen sind diejenigen besonders vorteilhaft, bei denen die Röhren nicht auf einen engen Raum zusammengedrängt sind, sondern einen möglichst großen Körper bilden.

Ein außerordentlicher Fortschritt in der Befeuerungsfrage für Flughäfen wurde erreicht, als auf Grund der sehr günstigen Ergebnisse mit den Nebenleuchtfeuern der Flugstrecken auf dem Flughafen Berlin-Tempelhof die Grenzen des für Aufstieg und Landung zur Verfügung stehenden Geländes durch eine dichte Reihe von Neonröhren bezeichnet wurden, Abb. 2. Dadurch wird das Rollfeld aus dem schwarz unter dem Flugzeuge liegenden mit den unzähligen verwirrenden Lichtpunkten der

Abb. 3. Strichförmiges Leuchtzeichen (Berlin-Tempelhof).

Großstadt durchsetzten Gelände mit klaren ruhigen, roten Linien herausgeschnitten. Der den Hafen ansteuernde Flugzeugführer ist dadurch in der Lage, mit einem Blick nicht nur den Platz zu finden, sondern ohne weiteres zur Landung anzusetzen, wenn er das markante, unregelmäßige Viereck des Platzes sieht. Aus der perspektivischen Verzerrung des Vierecks hat er jederzeit beim Einschweben gefühlsmäßig einen Anhalt für seine Höhe und Lage zum Erdboden und kann ganz niedrig über die Platzgrenze hinweg einschweben.

Die Leuchtdichte der Neonröhren ist so gering, daß man ohne weiteres auch aus kürzester Entfernung in sie hineinsehen kann, ohne einen Blendungsdruck im Auge zu behalten. Sie sind außerdem im Stromverbrauch so sparsam, daß der Betrieb einer Umrandung des Platzes nur sehr geringe Unkosten verursacht. So braucht z. B. die gesamte Umrandung des ausgedehnten Geländes des Berliner Flughafens nur 7 kW an Strom, ein Wert, der in keinem Verhältnis zu der erreichten Wirkung steht. In dem augenblicklichen Entwicklungszustand des Luftverkehrs, wo nur in sehr beschränktem Maße bei Nacht geflogen wird, braucht man dieser Tatsache noch keine zu große Bedeutung beizumessen; aber die Zeit ist wahrscheinlich nicht mehr fern, wo auf allen Häfen von größerer Verkehrsbedeutung die Befeuerungsanlage dauernd während der ganzen Nacht in Betrieb sein muß. Dann spielt eine möglichst wirtschaftliche Ausnutzung des Stromes natürlich doch eine recht große Rolle.

Für die Umrandung in Berlin-Tempelhof sind in der Hauptsache strichförmige Leuchtzeichen, Abb. 3, verwendet worden. Nur an den Ecken sind sie, den Grenzen folgend, winkelförmig gebogen. Überhaupt kann man den Röhren, entsprechend ihrer Verwendung, ohne Schwierigkeiten die verschiedensten Formen geben. Stets wird man jedoch ein möglichst ausgedehntes Gebilde zu schaffen suchen, um die Flächenwirkung der leuchtenden Röhren auszunutzen. Bereits auf weite Entfernung wirkt das Zeichen dann nicht als leuchtender Punkt, sondern als Fläche, und ihre Größe und ihr Größerwerden bei Annäherung gibt einen ausgezeichneten Anhalt für das Abschätzen der Entfernung.

Daher eignen sich Neonröhren auch besonders für Hindernisfeuer. Lassen sich in der Gefahrenzone (entsprechend der oben gegebenen Erklärung) Hindernisse nicht beseitigen, so müssen sie für Nachtlandungen erkennbar gemacht werden. Die Befeuerung muß Lage, Ausdehnung und wenn möglich auch Höhe des Hindernisses erkennen lassen. In vielen Fällen hat man sie daher, vor allem, wenn es sich um Schornsteine oder Gebäude handelte, von unten her angestrahlt und dadurch dem Flugzeugführer sichtbar gemacht. Aber ganz abgesehen von dem erheblichen Energieverlust, wegen des flachen Auftreffwinkels der Lichtstrahlen spielt für die Erkennbarkeit des Gebäudes seine Farbe eine ausschlaggebende Rolle. So wird z. B. ein aus dunkelroten Ziegeln gebauter Schornstein, dessen oberer Teil außerdem noch verrußt ist, den größten Teil des auf ihn geworfenen Lichtes absorbieren und trotz hoher aufgewandter Lichtenergie — gegen die Überstrahlung durch das Lichtermeer der Stadt — nur schwer erkennbar sein. Außerdem muß man in der Blickrichtung schräg nach unten noch gegen die hellen Lichtquellen der anstrahlenden Lampen sehen und wird dadurch das erleuchtete Hindernis noch weniger erkennen können.

In großzügiger und technisch vorbildlicher Weise hat der Verlag Ullstein sein neues, in der Nähe des Flughafens Tempelhof gelegenes Hochhaus nicht nur als Flughindernis gekennzeichnet, sondern sogar ein gutes Ansteuerlicht für von Süden kommende Flugzeuge geschaffen, indem er der Architektur des Turmes folgend die Fenster mit Neonröhren umgeben hat.

In kleinerem Maße ist das gleiche an der Spitze einer in Flugplatznähe liegenden Kirche bei Tempelhof geschehen. Obschon dieses Feuer verhältnismäßig schwach ist, wirkt es durch die große Leuchtfläche der an den Konturen des Turmes angebrachten Leuchtröhren stets räumlich und es kann nicht vorkommen, daß es wie ein punktförmiges Hindernislicht irrtümlich in Blickrichtung auf den Erdboden projiziert und als Reklamelicht oder dergleichen angesprochen wird. Eine andere beachtliche Lösung ist bei den Hindernisfeuern aus Neonröhren, die einige Schornsteine bei den Flughäfen Hannover und Berlin bezeichnen, angewendet worden. Da es darauf ankommt, möglichst den höchsten Punkt des Hindernisses zu bezeichnen, hier aber die Beleuchtungskörper durch Rauch und Ruß sehr leicht verschmutzen, ohne daß es möglich ist, den Schornstein zwecks Reinigung der Lampen zu besteigen, sind sie herunterlaßbar eingerichtet worden, so daß sie jederzeit leicht geprüft und gereinigt werden können.

Durch diese Maßnahmen sind für Nachtlandungen ähnliche Verhältnisse geschaffen worden, wie bei Tage, d. h. der Flugzeugführer kann den Platz ansteuern und auffinden, er kann die am Platz liegenden Hindernisse erkennen und ist über Abmessungen und Lage des Rollfeldes unterrichtet. Versuche für weitere Befeuerungsanlagen, z. B. Beleuchtung des Rollfeldes, sind z. Z. im Gange.

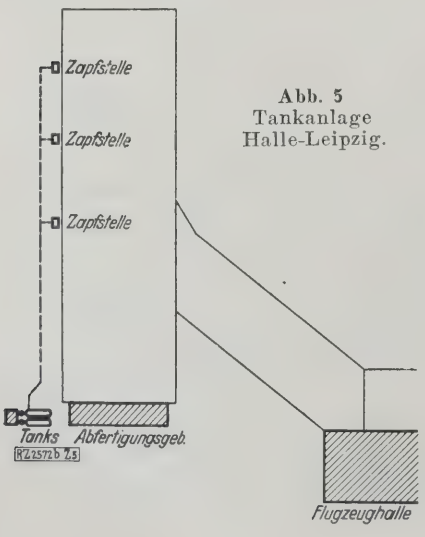



Abb. 5
Tankanlage
Halle-Leipzig.

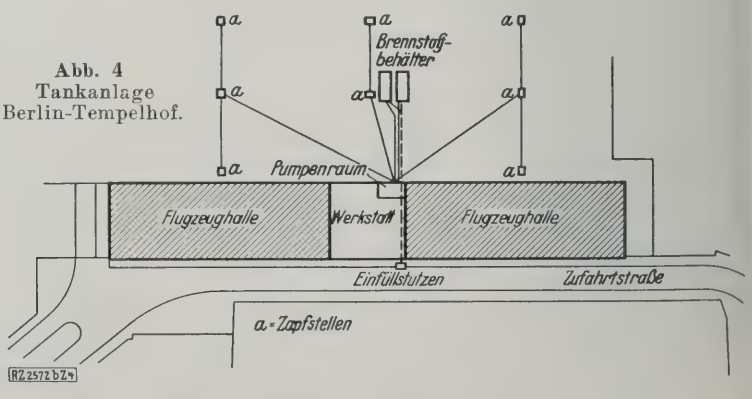



Abb. 4
Tankanlage
Berlin-Tempelhof.

Abb. 6
Elektrokarren mit Betriebstoff für Flugzeuge.

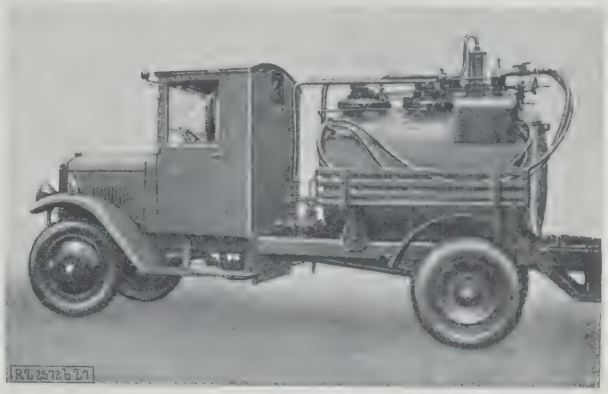


Abb. 7. Leichter Lastkraftwagen mit Behälteraufbau für Betriebstoff.

### Betriebstoffbehälteranlagen

An weiteren technischen Einrichtungen muß ein Flughafen außerdem über ausreichende Betriebstoffbehälter-Anlagen verfügen[2]). Für die Planung dieser Anlagen ist es außerordentlich erschwerend, daß die z. Z. verwendeten Motoren verschiedenartige Betriebstoffe beanspruchen, und zwar handelt es sich in der Hauptsache um Gemische von Benzin und Benzol, die, je nach dem Motor, verschieden zusammengesetzt sind. Deutsche Motoren verlangen im allgemeinen einen größeren Anteil Benzol, während die ausländischen meistens mit reinem Benzin, zum Teil unter geringem Benzolzusatz laufen. Die Deutsche Luft-Hansa, A.-G., als Hauptabnehmer von Betriebstoff auf fast allen Häfen, verwendet in der Hauptsache Einheitsbetriebstoff, und auch die andern Benutzer, die sich auf die Organisation der Deutschen Luft-Hansa, A.-G., stützen, haben ihre Motoren den Luft-Hansa-Betriebstoffen angepaßt. Eine Mischanlage in Verbindung mit den Behältern dürfte daher in vielen Fällen von großem Nutzen sein, da man jedes beliebige Mischverhältnis herstellen kann; unbedingt notwendig ist sie jedoch z. Z. nicht, da die Mischungen bereits fertig angeliefert werden. Eine weitere Schwierigkeit bei der Planung von Behälteranlagen ist, daß die Bedarfstellen häufig sehr weit auseinanderliegen, Abb. 4.

Auf Flughäfen, bei denen fast alle Strecken endigen oder beginnen, die Flugzeuge also, vor den Hallen fertiggemacht, zur Abfertigungsstelle rollen, tritt ein Betriebstoffbedarf hauptsächlich vor den Hallen auf, während bei Häfen, die vorzugsweise Durchgangverkehr haben, Betriebstoff in der Hauptsache vor dem Abfertigungsgebäude auf der Plattform gebraucht wird. Die Aufenthalte der Flugzeuge auf den Häfen sind so knapp bemessen, daß man für die Brennstoffaufnahme nur über eine außerordentlich kurze Zeit verfügt. Das Flugzeug kann auf dem Hafen nur einmal halten; eine Trennung des Abfertigungsvorgangs in verkehrsmäßige Ankunftsabfertigung, technische Abfertigung einschließlich Brennstoffaufnahme und verkehrsmäßige Abfertigung an verschiedenen Stellen ist wegen der Kürze der verfügbaren Zeit für Durchgangsflugzeuge unmöglich.

Für die Lösung der Behälterfrage sind zwei verschiedene Wege beschritten worden. Bei Anlagen mit Zapfstellen zweigt sich von den Lagerbehältern ein Netz von unterirdisch verlegten Rohrleitungen ab, die in Unterflurzapfstellen endigen. Der Betriebstoff wird meistens durch elektrische Pumpen in die Rohrleitungen gedrückt. Bei einem Endhafen, wie z. B. Berlin, liegen diese Zapfstellen vor den Hallen. Ein ausgesprochener Durchgangshafen wie Halle–Leipzig zeigt demgegenüber eine wesentlich andre Anordnung der Unterflurzapfstellen, Abb. 5. Alle Flugzeuge müssen nach der Landung auf die sich in den Platz hereinstreckende Plattform vor dem Abfertigungsgebäude rollen und werden dort meistens in einer Front stehen. Dementsprechend müssen die Unterflurzapfstellen auch auf dieser Plattform so angeordnet werden, daß jedes Flugzeug, das ungefähr auf dieser Linie steht, von den Schläuchen der Unterflurzapfstellen erreicht werden kann. Nach Beendigung der Abfertigung können die Flugzeuge dann geradlinig wieder abrollen.

Eine Feuersgefahr, die durch die Gleichzeitigkeit der Betriebstoffaufnahme mit dem Ein- oder Aussteigen der Fluggäste eintreten kann, läßt sich vermeiden, wenn der Streifen der Plattform hinter den Flugzeugen dem Verkehrsbetrieb, der Streifen vor den Flugzeugen dem technischen Betrieb vorbehalten wird. Behälteranlagen mit Unterflurzapfstellen zeichnen sich durch erhebliche Dauerleistungen und ihre verhältnismäßig geringen Anschaffungskosten aus. Es empfiehlt sich, die Schläuche, die zum Überfüllen in den Flugzeug-Brennstoffbehälter dienen, nicht zu kurz zu bemessen, damit unnötige Verholarbeiten vermieden werden.

Einen andern Weg hat man auf einigen Häfen durch Inbetriebsetzung von Tankwagen beschritten. Hier wird der Betriebstoff aus den Lagerbehältern in Elektrokarren, Abb. 6, oder leichte mit Behälteraufbau versehene Lastkraftwagen, Abb. 7, übergefüllt und mit diesen an die Verwendungstelle gefahren. Derartige Anlagen haben den Vorteil, daß man von einer bestimmten Abfertigungstelle oder bestimmten Aufstellungsart der Flugzeuge unabhängig ist und daß man aus einer Anlage sowohl die Hallen wie auch die Abfertigungstelle versorgen kann. Sie sind aber in der Anschaffung verhältnismäßig teuer; ferner ist das Fassungsvermögen der Wagen im Verhältnis zu den großen notwendigen Mengen doch nur recht gering. Für einen normalen Tankwagen dürfte ein Fassungsvermögen von etwa 2000 l eine Grenze sein, da er darüber hinaus zu groß und zu schwer werden würde, als daß er z. B. über eine unbefestigte Fläche rollen könnte. Dem steht gegenüber das Fassungsvermögen eines neuzeitlichen Großflugzeuges mit etwa 1300 l. Die Verwendbarkeit der Tankwagen wird außerdem eingeschränkt bei Gebrauch verschiedener Betriebstoffsorten, die eine Unterteilung des Behälters und damit eine Herabsetzung des Fassungsvermögens für einen Betriebstoff oder die Anschaffung mehrerer Wagen notwendig machen.

Ein ganz besonderes Augenmerk ist auf eine sehr sorgfältige Reinigung der Betriebstoffe zu legen. Die Behälteranlage muß die Gewähr dafür bieten, daß nur durchaus reiner und in seiner Zusammensetzung zuverlässiger Betriebstoff ausgegeben wird. So ist z. B. die Verwendung der vielfach üblichen Gummischläuche nicht angebracht, da deren Innenwände vom Betriebstoff angegriffen und abgelöste Teile mit in den Brennstoffbehälter des Flugzeuges gerissen werden.

### Funkanlage

Zu den weiteren notwendigen Einrichtungen eines Flughafens gehört eine Funkanlage. Trotzdem man früher die Aufstellung der Antennenmaste in der Nähe des Flughafens als durchaus zulässig betrachtete, ist man doch jetzt allgemein zu der Überzeugung gelangt, daß man dies nach Möglichkeit vermeiden soll. Bei gewöhnlichem Tagflugbetrieb und auch bei klaren Nächten

[2]) s. a. Nr. 32 S. 1129 Anmerkung 4.

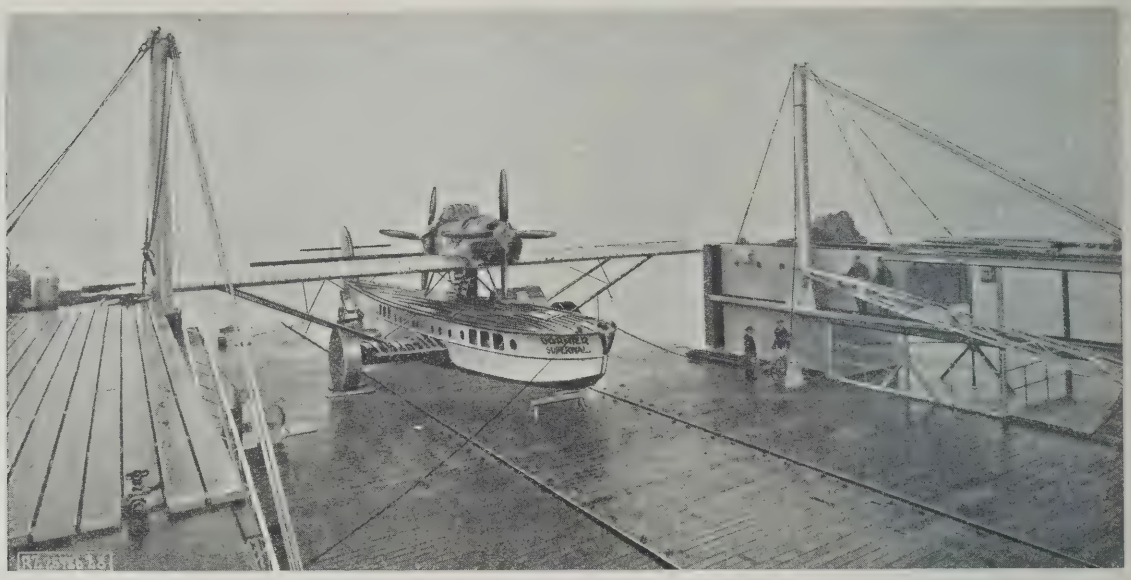


Abb. 8. Flugzeugdock des Flughafens Lübeck – Travemünde.

dürften sich die durch rot-weißen Anstrich und mit Hindernislichtern versehenen Masten erkennen und vermeiden lassen. Wenn wir jedoch damit rechnen, daß auch bei schlechtestem Wetter geflogen werden soll, so stellen die Antennenmasten ein sehr gefährliches Hindernis dar. Die Funktechnik macht es auch durchaus möglich, den Sendebetrieb fernzusteuern und vom Empfangsbetrieb zu trennen, so daß die Betriebzentrale der Anlage weiterhin in dem Flughafengebäude bleiben kann.

**Besondere Einrichtungen auf Seehäfen**

sind für das Zuwasser- und Anlandbringen der Flugzeuge notwendig. Ich habe bereits auf die dockartige Hebebühne des Abfertigungspontons auf dem Unterweser-Seeflughafen hingewiesen[3]). Er hatte sein Vorbild in dem großen Flugzeugdock des Flughafens Lübeck – Travemünde. Dies besteht im wesentlichen aus einer großen Plattform, die an zwei Stellen von Deckaufbauten überhöht wird. Das ganze Fahrzeug wird im Gebiet des Flughafens verankert und kann wie ein Schiffsdock soweit versenkt werden, daß jedes beliebige Flugzeug in die entstehende Öffnung hereingebracht und durch Auspumpen der Trimmtanks zugleich mit dem Dock aus dem Wasser gehoben werden kann, Abb. 8. An den Flugzeugen können dann auch größere Ausbesserungen, auch unterhalb der Wasserlinie, vorgenommen werden. Es ist jedoch mit Schwierigkeiten verknüpft, bei schlechtem Wetter die feinen für die Instandsetzung eines Flugzeuges notwendigen Arbeiten in freier Luft vorzunehmen. Man wird daher auch auf Seeflughäfen größere Flugzeughallen vorsehen, die in der Hauptsache als Überholungswerkstätten dienen.

Kleinere und mittlere Flugzeuge können zweckmäßig durch einen Kran an Land gesetzt werden. Voraussetzung ist hierbei natürlich, daß bereits bei der Konstruktion geeignete Angriffspunkte für den Lasthaken vorgesehen werden. Bei sehr großen Flugzeugen wird dies auf nicht unbeträchtliche Schwierigkeiten stoßen. Man muß daher außerdem Ablaufbahnen vorsehen. Am besten verwendbar für die verschiedensten Flugzeugbaumuster sind Betonbahnen, die bis in eine genügende Wassertiefe reichen und auf denen das Flugzeug mittels seiner eigenen angesteckten Rollvorrichtungen oder eines untergeschobenen Wagens aus dem Wasser gezogen werden kann. Daneben werden häufig auch Schienenwagen benutzt. Sehr günstig ist diese Frage auf dem Seeflughafen Lübeck – Travemünde, Abb. 9. gelöst worden, wo der Slipwagen, nachdem er ungefähr Hallenhöhe erreicht hat, durch Drehung der Räder um 90° auf einem Quergleis seitwärts verschoben werden kann, um ihn dann unter abermaliger Drehung der Räder an eine beliebige Stelle der Flugzeughalle schieben zu können. In dieser sind im regelmäßigen Abstand von 5 m Schienen verlegt, die beliebig als rechte oder linke Schienen benutzt werden können.

Neben diesen wichtigsten Anlagen und Einrichtungen für Flughäfen wird noch eine große Anzahl weiterer Hilfsmittel für die schnelle und reibungslose Abwicklung des Betriebes gebraucht. Ein Flughafen wird nur dann seinen Aufgaben ganz gerecht werden können, wenn alle Mittel, die die heutige Technik gibt, herangezogen werden, um jede Gefahr auf einen Mindestwert zu vermindern und die Abfertigung der Flugzeuge in der denkbar kürzesten Zeit vorzunehmen. Sie sind für den Betrieb der Flugleitung und den Verkehr mit Funk-, Wetter- und Poststelle Fernsprech- und Rohrpostanlagen notwendig. In den Hallen und auf den Abfertigungsflächen muß für die Feuersicherheit gesorgt sein, indem sich Feuermeldeanlagen und neuzeitliche Feuerlöschmittel überall griffbereit befinden. Bei den außerordentlich gefährlichen Betriebstoff kann ein ausbrechender Brand nur wirksam bekämpft werden, wenn die Hilfe schlagartig einsetzt. In den Flugzeughallen werden an die Beleuchtungs- und Heizungsanlagen besondere Anforderungen gestellt, und auch das Rollfeld verlangt eine zweckmäßige Pflege durch landwirtschaftliche Sondermaschinen und eine sorgfältige Entwässerung. Bei besonders trockenen Böden wird man in Zukunft sogar wahrscheinlich zu einer Bewässerung der Rollfläche kommen müssen. Es würde jedoch im Rahmen des vorliegenden Aufsatzes zu weit führen, auf die an sich bemerkenswerten Einzelheiten dieser Nebeneinrichtungen einzugehen. [B 2572 b]

[3]) s. Nr. 32 S. 1128.

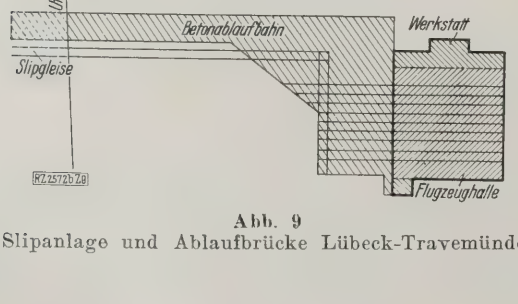



Abb. 9
Slipanlage und Ablaufbrücke Lübeck-Travemünde.

# Neue Straßenreinigungsmaschinen

*Von G. ERDMANN, Direktor der Straßenreinigung in Berlin*

***Die Entwicklung des Verkehrs, die gesteigerten Forderungen der öffentlichen Gesundheitspflege und wirtschaftliche Rücksichten zwingen die Straßenreinigungsbetriebe, die Handarbeit immer mehr einzuschränken und an deren Stelle die Maschinenarbeit einzuführen. — Mit einer Anzahl neuer Maschinen und Fahrzeuge sind Versuche gemacht worden. Bei einigen, wie den selbstaufnehmenden Kehrmaschinen, den Baggersaugwagen und Sandstreumaschinen, sind die Versuche im großen und ganzen als beendet anzusehen; die Maschinen arbeiten bereits im praktischen Betriebe. Mit den andern Maschinen werden die Versuche fortgesetzt. — Einrichtung und Arbeitsweise der einzelnen Maschinen werden beschrieben, dabei werden die noch nicht gelösten technischen Aufgaben erwähnt.***

## Aufgaben der gegenwärtigen Entwicklung

Die Entwicklung der Betriebs- und Arbeitsverhältnisse im Straßenreinigungswesen zwingt die Straßenreinigungsbetriebe, ihre Arbeiten mehr und mehr zu mechanisieren. Die dringendste Aufgabe besteht darin, die Fahrzeuge und Arbeitsmaschinen mit motorischem Antrieb auszustatten. Kraftfahrzeuge sind beweglicher und wendiger als bespannte Fahrzeuge, stören also den Verkehr weniger und werden selbst bei der Arbeit vom Verkehr weniger gestört. Auch die Betriebskosten sind, auf die Leistung umgerechnet, geringer als bei bespannten Fahrzeugen. Die technischen Voraussetzungen für den motorischen Antrieb sind seit langem gegeben. Es sind heute sehr leistungsfähige Kraftfahrzeuge für die Zwecke der Straßenreinigung auf dem Markte. Wenn bisher das Tempo der Umstellung nicht allzu lebhaft war, so lag das daran, daß die deutschen Gemeinden in den Jahren nach dem Kriege und in der Inflationszeit nur geringe Mittel für die technische Ausstattung ihrer Straßenreinigungsbetriebe zur Verfügung hatten. Es ist anzunehmen, daß die weitere Entwicklung des Oberflächenverkehrs die im Gange befindliche Umstellung beschleunigen wird.

Eine weitere dringende Aufgabe ist die Mechanisierung der Handarbeit, die ebenfalls in erster Linie durch die Entwicklung des Verkehrs bedingt ist. In den Verkehrsstraßen der Großstädte ist die Handarbeit heute nur noch unter großen Schwierigkeiten und unter erheblichen persönlichen Gefahren für die Belegschaft der Straßenreinigung durchzuführen. Die Anzahl der Betriebsunfälle von Straßenreinigungsarbeitern hat bereits eine solche Höhe erreicht, daß eine Änderung des jetzigen Zustandes durch eine weitere Mechanisierung der Handarbeit dringend erforderlich ist. Die praktische Ausführung der Mechanisierung war bisher dadurch gehemmt, daß es an leistungsfähigen Maschinen fehlte. Erst in der allerletzten Zeit sind darin Fortschritte gemacht worden, die erhoffen lassen, daß die Mechanisierung nunmehr beschleunigt durchgeführt werden kann.

In erster Linie handelt es sich dabei um die Einführung sogenannter selbstaufnehmender Kehrmaschinen. Die einfachen Kraftkehrmaschinen schieben den Kehricht nur zur Seite an die Bordschwelle, wo er von Arbeitern mit dem Besen gehäufelt und in Karren gesammelt werden muß. Das Arbeiten mit der Handkarre ist im Verkehr besonders gefährlich. Die Arbeitsweise selbst ist teuer und in gesundheitlicher Beziehung keineswegs einwandfrei. Die Fachwelt beschäftigt sich seit Jahrzehnten schon mit dem Gedanken, in die Kehrmaschine eine Vorrichtung einzubauen, die es ermöglicht, den zusammengekehrten Straßenschmutz sofort mit aufzunehmen. Nach langwierigen Versuchen und mancherlei Fehlschlägen ist es jetzt gelungen, Maschinen herauszubringen, die den Anforderungen des praktischen Betriebes gewachsen sind.

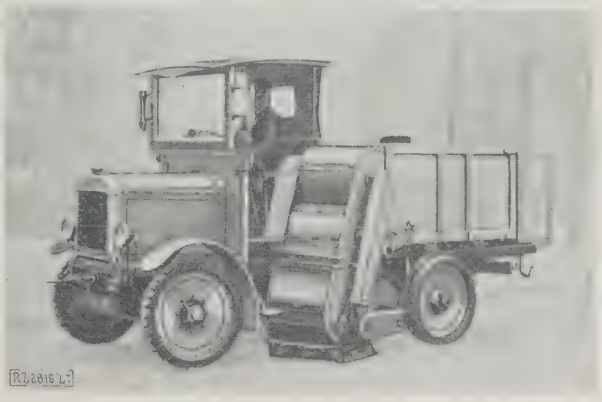


**Abb. 1**
Selbstaufnehmende Kehrmaschine, Bauart Karrier.

## Selbstaufnehmende Kehrmaschinen

Die erste in Deutschland erprobte selbstaufnehmende Kehrmaschine ist die sogen. Karrier-Maschine, die von den Karrier-Werken in Huddersfield (England) hergestellt wird und in vielen Städten Englands, ferner in Holland und Norwegen eingeführt ist. Eine Maschine dieser Art ist bei der Berliner Straßenreinigung seit Mitte Mai 1927 in Betrieb. Die Stadt Berlin hat sich bei der Bestellung dieser Maschine von der Annahme leiten lassen, daß die deutsche Industrie Gelegenheit nehmen würde, sich etwas eingehender als bisher mit der technischen Aufgabe der selbstaufnehmenden Kehrmaschine zu beschäftigen und selbst solche Maschinen herauszubringen. Diese Annahme ist durch die weitere Entwicklung bestätigt worden.

Die Karrier-Maschine, Abb. 1, besteht aus einem vierrädrigen Fahrgestell, das von einem Vierzylindermotor von 25 PS angetrieben wird. Die Kehrwalze ist unter dem Rahmen des Fahrgestells schiefwinklig zur Fahrtrichtung gelagert; es ist aber nicht, wie bei den einfachen Kehrmaschinen, das rechte Ende zurückgenommen, sondern das linke. Der Kehricht wird also nach links, d. h. nach der Straßenmitte zu, abgelegt. Die Kehrwalze hat am rechten Ende ein auswechselbares Kopfstück mit besonders langen Borsten, die eine gründliche Säuberung des Rinnsteines gewährleisten sollen.

Vor der Kehrwalze ist waagerecht ein Kasten gelagert, der auf der der Walze zugekehrten Seite offen ist. In dem Kasten befindet sich eine Förderschnecke. Bei der Arbeit schleudert die Kehrwalze einen Teil des Kehrichts in diesen Kasten, die Förderschnecke befördert diesen Kehricht nach links zu dem zurückgenommenen Ende der Walze, wo er auf eine Schaufel fällt. Der übrige Kehricht wandert nach links und wird dort von der Kehrwalze unmittelbar auf die Schaufel geschleudert. Die Schaufel schleift mit dem freien Ende auf dem Boden und wird von Zeit zu Zeit zwangläufig angehoben, wobei der Kehricht der Aufnehmevorrichtung zugeführt wird.

Diese Vorrichtung besteht aus drei in einem Schacht übereinandergelagerten, 52 cm breiten Bürstenwalzen, die teilweise ummantelt sind. Die mittlere dreht sich in entgegengesetzter Richtung wie die beiden andern. Die unterste Walze erfaßt den Kehricht und führt ihn der darüberliegenden zu. Die dritte schleudert ihn in den Kehrichtkasten. Der Antrieb der Kehrwalze und der Aufnehmewalzen wird mittels Schneckenwelle, Zahnkranzes und Ketten von der Getriebewelle des Fahrgestells abgenommen.

Die Sprengvorrichtung besteht aus dem Wasserbehälter von 600 l Fassungsraum, der Pumpe und dem Sprengrohr.

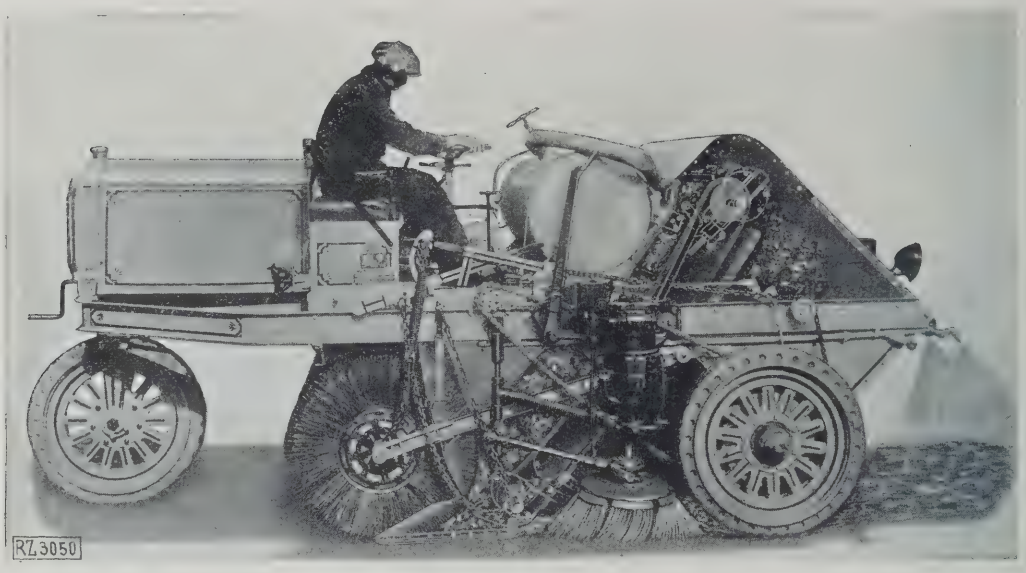



Abb. 2
Elgin-Maschine.

Die Maschine beginnt mit der Arbeit an der Bordschwelle, wobei das Kopfstück der Kehrwalze den Rinnstein säubert. Dann arbeitet sie allmählich nach der Mitte des Fahrdammes zu. Sowohl die Fahrdammreinigung wie die Reinigung der Rinnsteine ist einwandfrei. An der linken Seite des Fahrzeuges bleibt aber neben der Aufnehmevorrichtung stets ein schmaler Kehrstreifen liegen, so daß zum Schluß, d. h. nach dem eigentlichen Abkehren der Straße, die Maschine noch einmal durch die Straße geschickt werden muß, um diesen schmalen Kehrstreifen zu beseitigen. Dadurch wird ihre Leistung etwas herabgedrückt. Diese Leistung beträgt etwa 90 000 m² in achtstündiger Arbeitsschicht bei 2,13 m Arbeitsbreite und 16 km/h Arbeitsgeschwindigkeit.

Im Oktober 1927 wurde der Berliner Straßenreinigung eine selbstaufnehmende Kehrmaschine amerikanischen Ursprungs, die sogenannte Elgin-Maschine, Abb. 2, von Muchow & Co., Berlin, zu einem Versuch zur Verfügung gestellt. Die Elgin-Maschine ist im Gegensatz zur Karrier-Maschine, die die übliche Wagenbauart aufweist, eine ausgesprochene Sonderbauart. Es ist ein dreirädriges Fahrzeug. Die zweirädrige Triebachse liegt vorn, das hintere Einzelrad ist als Lenkrad ausgebildet. Auf dem Fahrgestell befindet sich am hinteren Ende des hier trapezförmig auslaufenden Rahmens der Antriebmotor, ein Vergasermotor von etwa 42 PS, davor der Getriebekasten, von dem aus der Wagenantrieb und sämtliche Nebenantriebe betätigt werden.

Unterhalb des Rahmens des Fahrgestells, unmittelbar vor dem Hinterrad, ist rechtwinklig zur Fahrtrichtung die Kehrwalze gelagert. Sie ist 2,40 m breit und hat 0,91 m Dmr. Davor befindet sich die Kehrichtaufnehmevorrichtung. Sie besteht aus einem Förderband aus Gummi, das von zwei Rollen getragen wird. Das Band ist mit Querleisten besetzt, die den Kehricht festhalten und nach oben befördern. Vorn am Fahrgestell ist ein Kehrichtkasten von etwa 2 m³ Fassungsraum angebracht, in den der Kehricht hineinfällt. An der rechten Seite des Fahrgestells, vor der Kehrwalze, befindet sich der sogenannte Rinnsteinkehrer. Er besteht aus einem pinselartigen, mit Stahldraht besetzten Besen von 65 cm Dmr., der senkrecht an einer Kardanwelle aufgehängt ist. Der Rinnsteinbesen kann durch einen Handhebel gesenkt und angehoben, die Anpressung an die Straße kann geregelt werden. Der Führersitz befindet sich an der rechten Seite, unmittelbar vor dem Motor.

Die Sprengvorrichtung besteht aus einem Wasserbehälter und einer Anzahl Sprengdüsen, aus denen das Wasser unter Druck ausgespritzt und zerstäubt wird. Zur Erzeugung des Drucks ist ein Luftverdichter eingebaut. Das Gewicht der Maschine beträgt 5100 kg.

Die Maschine arbeitet in folgender Weise: Der Rinnsteinbesen dreht sich um die senkrecht gelagerte Welle und schleudert dabei den im Rinnstein befindlichen Kehricht vor die Walze. Die Kehrwalze, die eine ho Umdrehungszahl hat, kehrt den Fahrdamm und schleud dabei den Kehricht auf das Förderband, das Förderba befördert ihn in den Kehrichtbehälter.

Die Maschine hat rd. 3 m Arbeitsbreite (Walze u Rinnsteinkehrer zusammengenommen). Ihre Leistung trägt im Durchschnitt in einer Arbeitsschicht 143 000 m². Die Maschine ist sowohl bei der Arbeit w auch bei Leerfahrten von einer überraschenden Bewe lichkeit und Wendigkeit. Sie wendet in einem Kreis v 7 m, kann also auch in den schmaleren Berliner Straß bequem wenden. Die Reinigungsarbeit ist sehr gut. A den Rinnsteinen wird der Schmutz restlos herausgeho Die Maschine ist inzwischen angekauft worden. Nach A gabe der Firma Muchow & Co., die die Lizenz erworb hat, sollen solche Maschinen in Zukunft in Deutschla in deutschen Fabriken hergestellt werden.

Das erste deutsche Werk, das der Berliner Straße reinigung eine im Inland konstruierte und angefertig selbstaufnehmende Kehrmaschine zu Versuchen zur Ve fügung stellte, waren die Daimler-Benz-Werke Es handelt sich dabei um eine von ihnen gemeinsam m Weygandt & Klein in Stuttgart-Feuerbach ko struierte Maschine[1]). Als Fahrgestell war zunächst e normales 1½ t-Fahrgestell der Daimler-Werke verwend worden. Der Kehrapparat der Maschine besteht aus zw Walzen von je 1,10 m Breite, die zwischen Vorder- u Hinterachse nebeneinander gelagert sind. Die inner Enden beider Walzen sind zurückgenommen, so daß d Kehricht bei der Arbeit in Gestalt eines Kehrstreife zwischen beiden Walzen abgelegt wird. Zur Aufnahm des Kehrichts dient ein am hinteren Ende des Fah gestells angebrachtes kurzes, raupenartiges Besenban das den Kehricht zunächst auf eine Schaufel und dann einen Förderschacht drückt. In dem Förderschacht läu ein Becherwerk, das den Kehricht in den Kehrichtkast schüttet. Bei Beginn und Beendigung der Kehrarbe braucht nur die eigentliche kurze Aufnehmevorrichtur gehoben oder gesenkt zu werden. Die Kehrarbeit d Maschine ist gut, die Maschine selbst aber war für d Verkehr in den Berliner Straßen wegen ihrer große Länge nicht beweglich genug. Sie wird zur Zeit un gebaut und erhält ein stark verkürztes Sonderfahrgestel

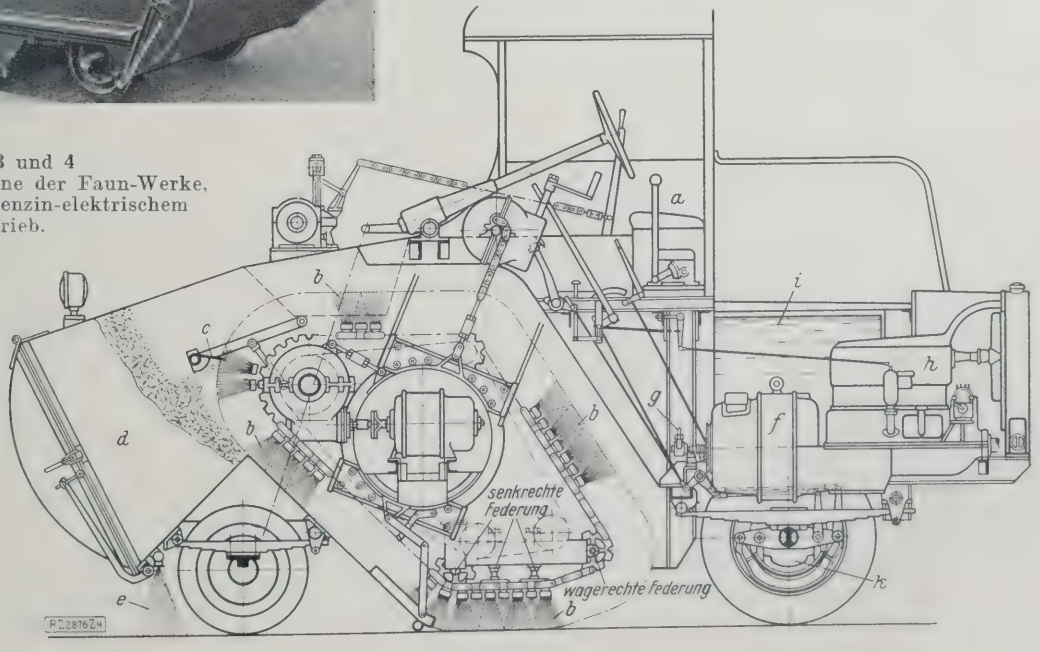
Eine weitere deutsche Maschine wurde von de Faun-Werken in Nürnberg herausgebracht. Eine M schine dieser Art arbeitet seit dem Herbst 1928 bei d Berliner Straßenreinigung. Die Faun-Maschine Abb. 3 und 4, hat ein Vierradfahrgestell mit sogenannte benzin-elektrischem Antrieb. Ein Vierzylindermotor vo 50 PS treibt einen Stromerzeuger an; der Strom wird in d in die Hinterräder eingebauten beiden Radnabenmotoren g leitet.

[1]) Vergl. a. VDI-Nachrichten Nr. 14 vom 3. April 1929.

Das Kehren und das Aufnehmen wird von ein und derselben Vorrichtung besorgt. Diese Vorrichtung besteht aus vier nebeneinanderliegenden Besenbändern von zusammen 2 m Breite, vier Aufnehmeschaufeln, einem Auffaßblech, einer Besenabstreifvorrichtung und einem elektrischen Antriebmotor. Alle diese Teile sind an einem Tragkörper aufgehängt, der im Fahrgestell in Führungsschienen auf und ab bewegt werden kann. Zu diesem Zweck ist das Fahrzeug mit einem weiteren Elektromotor ausgestattet. Jedes Besenband trägt 35 Besen, die Gesamtzahl der Besen aller vier Bänder beträgt somit 140. Die Besen sind so angebracht, daß ihre Enden ineinandergreifen. Bei der Arbeit schleifen die Besen über den Fahrdamm, schieben den Kehricht auf die Aufnehmeschaufel und ziehen ihn auf dem Auffaßblech schleifend nach oben, bis er in den Kehrichtkasten fällt. Der Kasten faßt 2 m³. Die Abstreifvorrichtung soll die Besen von dem etwa an ihnen haftengebliebenen Kehricht säubern, bevor sie die Abwärtsbewegung antreten. Um bei der Arbeit eine Säuberung der Rinnsteine zu ermöglichen, sind die Räder unter das Fahrgestell untergebaut; auch sind die äußeren Besen am äußeren Ende umgebogen und an der Außenseite mit Borsten besetzt. Die Maschine ist mit einem Wasserfaß und einem Besprengungsrohr mit Düsen ausgestattet. Ihr Gewicht beträgt 7630 kg, ihre Leistung 127 282 m² in einer Nachtschicht. Die gegenüber der Muchowschen Maschine etwas verringerte Leistung ist durch die geringere Arbeitsbreite der Maschine bedingt. Der Wendekreis der Faun-Maschine beträgt 11 m.

Die Reinigungsarbeit ist gut. Die Säuberung des Rinnsteins ist nicht so gut wie die Fahrdammreinigung. Die Maschine muß scharf an die Bordschwelle herangesteuert werden, besonders dann, wenn die Borsten schon etwas abgenutzt sind. Die Güte der Arbeit hängt mit von der Geschicklichkeit des Fahrers ab. Der Führersitz ist, um dem Fahrer die Arbeit der Rinnsteinreinigung zu erleichtern, sehr weit rechts angebracht.

Abb. 3 und 4
Straßenkehrmaschine der Faun-Werke, Nürnberg, mit benzin-elektrischem Antrieb.




Bei der praktischen Arbeit können die selbstaufnehmenden Kehrmaschinen (mit Ausnahme der Karrier-Maschine, die am besten allein arbeitet) mit Kraftkehrmaschinen der bisherigen Art in der Weise zusammenarbeiten, daß die einfachen Kraftkehrmaschinen vorweg arbeiten und die selbstaufnehmende Maschine, die ebenfalls eine volle Arbeitsbreite leistet, dabei den von der einfachen Maschine zusammengebrachten Strich mit aufnimmt. Die Kosten sind dann etwas geringer als bei der einzeln arbeitenden selbstaufnehmenden Maschine.

### Asphaltreinigungsmaschinen

Die Kehrmaschinen werden nur zur Reinigung von Steinpflaster benutzt. Für die Reinigung von Asphaltstraßen sind sie nicht geeignet. Auf dem Asphalt bildet sich bei Trockenheit unter der Einwirkung des Verkehrs eine fest an der Oberfläche haftende, glattgewalzte Schmutzkruste, der mit Kehrmaschinen nicht beizukommen ist. Selbst grober Schmutz haftet oftmals so fest an der Straßendecke, daß er mit einer Kehrmaschine nicht entfernt werden kann. Man hat für die Reinigung der Asphaltstraßen besondere Maschinen, die Asphaltwaschmaschinen, Abb. 5, konstruiert. Diese Maschinen sind mit einem Wasserbehälter von 3.5 m³ Fassungsraum, einer Sprengvorrichtung und einer umlaufenden, mit Gummistreifen spiralförmig besetzten Gummiwalze ausgerüstet. Der Straßendamm wird zunächst angenäßt, dann wird die Gummiwalze eingeschaltet, die das Spülwasser vor sich her und zur Seite treibt, wobei der Schmutz in die Entwässerungsanlagen gespült wird. Das Aufweichen des Schmutzes nimmt heute mehr Zeit in Anspruch als früher, weil der Schmutz mit Öl durchsetzt ist (Tropföl von Kraftwagen).

Es sind Versuche im Gange, die Benetzungsfähigkeit des Leitungswassers durch den Zusatz geeigneter Chemikalien zu erhöhen, auch hat man versucht, an Stelle von Waschmaschinen sogenannte Spritzmaschinen, Abb. 6, zu benutzen. Diese Maschinen, die ohne Waschwalze arbeiten, spritzen das Spülwasser unter starkem künstlichen Druck aus besonders für diesen Zweck konstruierten Düsen unter einem spitzen Winkel auf die Straße. Der scharfe Wasserstrahl soll die auf der Straßendecke haftenden Schmutzteilchen losreißen und sie durch die starke Strömung in die Anlagen der Stadtentwässerung abschwemmen.

Eine befriedigende Reinigungsarbeit wurde mit diesen Maschinen nur im unmittelbaren Bereiche des Wasserstrahles erzielt. Es ergaben sich außerdem gewisse Schwierigkeiten daraus, daß die Einläufe der Stadtentwässerung die großen Wassermassen, die von

Abb. 6
Spritzmaschine mit feststehendem Gummistreifen und angehängter Schrubbermaschine.
Bauart Schörling, Hannover.

diesen Maschinen auf die Straße geworfen werden, nicht sofort aufnehmen konnten, so daß das Wasser zurückflutete und neue Ablagerungen von Schmutz entstanden. Um diese Ablagerungen zu beseitigen und die Arbeitsleistung zu verbessern, hat man die Spritzmaschinen mit Schrubberstreifen ausgestattet und außerdem noch besondere Schrubbermaschinen angehängt, kleine, dreirädrige Fahrzeuge, die bei der Arbeit seitlich herausgestellt werden und mit schiefwinklig zur Fahrtrichtung gestellten feststehenden Gummistreifen das Schmutzwasser gegen die Bordschwelle drücken.

### Die Reinigung von Straßensinkkästen

ohne Einsatzeimer ging bisher in der Weise vor sich, daß der darin abgelagerte Schmutz von Arbeitern mit langstieligen Baggerschaufeln ausgehoben und in Handkarren geschüttet wurde. An bestimmten Sammelplätzen wurden die Handkarren entleert, der Schmutz wurde auf die Straße geschüttet und am Schluß der Arbeit in Abfuhrwagen geschaufelt. Dieses Verfahren ist in gesundheitlicher Beziehung nicht einwandfrei und auch nicht wirtschaftlich. Man ist deshalb seit langem bestrebt gewesen, den Schlamm auf mechanischem Wege — durch Absaugen — aus den Gullys zu entfernen. Die zuerst benutzten Saugwagen, bei denen der Kessel durch Entzündung eines explosiblen Gemisches luftleer gemacht wurde, konnten sich nicht einführen. In der allerneuesten Zeit ist es gelungen, recht beachtliche Erfolge mit Baggersaugwagen zu erzielen, deren Kessel durch Absaugen der Luft mit Pumpen luftleer gemacht wird. Die Schwierigkeit bei der mechanischen Gullyentleerung liegt darin, daß der in den Sinkkasten abgelagerte Schmutz, der aus schweren Sinkstoffen besteht, allmählich zu einem äußerst zähen Kuchen zusammenbackt. Dieser zähe Schlamm muß vor dem Absaugen aufgerührt werden. Dazu kann man Frischwasser benutzen, das in einem besonderen Behälter mitgeführt wird, oder aber das aus dem Gully abgesaugte, im Schlammkessel geklärte Schlammwasser.

Ein von den Daimler-Benz-Werken mit einem Aufbau der Ref-Werke in Stuttgart herausgebrachter Baggersaugwagen, Abb. 7, der bei der Berliner Straßenreinigung seit längerer Zeit benutzt wird, besteht aus einem 5 t-Lastkraftwagen-Fahrgestell mit daraufgesetztem kippbaren Kesselaufbau. Der Kessel besteht aus zwei Teilen. Die hintere größere Kammer dient zur Aufnahme des Schlammes, die vordere zur Aufnahme des Spülwassers. Beide sind miteinander verschraubt und durch einen herausnehmbaren Zwischenboden getrennt. In dem Zwischenboden sitzt in etwa zwei Drittel der Höhe ein Kugelventil, das sich beim Kippen des Kessels schließt. Am Boden der Schlammkammer befinden sich der Auslaufstutzen mit Auslaufventil und zwei Absperrschieber mit Schlauchanschlüssen. Der Wagen ist mit einer umlaufenden Luftpumpe mit Rückschlagventil ausgestattet, die vom Fahrmotor angetrieben wird. Der vordere Kessel steht durch ein am Dom angeflanschtes Rohr mit der Luftpumpe in Verbindung. Mit Hilfe eines in die Rohrleitung eingebauten Schalthahnes können die beiden Kammern des Kessels ausgepumpt oder unter Druck gesetzt werden.

Abb. 5. Elektrisch angetriebene Asphaltwaschmaschine neuester Bauart.

Die Arbeitsweise war so gedacht, daß in dem von deren Kessel Frischwasser mitgeführt wird, das durch ein unter dem Kessel zurückgeführtes Rohr geleitet und zum Aufrühren des Schlammes im Gully benutzt werden kann. Im weiteren Verlauf der Arbeit, wenn der Schlammkessel zu etwa zwei Drittel gefüllt ist, tritt geklärtes Schlammwasser aus dem Schlammkessel in den Wasserkessel über. Das nicht verbrauchte Spülwasser kann am Schluß der Arbeit abgelassen werden. Die bisherigen Versuche haben ergeben, daß es möglich ist, ohne die besondere Wasserkammer auszukommen. Das Schlammwasser klärt sich im Kessel soweit vor, daß es zum Spülen unmittelbar aus dem Schlammkessel in den Gully gedrückt werden kann. Mit einem nach diesem Grundsatz von der Firma Schörling in Hannover hergestellten Aufbau sind bereits vor längerer Zeit Versuche gemacht worden. Ein verbesserter Aufbau soll demnächst in Betrieb genommen werden.

Ein weiterer Baggersaugwagen, der ursprünglich für die Reinigung der Stadtentwässerungsanlagen von Schlamm gebaut war, jetzt aber soweit vervollkommnet worden ist, daß er auch für die Gullyreinigung benutzt werden kann, wird von Herm. J. Hellmers in Hamburg hergestellt, Abb. 8. Als Fahrgestell dient ein normales elektrisch angetriebenes 5 t-Fahrgestell der Hansa-Lloyd Werke. Der Aufbau besteht aus einem stehenden zylindrischen Schlammkessel von 2 m³ Fassungsraum und einem Wasserbehälter für das Spülwasser. Die Pumpe wird von einem besonderen Elektromotor angetrieben. Als Kraftquelle dient die Batterie des Fahrzeuges. Am Wagen ist eine Winde angebracht, die beim Reinigen der Kanäle vom Schlamm zum Ziehen der Reinigungsbürsten benutzt wird. Wagen dieser Bauart sind in Bremen und in Hamburg in Betrieb.

### Andere Straßenreinigungsfahrzeuge

Die seit einiger Zeit versuchsweise in Betrieb genommenen Streumaschinen sollen das Bestreuen der Straßen mit abstumpfenden Stoffen bei Winterglätte beschleunigen. Diese Maschinen sind entweder als zweirädrige oder als vierrädrige Anhänger gebaut. Die eigentliche Streuvorrichtung besteht aus einem Streu-

Abb. 7
Baggersaugwagen der Daimler-Benz-Werke mit einem Aufbau der Ref-Werke, Stuttgart.

ller, der mit strahlig verlaufenden Querleisten versehen nd waagerecht an einer senkrecht stehenden Welle anebracht ist. Der Antrieb der Welle wird von der chse (Hinterachse) abgenommen und durch Zahnäder übertragen. Die Umdrehungsgeschwindigkeit nd damit die Streubreite ist durch ein Getriebe regelar. Das Streumaterial wird durch Förderschnecken der Rührwerke zugeführt, der Abfluß des Materials um Streuteller läßt sich mittels Schieber regeln. Die i e r r ä d r i g e n Streumaschinen haben einen besonderen Wagenkasten, in dem das Streumaterial mitgeführt ird, als Zugwagen dienen die bei Winterglätte nicht n Betrieb befindlichen Arbeitsmaschinen, wie Kehrmaschinen usw. Die z w e i r ä d r i g e n Streumaschinen erden an Lastkraftwagen angehängt, in deren Wagenasten die Streustoffe untergebracht sind. Das Einschaufeln er Streustoffe wird von Arbeitern ausgeführt, die im Wagenkasten stehen.

Die K r a f t s c h n e e p f l ü g e[2]) sind in der letzten Zeit dadurch verbessert worden, daß die Schaufeln mit einem gelenkförmig befestigten Schuh ausgestattet worden sind, der bei der Arbeit von starken Federn in einer Lage gehalten wird, beim Anstoßen an unüberwindliche Hindernisse, wie Weichenzungen der Straßenbahngleise usw., aber zurückschnellen kann. Soweit es sich bei Bauart der Fahrzeuge gestattet (z. B. bei elektrischen Lastkraftwagen), hat man die Schaufeln des Schneepfluges zwischen Vorder- und Hinterachse des Fahrzeuges angebracht. Zugleich ist der beweglichen Schaufel eine feststehende Schaufel vorgelagert worden, die nicht ganz herabgelassen werden kann, bei einer bestimmten Schneehöhe also die obere Lage des Schnees abstreift. Dadurch wird verhindert, daß der eigentliche Schneepflug sich verstopft und festfährt.

Der Angriff der jetzt üblichen Schaufeln, die spitzwinklig angebracht sind und von starken Federn fest an die Straßendecke angepreßt werden, ist bei harter Schneedecke noch immer nicht ausreichend. Ein Abräumen des Schnees mit Schneepflügen ist meist nur möglich, bevor der Schnee festgefahren wird oder wenn die hartgewordene Schneedecke vom Schwerfuhrwerkverkehr wieder zertrümmert worden ist.

Die Versuche mit S c h n e e s c h m e l z m a s c h i n e n stecken noch in den ersten Anfängen. Die Berliner Straßenreinigung hat die erste Schneeschmelzmaschine vor zwei Jahren angekauft. Praktische Versuche konnten aber im Winter 1927/28 nur an einem einzigen Tage vorgenommen werden, und auch da mußte der Schnee für den Versuch buchstäblich zusammengekratzt werden. Dafür bot der diesjährige schneereiche Winter um so mehr Gelegenheit zur Erprobung dieses neuen Gerätes.

Die Maschine ist eine sogenannte finnische Schneeschmelzmaschine. Auf einem Fahrgestell ist ein Feuerungsschacht aufgebaut, der von einem Wassermantel umgeben ist. Am oberen Rande des Wassermantels befinden sich Düsen, aus denen heißes Wasser herausspritzt. Oben läuft um den Wassermantel herum eine Wasserrinne, auf die der Schneetrichter aufgesetzt wird. Die aus der Abdeckung des Feuerungsschachtes ausströmenden Feuerungsgase und das aus dem Wassermantel herausspritzende heiße Wasser schmelzen den im Trichter angehäuften Schnee nieder, das Schmelzwasser fließt aus der Abflußrinne in einen Klärbehälter, von dem geklärten Wasser wird ein Teil durch eine elektrisch angetriebene Pumpe in den Wassermantel gedrückt, alles übrige fließt durch einen besonderen Ablauf in die Straßengullys. Als Kraftquelle für den Motor der Pumpe dient die Batterie eines Elektrokarrens, der als Zugwagen für die Schneeschmelzmaschine benutzt wird und den Brennstoff mit sich führt. Die Leistung der Maschine beträgt etwa 17 m³ in der Stunde bei 85 kg Brennstoffverbrauch (Koks). Die Leistung ist nicht sehr groß; die gesamten Betriebskosten stellen sich etwa ebenso hoch wie die Kosten der Abbeförderung des Schnees zu den öffentlichen Wasserläufen oder den Einschüttstellen der Stadtentwässerungsanlagen. Auf technische Vollkommenheit kann die Maschine noch keinen Anspruch machen.

Die F ö r d e r g e r ä t e zum V e r l a d e n v o n S c h n e e auf Abfuhrwagen unterscheiden sich von den üblichen Förderanlagen für Schüttgut nur dadurch, daß sie mit einer selbsttätigen Aufnahmevorrichtung ausgestattet sind, die den am Rande des Straßendammes aufgeschichteten Schnee erfaßt. Bei den hohen Anschaffungskosten solcher Maschinen läßt sich ihre Benutzung nur dann rechtfertigen, wenn noch andere Arbeiten für sie vorhanden sind. Es ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht vertretbar, große Kapitalien für die Anschaffung von Geräten aufzuwenden, die nur an wenigen Tagen im Jahre, mitunter überhaupt nicht gebraucht werden. Ob es möglich ist, genügend andre Arbeit zu beschaffen, läßt sich zur Zeit noch nicht übersehen. [B 2816]

[2]) Vergl. a. Z. Bd. 72 (1928) S. 563.

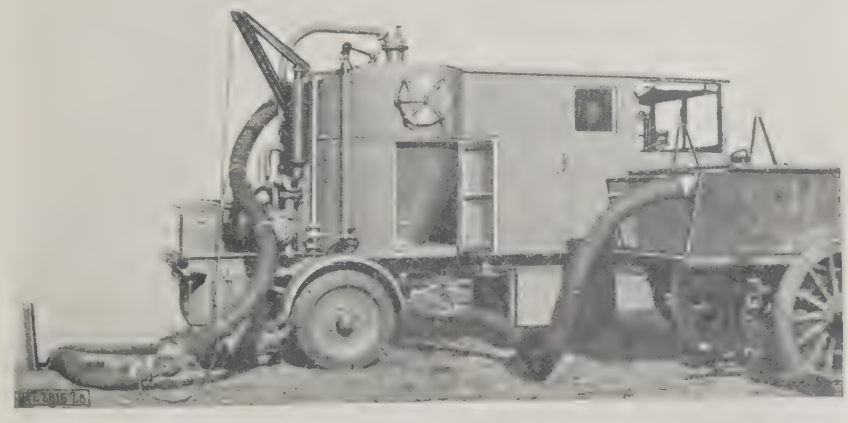


Abb. 8
Baggersaugwagen von Herm. J. Hellmers, Hamburg.

# Die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz[1]

*Von Dr.-Ing. ROBERT WOLFF, Göttingen*

### Schmierschichtdicke und Gleitfähigkeit

Außer dem Suchen nach Lagermetall, Öl und Lagerform für höhere Belastung, Geschwindigkeit, Lagertemperatur und Einlauffähigkeit hat auch das theoretische Forschen nach dem Wesen der Gleit- und Einlauffähigkeit einen großen Umfang angenommen. Die Vorstellungen darüber widersprechen sich aber derart, daß der Mangel einer ausreichenden Nachprüfmöglichkeit offensichtlich ist; denn die an sich gut bekannten Verhältnisse der Reibung und des Öldrucks sind für eine Entscheidung über die Richtigkeit der Vorstellungen nicht ausreichend. Es ist ferner ein Grundfehler in unseren Lagerversuchswerken, daß die meisten Versuche mit 1 oder noch weniger kg/cm² mittleren spezifischen Druckes bei geringer Lagerluft und niedriger Lagertemperatur gemacht wurden und daß damit ein Einfluß des Lagermetalls von vornherein wegfällt.

Alle Vorstellungen (Theorien) sind sich darin einig, daß eine vollkommene Ölschicht zwischen den beiden Oberflächen trotz des hohen Druckes besteht und daß sie allein den großen Unterschied gegenüber der trockenen Reibung erklärt. Daher müssen physikalische Prüfgeräte (alle Zähigkeitsprüfer, Schlüpfrigkeitsprüfer, Meßgeräte nach Dallwitz-Wegener usw.) und alle Lagerprüfstände vorher den Beweis erbringen, daß sie die Fähigkeit zur Schmierschichtbildung messen und nicht irgendeine andere physikalische, unter Umständen belanglose Konstante (Oberflächenspannung, Kohäsion, Randwinkel, Ausbreitungsvermögen, Lenardsche Zahl, Oberflächenglätte, Diffusion usw.). Es stecken zudem schon in dem landläufigen Wort „Gleitfähigkeit" zwei Vorstellungen: erstens geringe Reibung bei flüssiger Schmierung und zweitens Sicherheit gegen Anfressen oder Abnutzung bei halbflüssiger Schmierung oder beim Anlauf. Manche Ölwerke nutzen diese Verwirrung aus, indem sie durch Verwendung dünneren Öles in einem bisher kaltlaufenden Lager eine Reibungsverminderung hervorrufen, wobei man aber die Schmierschichtdicke und damit die Sicherheit verkleinert. Ferner sind die meisten hochangepriesenen „Kühlöle" nur sehr dicke Öle, die als Zusätze die Zähigkeit heraufsetzen und dadurch in warmlaufenden Lagern die besten Erfolge haben können, wenn das Warmlaufen wegen teilweiser aber fortwährender metallischer Berührung entstanden ist. Es ist das erste Ziel praktischen Strebens, eine genügende Schmierschichtdicke zu erzeugen und die metallische Berührung auszuschließen. Die Fähigkeit der einzelnen Stoffe, im Zusammenhang mit anderen eine möglichst dicke Schmierschicht zu erzeugen, ist dann ihre vor allem als solche zu bezeichnende Gleitfähigkeit. In den meisten Fällen ist die Reibung das Zweitwichtigste.

Die bisher bekannten Verfahren zur Messung der Schmierschichtdicke befriedigen nicht, und zwar bestehen die Schwierigkeiten in der schlechten Zugänglichkeit des Lagers, in der Kleinheit des Maßes, in der Unruhe der Welle beim Laufen, in der nicht zu vermeidenden stellenweise metallischen Berührung und vor allem in der gegenüber der Schmierschichtdicke großen Auswirkung der Lagerwärme auf alle benachbarten Teile. Der Hauptzweck der vorliegenden Arbeit ist, ein zuverlässiges und genaues Meßverfahren für die Schmierschichtdicke zu geben. Das beschriebene Meßverfahren wurde vorerst nur zur Messung des Temperaturdauerzustandes benutzt; man kann es jedoch leicht zur fortlaufenden, photographischen Aufschreibung einrichten, so daß sowohl die persönliche Beobachtung entfällt, als auch das Messen nichtstationärer Zustände möglich ist.

### Das Meßverfahren

Das neue Meßverfahren, Abb. 1 und 2, benutzt die *Fraunhofersche* Interferenz an feinen Spalten, wobei der Spalt aus der Welle $a$ und einer an der Lagerschale befestigten Schneide $y$ besteht. Die Schneide wird mittels der Teile $k$ bis $m$ gehalten und eingestellt. Abb. 2 zeigt weiterhin links das optische Gerät zur Erzeugung eines parallelen Lichtbündels homogener Wellenlänge. Das optische Gerät ist unabhängig vom Versuchsstand und der einstellbare Spalt $x$ kann als Ausgangspunkt für das am besten grüne Lichtbündel betrachtet werden. Senkrechte und waagerechte Verlagerung der Lagerschale gegenüber der Welle wird von der Rasierklinge $y$ in gleicher Größe mitgemacht und verändert den geringen Spalt zwischen ihr und Welle $a$ und damit die Interferenzwirkung stark. Der Spalt ist im Stillstand so klein gehalten, daß er sich im Laufen nicht durch zufällig an die Welle gelangende Staub- und Ölteilchen verstopft.

Das Licht zwischen einstellbarem Spalt $x$ und Meßspalt $y$—$a$ kann als parallel angesehen werden, weil die Größe beider Spalte gegenüber der Entfernung verschwindet. Homogenität und Parallelität sind Voraussetzung für klare und bis in hohe Ordnungen hinauf unverwaschene Interferenzstreifen. Die Ableselupe $z$ hat eine geringe Vergrößerung und der Beobachter $a_1$ mißt mittels eines Mikrometermeßschlittens den Abstand der Interferenzstreifen vom besonders hellen Mittelstreifen in der Ebene des Fadenkreuzes in der Lupe.

Bei einem aus zwei Schneiden gebildeten Meßspalt entsteht der in Abb. 3 dargestellte Fächer an

[1]) Auszug aus der gleichnamigen Arbeit des Verfassers, Nr. 308 der Forschungsarbeiten des Vereines deutscher Ingenieure, Berlin 1928, VDI-Verlag.

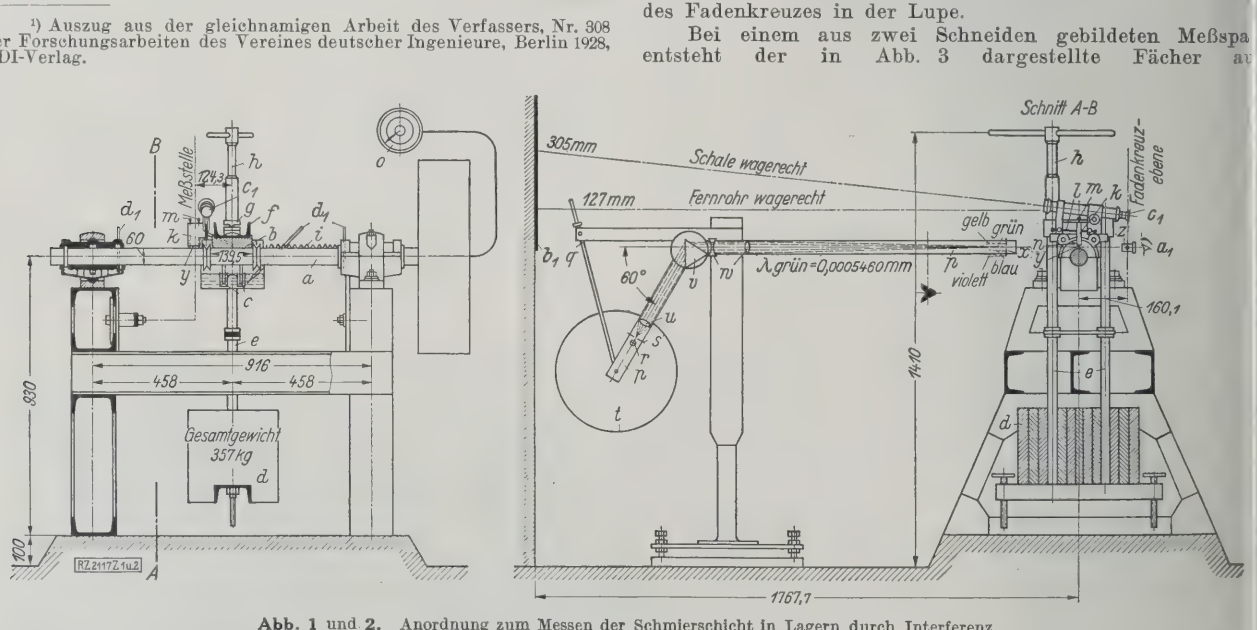



**Abb. 1 und 2.** Anordnung zum Messen der Schmierschicht in Lagern durch Interferenz.

$a$ Welle mit Bunden, links geführt
$b$ Lagerschale, von unten geschmiert
$c$ Ölförderrollen
$d$ Gewichte
$e$ Zugstangen für die Last
$f$ U-Träger als Zwischenstück
$g$ Einstellringe nach zwei Richtungen
$h$ Mutterschlüssel zum Verwinkeln
$i$ Axialfedern (2 Stück mit je 5 kg Zug)
$k$ Schneidenhalter
$l$ Stellschräubchen für Schneidenhalter
$m$ Stellschräubchen für Schneide
$n$ Festspannschräubchen für Schneide
$o$ Deuta-Geschwindigkeitsmesser
$p$ optische Schiene nach Zeiss
$q$ Verstellung der Lichtachse
$r$ Quecksilber-Quarzglas-Lampe
$s$ Blechspalt zum Aussondern eines schmalen Lichtbündels
$t$ Umhüllung aus Pappe als Lichtschutz
$u$ Kondensor für paralleles Licht
$v$ Prisma zur Trennung der Farben (Wellenlängen)
$w$ Linse zur Abbildung von $s$ in Ebene $x$
$x$ einstellbarer Spalt zur Auslese einer bestimmten Farbe und eines noch schmaleren Lichtbündels als $s$
$y$ Meßschneide (Hobelklinge)
$z$ Okularlupe zum Ausmessen der Interferenzstreifen in der Fadenkreuzebene der Lupe
$a_1$ Beobachter
$b_1$ Maßstab fest an Wand als Winkelmaß für $c_1$
$c_1$ Fernrohr fest an Lagerschale zur Messung ihrer Verwinkelung (Neigung)
$d_1$ Quecksilber-Thermometer (4 Stück)

Der ganze Versuchsstand steht in einem dunkeln Raum, aus dem nur die Riemenscheibe herausragt. Dieser Raum (Umhüllung) ist nicht gezeichnet.

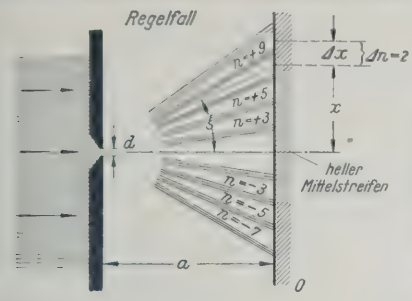



Abb. 3

Abb. 4

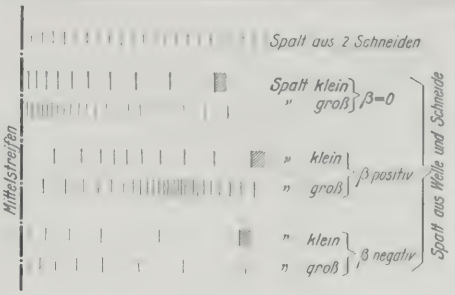



Abb. 5

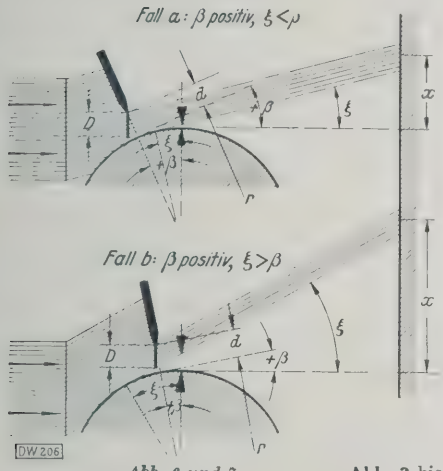



Abb. 6 und 7

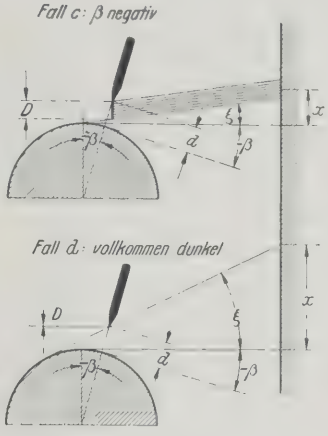



Abb. 8 und 9

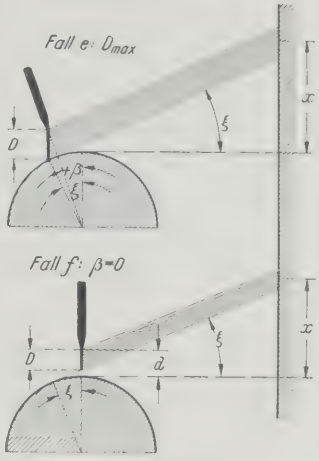



Abb. 10 und 11

**Abb. 3 bis 11.** Verzerrung der Interferenzstreifen.

hellen und dunklen, nicht scharf gegeneinander abgesetzten Streifen. In der Strahlrichtung gesehen ergibt sich Abb. 5 oben. Die Streifen sind um so breiter, je enger der Spalt ist, sind einander genau gleich breit und haben nach beiden Seiten keine Begrenzung. Die Streifen sind um so heller oder dunkler, das heißt um so ausgeprägter, je näher sie dem deutlich erkennbaren, besonders hellen mittleren Streifen liegen, und verlaufen schließlich ineinander. Bei dem hier vorliegenden Spalt aus Welle und Schneide ist die Folge der Interferenzstreifen durch die Wölbung der Welle verzerrt. Die Welle wirkt um so stärker verzerrend, je größer sie ist, woraus weiterhin folgt, daß die Verwinkelung der Schneide, das heißt der Winkel der Lichtrichtung mit der Wellentangente im Meßspalt, großen Einfluß gewinnt. Die verschiedenen grundsätzlichen Möglichkeiten sind in Abb. 5 dargestellt, allerdings nur zu der von der Welle abgekehrten Hälfte, da auf der andern Hälfte nur durch Überlagerungen gestörte Streifenbilder in geringer Ausdehnung zu sehen sind. Es fällt auf, daß das Streifenbild auch im Symmetriefall (keine Verwinkelung. Fall *f*, Abb. 11) nicht gleiche Abstände zeigt und in allen Fällen durch eine vollkommene Dunkelheit begrenzt ist (eingezeichnet nur in den Fällen, wo dies sehr bald geschieht).

Diese Interferenzerscheinungen erfordern eine neue, für den Spalt aus Welle und Schneide gültige Formel, in der neben dem eigentlichen Spalt $d$ die Verwinkelung $\beta$ enthalten ist. Umgekehrt ist es nach ihrer Kenntnis möglich, aus den Verzerrungen die Verwinkelung zu errechnen. Da eine genaue Darstellung der zu diesem Zweck gemachten besonderen Messungen hier zu weit führen würde[2]), sei nur in Abb. 12 und 13 der dazu nötige Aufbau in einem Theodoliten (der Einfachheit halber mit senkrechter Schneide) dargestellt, während die Erzeugung des parallelen homogenen Lichtes dieselbe ist.

Beim üblichen Spalt aus zwei Schneiden wird[3])

$$d = \frac{a}{2}\,\frac{\lambda}{x}\,n\,;$$

beim Spalt aus Welle und Schneide wird

$$d = \frac{a}{2}\,\frac{\lambda}{x}\,n + 0{,}1193\,\frac{r}{a^2}\,x^2 - \frac{r}{2\,a^2}\,x\,b + \frac{r}{2\,a^2}\,b^2,$$

wobei $\lambda$ die Wellenlänge des Lichtes bedeutet; $n = 3, 5, 7, 9$ usw. entspricht, von der Mitte an gezählt, dem hellen Streifen Nr. 1, 2, 3, 4 usw. Der Mittelstreifen selbst wird nicht mitgezählt.

Faßt man nun einen Streifen bestimmter Ordnung $n$ ins Auge und verwinkelt langsam immer mehr, so wandert der Streifen zuerst nach innen, dann wieder nach außen. Für den geringsten Ausschlag $x_{\min}$ ergibt sich:

$$a\,\beta = b = \frac{x}{2} \quad \text{für } x = x_{\min}$$

und daraus

$$d = \frac{a}{2}\,\frac{\lambda}{x_{\min}}\,n - 0{,}0057\,\frac{r}{a^2}\,x^2_{\min}\,.$$

Bei einem fertig ausgemessenen Streifenbild hat die letzte Gleichung keinen Wert, da man nicht weiß, welcher Streifen gerade auf seinem Mindestwert steht. Verwinkelt man aber hin und her, bis ein bestimmter Streifen seinen Mindestwert erreicht, so genügt die Ausmessung dieses einen Streifens, um $d$ und $\beta$ zu wissen. Diese vereinfachte Berechnung ließ sich leider an dem beschriebenen Versuchsstand nicht ausführen, da eine Bewegung der Schneide nur durch Drehung der Schale um ihren Mittelpunkt erfolgen konnte, wobei die Schneide erhebliche Bewegungen senkrecht zur Welle macht. Bei dem zur Zeit in Angriff genommenen Neubau des Versuchstandes in der Versuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft in Göttingen wird deshalb die Lichtrichtung bei ruhender Schale oder Schneide veränderlich gemacht.

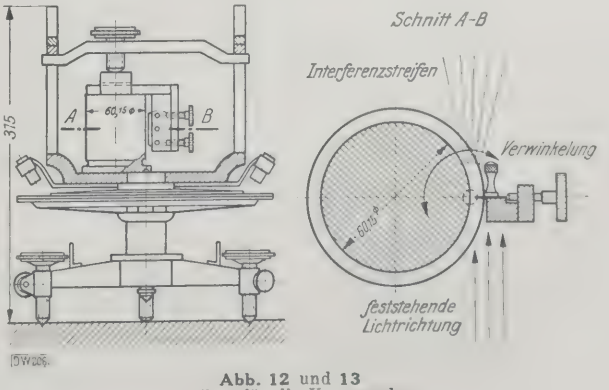



**Abb. 12 und 13**
Aufbau für die Vorversuche.

[2]) Vergl. Forschungsheft 308, Anm. 1.
[3]) Erklärung der in den Formeln verwandten Zeichen siehe Abb. 3 bis 11.

### Versuchstand

Die bisherigen Meßverfahren bestimmten den Verlagerungswinkel und die geringste Schmierschichtdicke durch Messung der senkrechten und waagerechten Verlagerung. Der Verfasser schlug einen neuen Weg mit Hilfe der Schalenverwinkelung ein, der die Sicherheit des Ergebnisses erhöht. Die Schale wird bei einer bestimmten Last und Geschwindigkeit um kleine Winkel nach beiden Seiten gegenüber der Regellage verwinkelt, so daß die Meßschneide an verschiedenen Stellen den Abstand zur Welle messen kann. Falls der geringste Abstand ungefähr in der Schalenmitte, also im Verwinkelungsgebiet, liegt, läßt er sich nach Abb. 14 bis 18 unmittelbar abgreifen; falls er erheblich nach einer Seite verlagert ist, muß mit einer schon vorher aus der Lagerluft errechenbaren Schablone extrapoliert werden, da die Verwinkelung der Schale keine großen Beträge erreichen darf. Abb. 16 zeigt, daß schon eine geringe Verwinkelung erhebliche Veränderungen des Schneidenabstandes oder der Schmierschichtdicke verursacht. Es ist also nur ein einziger Strahlengang, wenn auch eine erhöhte Anzahl von Messungen nötig. Die Lagerluft geht nur in Größe einer Berichtigungskonstanten ein; ein Spiegel, auch ein versetzter, macht nichts aus. Durch die von uns geübte Schalenverwinkelung von $-2\frac{1}{2}°$ bis $+6\frac{1}{2}°$ gegenüber der Regellage der Schale, in der das Lager bis zur Erreichung des Temperatur-Dauerzustandes läuft, wird die Umschließung des Spiegels, wie des ganzen Lagers, um dieselbe Größe verändert, was bei unserem Spiegel von $\pm 21{,}5°$ und bei einer Schale von $\pm 90°$ Umschließung unbedenklich erscheint und den Schmierzustand des ganzen Lagers nicht verändert.

Die Genauigkeit von Interferenzmessungen wird gewöhnlich zu $\pm 5$ vH für den einzelnen Streifen angegeben, das heißt, daß man den Abstand zweier heller Streifen mit Sicherheit in zehn Teile teilen kann. Da bei unseren Verhältnissen der zwanzigste helle Streifen am Versuchstand die beste Genauigkeit ergab, so ist die Genauigkeit in diesem günstigen Ablesebezirk $\pm 0{,}25$ vH. Da der Meßspalt im Stillstand 0,13 mm und im Laufen höchstens 0,24 mm betrug, bedeutet dies im Stillstand $\pm \frac{1}{4}\,\mu$ und im Laufen $\pm \frac{1}{2}\,\mu$. Die Genauigkeit der Vorversuche zur Feststellung der neuen Interferenzformel war größer, weil die Welle in Ruhe war und eine höhere Streifenordnung abzulesen gestattete. Die Meßgenauigkeit ist größer als der Gegenstand selbst hergibt; denn man findet trotz möglichster Gleichhaltung aller Umstände selten zwei Tage, an denen der Meßspalt im Stillstand auf $\pm 1\,\mu$ und im Laufen auf $\pm 2\,\mu$ gleich wäre, was einer Streuung von $\pm 1$ vH im Stillstand wie im Laufen gleichkommt.

Der Winkel der Wellentangente im Spalt mit der Lichtrichtung geht als Nebenergebnis aus der Interferenzformel hervor, und zwar mit der hohen Genauigkeit von $\pm 14'$. Die seitliche Verlagerung $\delta$, Abb. 14 bis 18, läßt sich mit Hilfe des Verwinkelungsverfahrens bei nur einem Strahlengang auf $\pm \frac{1}{2}°$ genau bestimmen.

### Versuchsdurchführung

| | |
|---|---|
| Durchmesser der Welle im Lager . . . . | $2r = 59{,}72$ mm |
| Durchmesser der Schale . . . . . | $2R = 60{,}36$ mm |
| Einfache Lagerluft . . . . . | $R - r = 0{,}32$ mm |
| Länge der Welle zwischen den Bunden . . . . | 139,5 mm |
| Länge der Schale bis zu den Anlaufflächen . . | 138,7 mm |
| Seitliche Lagerluft . . . . . | 0,8 mm |
| Tragende Länge der Schale (Länge des Spiegels) | 118,0 mm |
| Senkrechte Last . . . . . | 357,0 kg |
| Mittlere spezifische Lagerbelastung . . . . . | 5,06 kg/cm² |

(Sie ist wegen der großen Lagerluft verhältnismäßig groß.)

Die hochzinnhaltige, ausgesprochen heterogene Legierung nach DINORM WM 80, bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft als „RE"-Lagermetall bekannt, hatte eine Brinellhärte von 25,3. Die Welle bestand aus Flußstahl von 60 kg/mm² Festigkeit (reine Kohlenstofflegierung). Es wurden zuerst zwei raffinierte Petroleumdestillate (schwarze Mineralschmieröle) verwendet, die bei der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft als schwarzes Mineral-Sommeröl (Achsenöl) und als Heißdampf-Zylinderöl (nicht Emulsionsöl) bekannt sind. Die beiden Öle stellen hinsichtlich ihrer Zähigkeit ein mittleres und ein außerordentlich zähes Schmiermittel dar. Ferner wurde das Voltol 5045 der Rhenania-Ossag, Hamburg, benutzt, vergl. Abb. 19 bis 21.

### Messungen am Versuchstand

Die Messungen am Versuchstand mit drei verschiedenen Ölen bei je fünf Geschwindigkeiten unter Beibehaltung eines Lagermetalls, einer Last, einer Schmierungsart und einer Lagerluft genügen zu einem Beweis für die Eignung des Meßverfahrens. Es ergibt sich, daß die Zähigkeit keinen Schluß auf die Schmierschichtdicke zuläßt, und zwar nicht einmal innerhalb der benutzten üblichen Schmiermittel, so daß eine planmäßige Forschung nach einem besseren physikalisch-chemischen Kennzeichen notwendig wird. Das Versagen der Zähigkeit als eines Maßes für die Schmierschichtdicke ist eine besonders wichtige Erkenntnis, weil alle Öle zur Zeit so geprüft werden. Aus der Praxis verstummen ja auch nie die Stimmen[4]), die bestimmten Ölen eine größere Schmierfähigkeit zuschreiben, als ihrer Zähigkeit entspricht, wenn auch dabei unter Schmierfähigkeit meist der Beginn halbflüssiger Reibung verstanden wird.

In Abb. 22 bis 24[5]) sind gleichzeitig die nach der hydrodynamischen Vorstellung errechneten Werte für die geringste Schmierschichtdicke $h$ und die seitliche Verlagerung $\delta$ gemessen als Winkel zwischen der Lagermitte und der Stelle geringster Schmierschichtdicke eingetragen (dünn

[4]) *L. Gurwitsch*, Wissenschaftliche Grundlagen der Erdölverarbeitung, 2. Aufl., S. 365. Berlin 1924.

[5]) Wegen Raummangels müssen hier alle kleinen Berichtigungen, wie sie durch Wellendurchbiegung oder Erwärmung entstehen können, weggelassen werden. Die in der ursprünglichen Arbeit, vergl. Anm. 1, dargestellten Mittelungsschablonen und Meßregeln sind für die Ausrechnung von großem Wert.

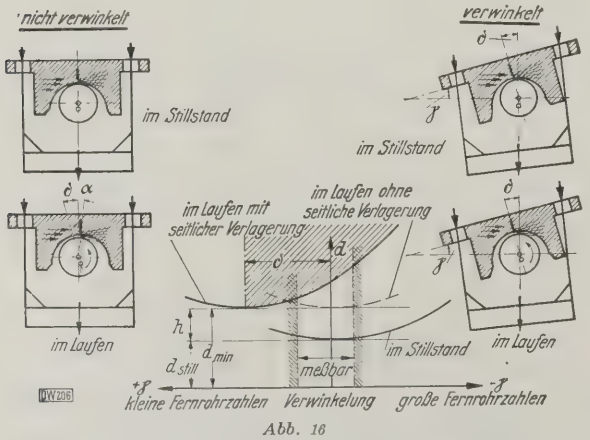



*Abb. 16*

**Abb. 14 bis 18.** Schema der Verwinkelung.

$d$ Abstand der Meßschneide von der Welle
$d_{min}$ geringst. Schneidenabstand unter einer Reihe von Messungen bei verschiedener Verwinkelung
$d_{still}$ geringst. Schneidenabstand im Stillstand als ein Kleinstwert von $d_{min} = 0{,}13$ mm (gewählt)
$h$ $d_{min} - d_{still}$ = geringste Schmierschichtdicke
$\delta$ Verlagerungswinkel der Stelle mit der geringsten Schmierschichtdicke zur Senkrechten
$\gamma$ Schalenverwinkelung

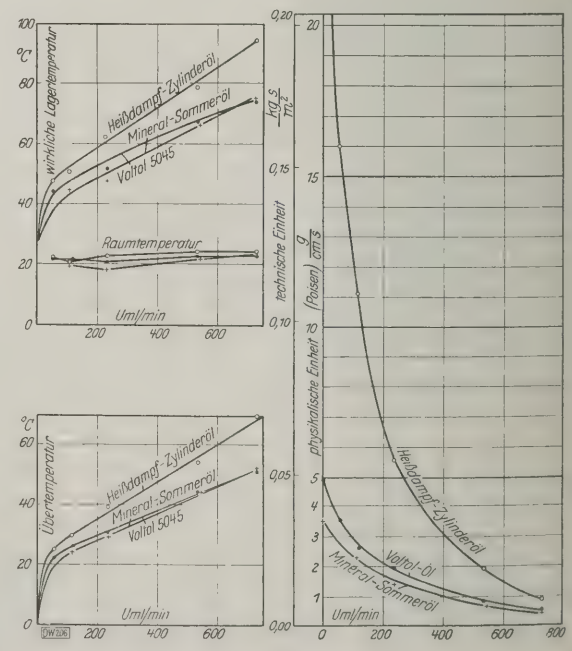



**Abb. 19 bis 21** Lagertemperatur und verwendete Zähigkeit.

ausgezogene Schaulinien), die sich am besten nach *Falz*[6]) unter Voraussetzung vollkommen glatter Oberflächen bestimmen. Hinsichtlich $h$ stimmt am besten Voltolöl, während Mineral-Sommeröl dauernd ungefähr doppelt so große Werte liefert, als die Rechnung ergibt. Heißdampf-Zylinderöl gibt teils größere, teils kleinere Werte. Die Unterschiede sind so groß, daß nicht von einer gleichbleibenden Verschiedenheit gesprochen werden kann, wie sie bei derartigen Rechnungen leicht möglich sein könnte. Hinsichtlich $\delta$ ist der Unterschied noch größer; während Voltolöl einigermaßen übereinstimmt, beträgt bei Mineral-Sommeröl der gemessene Winkel nur ein Viertel des berechneten. Bei Heißdampf-Zylinderöl tritt sogar ein sehr großer negativer Winkel auf! Diese Erscheinung beweist mehr als alles andere, daß die hydrodynamische Vorstellung und Rechnung nicht nur quantitativ, sondern auch qualitativ falsche Ergebnisse liefert[7]). Ein negativer Verlagerungswinkel bedeutet ein Ansteigen der Welle entgegen dem Drehsinn, was bei flüssiger Reibung nach der Rechnung nicht möglich ist, wobei ein solches Ansteigen bei Heißdampf-Zylinderöl bei Schmierschichten erfolgt, die eine halbflüssige Reibung ausschließen. Halbflüssige Reibung ist ferner nach der Rechnung gerade bei dem zähesten Öl ausgeschlossen. Man gewinnt den Eindruck, daß eine große seitliche Verlagerung eine kleine Schmierschichtdicke zur Folge hat. Voltolöl hat, mit Mineral-Sommeröl verglichen, durchweg kleinere Schmierschichtdicke bei größerem Verlagerungswinkel; der Höchstwert von $h$ bei Heißdampf-Zylinderöl entspricht seinem $\delta = 0$; eine große negative Verlagerung bei Heißdampf-Zylinderöl entspricht einer sehr kleinen Schmierschichtdicke. In Abb. 25 bis 27 ist der Weg des Wellenmittelpunktes in der Lagerschale vergrößert aufgezeichnet. Der durch Schraffur begrenzte Halbkreis stellt die Bewegungsfreiheit dar, die überhaupt möglich ist, und der Halbmesser entspricht mit 320 $\mu$ der einfachen radialen Lagerluft. Der dünn ausgezogene, vom tiefsten bis zum höchsten Punkt gehende Halbkreis entspricht der ungefähren Bahn des Wellenmittelpunktes nach der hydrodynamischen Vorstellung, auf dem er um so weiter fortschreitet, je geringer die Kennziffer, d. h. je höher die Drehzahl, je zäher das Öl und je geringer die Last ist. Die genaue Bahn des Wellenmittelpunktes nach der hydrodynamischen Vorstellung ist durch ein stark ausgezogenes Stück etwas außerhalb des Halbkreises angegeben und durch Schraffur mit dem Halbkreis verbunden. Auf diesem kurzen Stück bewegt sich der Wellenmittelpunkt zwischen 100 und 700 U/min hin und her, je nachdem die Kennziffer steigt oder fällt. Da die Kennziffer sich nicht gleichsinnig mit der Drehzahl ändert, wandert der Wellenmittelpunkt ungefähr zweimal

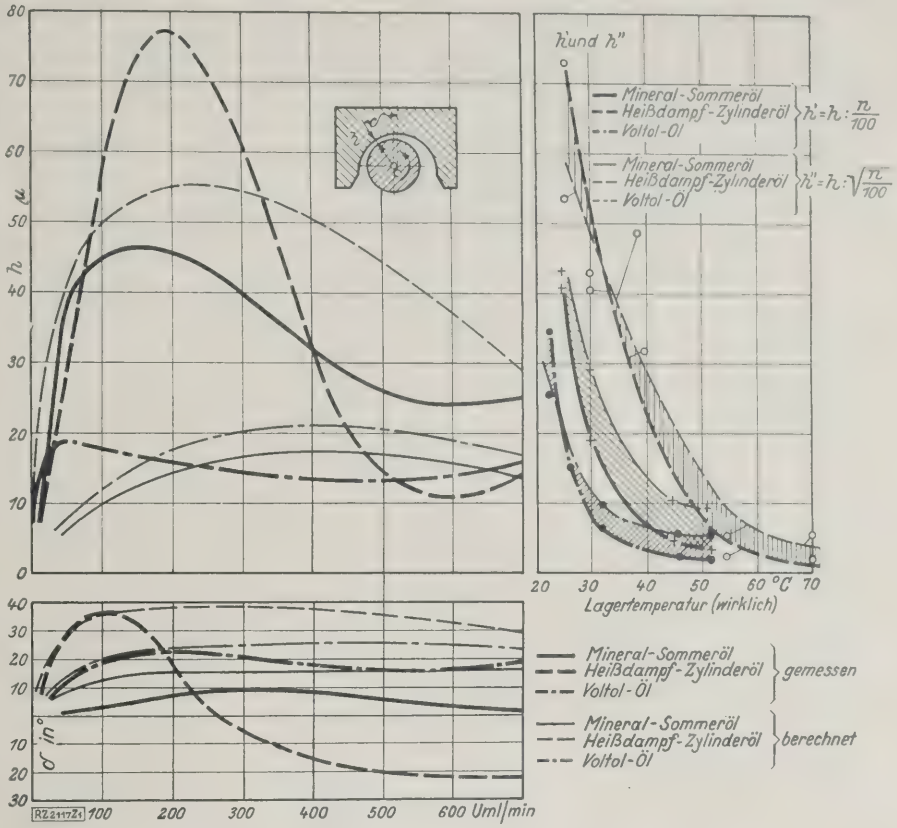



**Abb. 22** bis **24.** Geringste Schmierschichtdicke und seitliche Verlagerung.

[6]) *E. Falz*, Grundzüge der Schmiertechnik. Berlin 1926.

[7]) Die *Viewegschen* Messungen stehen demgegenüber im Einklang mit der hydrodynamischen Rechnung, wahrscheinlich weil das benutzte Lager die sehr geringe spezifische Pressung von etwa 1 kg/cm² hatte.

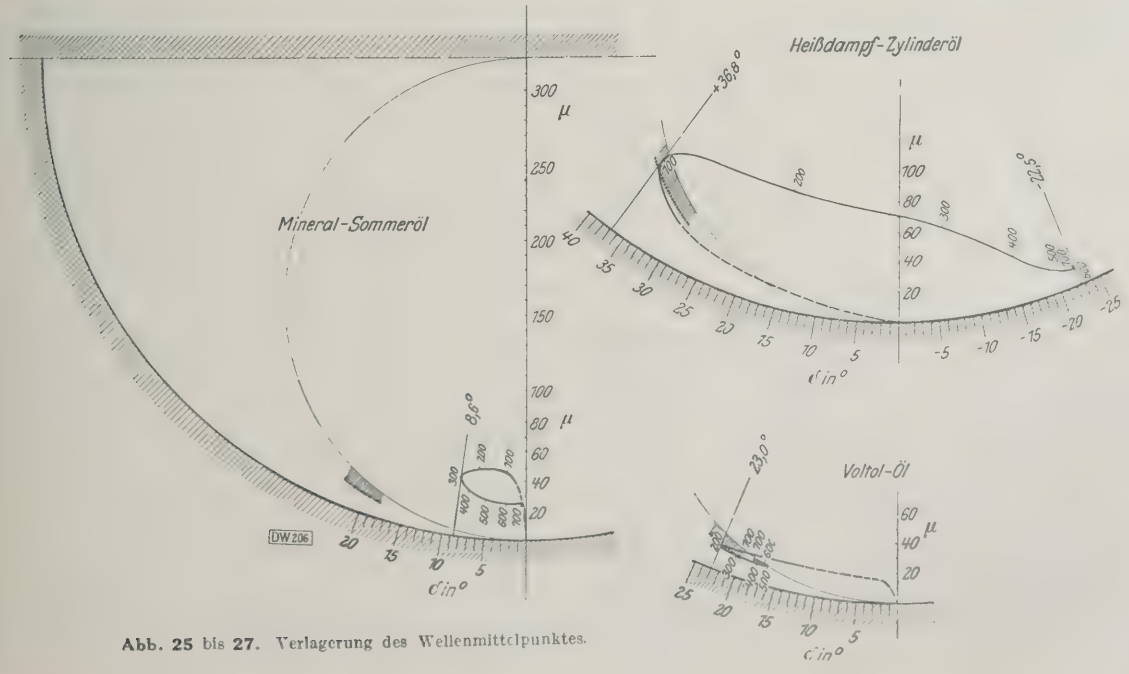



**Abb. 25** bis **27.** Verlagerung des Wellenmittelpunktes.

auf dem angegebenen Stück hin und her. Die stark ausgezogene große Schaulinie stellt die gemessene Bahn dar. Der Abstand der Schaulinie vom schraffierten Kreis stellt also wiederum die geringste Schmierschichtdicke dar. Unter 50 U/min ist die Schaulinie unsicher, insbesondere ihr Abgang vom Nullpunkt, da die Versuche nicht so weit ausgedehnt worden waren.

Die Übereinstimmung mit Voltolöl wird noch deutlicher, während bei den beiden anderen Ölen eine im Sinne von halbflüssiger Reibung wirkende Kraft mit steigender Drehzahl immer mehr überwiegt. Der bei Heißdampf-Zylinderöl besonders scharfe Knick erfolgt im Punkte bester Übereinstimmung zwischen Messung und hydrodynamischer Rechnung, während Mineral-Sommeröl vollständig abweicht. Geht man aber von der praktischen Seite aller Lagertechnik aus: geringe Reibung (geringe Ölzähigkeit) bei möglichst dicker Schmierschicht, so ist das Mineral-Sommeröl weitaus das beste. Seine geringste Schmierschichtdicke ist ein Vielfaches der rechnerisch möglichen, befindet sich schon bei geringen Drehzahlen auf dieser Höhe und strebt bei hohen Drehzahlen in derselben Höhe negativen Werten von $\delta$ zu.

Eine Erklärung des Unterschieds zwischen Rechnung und Messung läßt sich mit der Annahme einer andern Zähigkeit der Schmierschicht nicht erreichen, da die Schaulinien in Abb. 22 bis 24 teilweise auch nicht in der Nähe des dünn ausgezogenen Halbkreises liegen. Eine solche, gegenüber der im Ölprüfgerät gemessenen, veränderte Zähigkeit ließe sich mit *Kießkalt*[8]) durch den Einfluß des Druckes begründen oder durch eine Art Filterwirkung des häufig fein porösen Lagermetalles.

Das Ansteigen aller Schaulinien, Abb. 19, zu Anfang und nach 500 U/min ist offensichtlich durch die steigende Drehzahl und der Abfall in der Mitte durch die Veränderung der Öleigenschaften infolge höherer Lagertemperatur verursacht. Man kann daher nach Abb. 20 einige vorläufige Annahmen über den Einfluß der Geschwindigkeit bei gleichgedachtem (gleich warmem) Öl machen und damit die verwickelten Schaulinien für die geringste Schmierschichtdicke auf eine gleichmäßige Drehzahl, z. B. 100 U/min, umrechnen. In Zukunft wird diese behelfsmäßige Umrechnung durch eine Verbesserung des Versuchstandes unnötig werden. Der Wert der Darstellung liegt darin, daß man sich unter der senkrechten Achse unmittelbar die unbekannte Fähigkeit der Öle zur Schmierschichtbildung denken kann. Da die schraffierten Flächen sich wenig überdecken, gewinnt man einen guten Überblick: Die schmierschichtbildende Fähigkeit der Öle fällt bei gleicher Drehzahl sehr schnell mit der Temperatur. Sie steht in keiner Beziehung zur Zähigkeit. Sie weicht von der Zähigkeit auch dadurch ab, daß Mineral-Sommeröl und Heißdampf-Zylinderöl sich bei rd. 60 °C überschneiden. Die Fähigkeit des Voltolöles ist gegenüber Mineral-Sommeröl nur ein halb bis ein drittel so groß.

Der Einfluß der Oberfläche reicht offensichtlich infolge molekularer Adhäsionskräfte weit in die Schmierschicht hinein, bestimmt sie dadurch überwiegend und macht die hydrodynamische Pumpwirkung mehr oder weniger, zum mindesten bei Schmierschichtdicken von wenigen Hundertsteln Millimeter, unmöglich. Dazu führt schon die Überlegung, daß erfahrungsgemäß für die hydrodynamischen Rechnungen als Grenzwert der Belastung eine rechnerische Schmierschichtdicke von 0,01 mm angegeben wird, während *Berndt*[9]) die Rauhigkeit guter Lagergleitflächen in derselben Größe angibt, also in Übereinstimmung mit den vorliegenden Messungen die Schmierschicht wesentlich größer ist, als es die Rechnung ergibt. Danach gewinnen die einfachen Gleichungen von *Petroff*[10]) und die ihnen zugrundeliegenden Vorstellungen wieder sehr an Wahrscheinlichkeit.

[M 2117]

[8]) *S. Kießkalt*, Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik, Forschungsheft 291 des Vereines deutscher Ingenieure. Berlin 1927.

[9]) *G. Berndt*, Die Oberflächenbeschaffenheit bei verschiedenen Bearbeitungsmethoden, Loewe-Notizen Bd. 9 (1924) Heft 1 S. 26.

[10]) s. *L. Gurwitsch*, a. a. O.

## Arbeiten im Ausschuß für Wärmeforschung

Am 19. und 20. April 1929 tagte der Ausschuß für Wärmeforschung im Verein deutscher Ingenieure in Hannover[1]). Die Vorträge umfaßten thermodynamische Arbeiten, Arbeitsvorgänge in Verbrennungsmaschinen, Wärmeübergang ohne Zustandsänderung und in Verbindung mit anderen Vorgängen.

Eine technische Zustandsgleichung der Luft für das kritische und überkritische Gebiet hat *Naumann*, Karlsruhe, auf Grund von *Hausens* Zustandsdiagrammen aufgestellt; sie stimmt mit diesen zwischen — 133 ° und 0 ° und 0 bis 200 at befriedigend überein. Den Stand der Dampfforschung in Europa und in Amerika stellte *M. Jakob*, Berlin, dar. *Knoblauch* und *Koch* setzen ihre Messungen der spezifischen Wärme des Heißdampfes oberhalb 120 at fort, *Jakob* und *Fritz* die der Verdampfungswärme oberhalb 250 °. *Callendar* hat eine einfache, thermodynamisch begründete Zustandsgleichung des Dampfes aufgestellt, die bis über den kritischen Punkt gelten soll. Er vermutet zwischen 374 ° und 380,5 ° ein unstabiles Gebiet, in dem Wasser neben Dampf besteht. *Havlíček* hat den Wärmeinhalt des Dampfes bis 253 at und 500 °C gemessen. *Keenan* hat auf Grund der bekannten Gemeinschaftsarbeit verschiedener Forschungsinstitute ein neues *Mollier*-Diagramm berechnet. Das binäre System Chlorkalzium-Ammoniak hat *K. Linge*, Karlsruhe, bezüglich seiner Eignung für Kältemaschinen untersucht. Er hat an vier verschiedenen Verbindungen von Chlorkalzium und Ammoniak die Bildungswärme gemessen und von den zwei für Absorptionsmaschinen wichtigen auch die Dampfdruckkurve bestimmt.

Über die Spülung von Zweitakt-Ölmaschinen hat *K. Neumann*, Hannover, an einer Junkers-Gegenkolbenmaschine Versuche angestellt, bei denen dem Zylinder am Ende der Expansion und der Verdichtung mittels eines Ventils Gasproben entnommen und aus deren Analysen Schlüsse auf den Spülvorgang gezogen wurden. Eine entsprechende Versuchseinrichtung für eine schnellaufende Zweitaktmaschine beschrieb *O. Klüsener*, Hannover. Dabei wird die angesaugte Luftmenge mittels einer Düse und gleichzeitig der Brennstoffverbrauch durch Analyse der Verbrennungsgase gemessen. Den Verdichtungshub bei Dieselmaschinen mit geteiltem Verdichtungsraum hat *H. Mehlig*, Hannover, rechnerisch verfolgt; der Vergleich von Rechnung und Versuch zeigt u. a., daß die Strömung zwischen Kammer und Zylinder nicht adiabatisch erfolgt.

Den Wärmeübergang sehr zäher Flüssigkeiten hat *H. Kranssold*, Danzig, an zwei konzentrischen Rohren gemessen, durch die Öl im Gleich- oder Gegenstrom floß. Die Messungen ergaben, daß die endgültige Temperaturverteilung sich nur sehr langsam einstellt, alle Wärmeaustauscher für zähe Flüssigkeiten daher nur in der Anlaufstrecke arbeiten. Bei der Bestimmung des Wärmeüberganges in Rohren durch Diffusionsversuche hat *E. Wintergerst*, München, nachgewiesen, daß die Wärmeübergangszahl längs eines Rohres der Theorie entsprechend asymptotisch abnimmt. Die Wärmeabgabe von Automobilkühlern hat *K. Dehn*, München, an pendelnd aufgehängten Modellen von Wasserröhrenkühlern studiert, durch die heißes Wasser gepumpt wurde, während Kühlluft senkrecht zu den Röhrenachsen strömte. Die gemessenen Wärmeübergangszahlen lagen bei Rohrbündeln ohne Leitbleche zwischen 80 und 180 kcal/m²h °C. Den Temperaturverlauf in Regeneratoren bei Gegenstrom- und Gleichstrombetrieb hat *H. Hausen*, München, auf Grund seines Verfahrens für eine Reihe von Fällen berechnet. Bei Gegenstrom nimmt hiernach der Wirkungsgrad mit zunehmender Umschaltzeit ab, bei Gleichstrom aber unter Umständen zu.

Der Wärmeübergang beim Kondensieren von Heiß- und Sattdampf in einem waagerechten Rohr wurde von *M. Jakob*, *S. Erk* und *H. Eck*, Berlin, gemessen. Wie beim senkrechten Rohr war er bei Heißdampf etwas besser als bei Sattdampf; ferner infolge der Verschiedenheit der Dicke der Wasserhaut am Scheitel und an der Sohle beim waagerechten Rohr besser als beim senkrechten. Für Verdunstung und Wärmeübergang leitete *E. Schmidt*, Danzig, ganz allgemein die Bedingungen ab, unter denen Verdunstung und Wärmeübergang ähnlich sind. Den physikalischen und wirtschaftlichen Zusammenhang von Wärmeübergang und Druckverlust legte *A. Schack*, Düsseldorf, dar. Je schneller die Strömung, desto größer der Wärmeübergang durch Konvektion und desto kleiner und billiger somit die Anlage, desto höher aber anderseits der Druckabfall, die Ventilatorarbeit und die hierdurch bedingten Betriebskosten.

[N 3388]

Berlin *Max Jakob*

[1]) Der ausführliche Bericht über die Vorträge der Tagung ist wegen Raummangels nicht in dieser Zeitschrift, sondern im „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen" Bd. 10 (1929) Nr. 8 S. 291 veröffentlicht worden.

# Speicherbecken und Seenregelung

*Von Prof. Dr.-Ing. E. h. Dr. phil. ROBERT HAAS, Rheinfelden (Baden).*

*Kraftwerke müssen für höchsten Bedarf ausgebaut werden. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit wird danach angestrebt, Arbeit zu Zeiten des Kraftüberflusses für Zeiten des Kraftmangels aufzuspeichern. Wasserspeicher haben sich hierbei als nützlich erwiesen. Bei dem andern Mittel: Regulierung des Abflusses der natürlichen Seen des Mittellandes, können keine ganz große Arbeitsmengen gespeichert werden, und die Werke können den Abfluß aus diesen Becken nicht nach Belieben beherrschen. Statt eines Arbeitsgewinnes wird nur eine Verschiebung der Arbeitsleistung vom Vorwinter auf den Nachwinter erreicht.*

Der elektrische Strom hat gegenüber andern Handelsgütern die merkwürdige und unangenehme Eigenschaft, daß er im Augenblick, in dem er erzeugt worden ist, auch verbraucht sein muß; oder daß er in dem Augenblick, wo er verlangt wird, erzeugt werden muß. Er ist also nicht wie andre Waren lager- oder stapelbar. Das bedingt, daß die Kraftwerke und Leitungen so groß und stark gebaut werden müssen, daß sie für den größten Bedarf — und daure er nur wenige Minuten — ausreichen müssen. Der tatsächliche Bedarf schwankt stark; er ist groß in den Zeiten, in denen die Fabriken arbeiten, und noch größer in den winterlichen frühen Morgen- und Abendstunden, in denen Licht- und Kraftbedarf zusammenfallen. Für diese Belastung in nicht gerade vielen Stunden im Jahre müssen die Kraftwerke ausreichen.

Das ist bei Dampfkraftwerken nicht von so weittragender wirtschaftlicher Bedeutung wie bei Wasserkraftwerken; denn die Baukosten für die Einheit der Leistung sind bei einem Dampfwerk vielfach geringer. Bei diesen Werken kommt noch hinzu, daß ein Teil der Betriebskosten mit dem Mehr- oder Minderverbrauch an Strom sich auch ändert, weil hierbei mehr oder weniger Kohle verbraucht wird. Bei den Wasserkräften sind aber die jährlichen Betriebskosten kaum abhängig von der Zahl der verkauften Kilowattstunden.

Die meisten Wasserkräfte haben ferner gegenüber den Dampfkräften die weitere unangenehme Eigenschaft, daß ihre Leistung und daher die Stromerzeugung abhängig sind von der Wasserführung des Wasserlaufes, aus dem sie schöpfen; bald fehlt es an Kraft, bald ist Kraftüberschuß vorhanden. Die fehlende Kraft muß durch Zukauf aus Dampf-, Speicher- oder Nachbarwerken ersetzt, der Überschuß muß zu billigen Preisen verkauft werden, oder er ist wirtschaftlich verloren.

Das Bedürfnis nach Aufspeicherung von Kraft ist daher bei den Wasserkraftwerken noch viel größer als bei den Dampfwerken, und der Wunsch, Kraft zu speichern, ist so alt wie die Elektrizitätswirtschaft. Die Sammler (Akkumulatoren), die nur mit Gleichstrom zu betreiben sind, eignen sich für größere Arbeitspeicherung bei Drehstrom gar nicht, weil ein solcher Betrieb zu umständlich und vor allem viel zu teuer würde. So verfiel man auf den zweckmäßigen Ausweg, nicht Elektrizität, sondern Wasser in geeigneten Becken zu speichern. Während der Wasserfülle speist man die Becken aus natürlichen Zuläufen oder auch durch künstlich in sie hinaufgepumptes Wasser, wozu man billige, sonst kaum verwertbare Kraft aus den Flußwerken bezieht. Wenn die Wasserklemme eintritt, benutzt man den angesammelten Vorrat der Speicherwerke zur Kraftergänzung (z. B. in den Werken Schluchsee, Walchensee[1]), Murgschwarzenbach[2]), Ritom, Oberhasli). Kleinere Anlagen dieser Art dienen nur der Aufspeicherung für den Tages- und Wochenbedarf, wobei man die Überschüsse der Nächte und Sonntage zur Vermehrung der Leistung in den Industrie- und Beleuchtungsstunden verwendet. Die meisten Speicherwerke sind durch hohe Gefälle wirtschaftlich berechtigt; dadurch kommt man mit verhältnismäßig geringen Wassermengen, d. h. mit noch erträglichen Kosten des Speicherbeckens zu einem Erfolg[3]).

Die Speicherwerke enthalten eine gewisse Arbeitsmenge, die sich aus der aufspeicherbaren Wassermenge, dem Gefälle und der Anzahl der in einem Jahre möglichen Füllungen des Beckens ohne weiteres ergibt. Man kann bei richtiger Wahl der Beckengröße mit größter Sicherheit darauf rechnen, daß zu Zeiten der Kraftklemme in den Laufwerken die Speicherwerke mit ihrem Arbeitsvorrat aushelfen werden. Da sich der Mangel meist nur auf einige Monate verteilt (meistens von Anfang Dezember bis Anfang März) — vielleicht auf eine Zeit von 1000 bis 1500 Stunden —, so kann man bei großen Becken und hohen Gefällen auch erhebliche Leistungen aus den Speicherwerken für diese kurze Zeit entnehmen. Das Wäggitalwerk und das Schluchseewerk verfügen z. B. über etwa je 100 000 kW Leistung bei einer Benutzungsdauer von etwa 1300 h/Jahr.

Solche Speicherwerke sind, wenn ihre Erbauung nicht zu große Kosten erfordert, sehr nützliche Glieder in der Stromwirtschaft eines Landes. Sie sind nicht nur starke, sondern auch stets bereite, zuverlässige Helfer; man kann auf sie in Zeiten der Not rechnen, was sich z. B. auch in den Frostmonaten des vergangenen Winters gezeigt hat, als einzelne Laufwerke eingefroren waren.

Die Speicherwerke haben meistens künstliche Becken. Wenn man auch natürliche hochgelegene Seen in große künstliche Stauseen umwandelt, so bewirken doch das Wesentliche daran die umfangreichen Arbeiten des Ingenieurs durch die Errichtung hoher Staumauern, die Wasserfassung und das Durchtreiben der Stollen durch das Gebirge, die Rohrleitungen und das Kraftwerk. Also hier sind das Kapital und die Arbeit erst die Nutzbringer.

Auf den ersten Blick möchte man daher glauben, daß die Verwertung natürlicher Becken, bei denen ohne viel Zutun des Menschen eine Speicherung des Wassers sich ermöglichen läßt, also bei den Seen des Mittel- oder Unterlandes, ein solches Vorhaben besonders günstig sein müsse. So versprach man sich in weiten Kreisen der Schweiz und wohl auch in Baden von der Stauung der Juraseen und des Bodensees eine bedeutende Hilfe bei der Verbesserung der Wasser- und Stromwirtschaft des Landes. Es sind jedoch hier infolge der Rücksichtnahme auf die Uferbesitzer und andre Beteiligte dem Aufstau nach oben und der Absenkung nach unten leider starke Grenzen gesetzt. Man kann den See im Sommer nicht allzu hoch füllen, weil ein vielleicht im Herbst hereinbrechendes Hochwasser ihn über das zulässige Maß steigen lassen könnte, so daß das anliegende Land, die Siedlungen und die Städte Schaden nehmen könnten. Es würde dann zu Überschwemmungen kommen, die nicht nur der Landwirtschaft, sondern vor allem den Siedlungen Gefahr brächten.

Aber auch nach unten sind Grenzen für die Absenkung gesetzt. Die Schiffe könnten bei zu niedrigen Wasserständen nicht in die Häfen einfahren, oder es wären kostspielige Einfahrtsrinnen auszubaggern. Es würde die Standfestigkeit der Gründungen von Bauwerken und Häusern gefährdet werden, Kanalrohre kämen aufs Trockene usw. Auch die Landwirtschaft und die Fischerei würden bei zu tiefer Absenkung Schaden erleiden. Der Unterschied zwischen höchstem Aufstau und tiefster Absenkung bewegt sich meist nur in den Grenzen von 1,5 bis 2 m. Trotz der Größe der Seen können deshalb nur verhältnismäßig kleine Wassermengen zurückgehalten werden, wenn man sie mit den Gesamtabflußmengen vergleicht. So beträgt z. B. die mittlere Abflußmenge des Bodensees 12 Milliarden m³ im Jahre, während die ganze Wassermenge, die man in ihm zurückhalten kann, nur etwa 0,9 Milliarden m³, kaum 8 vH, beträgt.

[1]) Z. Bd. 67 (1923) S. 1 u. f.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1161 u. f., Bd. 73 (1929) Nr. 33 S. 1156.
[3]) Vergl. *Haas* u. *Kromer*, Die Speicher-Wasserkräfte und ihre Wirtschaftlichkeit, Schweiz. Wasserwirtsch. Bd. 21 (1929) Nr. 4 S. 65.

Nun ist das ausnutzbare Gefälle bei den Seen des Mittellandes sehr viel kleiner als bei den Speicherbecken des Gebirges. Das nutzbar zu machende Gefälle vom Bodensee bis Basel beträgt nur etwa 100 m, bei den Alpen- und Schwarzwaldseen 500 bis 1000 m und mehr. Auch das vermindert den Wert der Seenregulierung.

Für die aus Alpengewässern gespeisten, im Mittelland liegenden Seen, z. B. die bayerischen und vor allem für den Bodensee, gelten etwa die folgenden Betrachtungen:

Immerhin werden regulierte Seen stromwirtschaftlich nützlich wirken. Man kann sie nämlich im Spätherbst, wenn erfahrungsgemäß mit Hochwasser kaum mehr zu rechnen ist, teilweise abschließen (ein vollkommener Abschluß ist natürlich nicht angängig). Von Mitte September bis etwa Mitte November wird das Zurückhalten von Wasser in den Seen für die unterliegenden Kraftwerke meist erträglich sein, wogegen die Ausdehnung in den Dezember hinein für die Werke öfters sehr unerwünscht sein wird, weil dann in manchen Jahren bei den unterliegenden Flußwerken neben der natürlich vorhandenen noch diese künstliche Wasserknappheit sich zeigen würde. Nun pflegt aber die Wasserklemme im Nachwinter (Januar, Februar und erste Hälfte im März) noch zuzunehmen, und während dieser Zeit ist der Zusatz aus aufgestautem Seewasser für die Kraftwerke wohltätig. Es findet also nicht etwa eine Vermehrung von erzeugter elektrischer Arbeit statt, sondern man verschiebt nur die Krafterzeugung von den in der Regel wasserreicheren Monaten des Vorwinters auf die meist wasserärmeren Monate des Nachwinters und erhält auf diesem Wege eine gleichmäßigere Nutzbarmachung des Wasserlaufes. Das hängt natürlich ab von den Wasserverhältnissen eines jeden Jahres. Es gibt Jahre, in denen der Vorwinter knapp an Wasser ist, so daß das Zurückhalten von Wasser den Werken Schaden bringt. Es kann aber auch sein, daß durch ein Weihnachtshochwasser die Seen und Wasserläufe sich so füllen, daß die Zurückhaltung von Wasser keinen Vorteil oder am Ende gar Nachteile bringt. Eine volle Ausnutzung ist auch bei Niedrigwasser nicht immer möglich, besonders wenn das Zuschußwasser aus dem See bei einzelnen Werken nachts oder sonst zu ungünstiger Zeit ankommt. Jedes Jahr hat ein andres Gepräge.

Die Untersuchungen am Bodensee und den Juraseen, die viele hervorragende Fachleute durchgeführt haben — insbesondere liegen auch vorzügliche Arbeiten vom Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft in Bern vor —, haben jedoch ergeben, daß der Gewinn im Mittel vieler Jahre die Nachteile beträchtlich überwiegt. Daher sind solche Seenregelungen, wenn sie wirtschaftlich berechtigt sind, zu begrüßen. Sie haben neben der Verbesserung der Stromwirtschaft meistens auch noch den Vorteil, daß eine bessere landwirtschaftliche Nutzung der Uferflächen möglich ist, weil diese Uferflächen vor ungebührlicher Trockenlegung und unerwünschten Überschwemmungen in höherem Maße gesichert sind, als dies bei unregulierten Seen der Fall wäre. An und für sich stellt demnach eine Seenregulierung eine volkswirtschaftlich nützliche Tat dar.

Noch nicht gelöst ist aber die Frage, welchen wirtschaftlichen Wert solche Seenregulierungen für die Beteiligten haben; ob die damit erzielbaren Vorteile — umgerechnet in Geld — die Baukosten für die Regulierung berechtigt erscheinen lassen oder, anders gesprochen, ob die Jahresaufwendungen an Zinsen und Abschreibungen für die Bauten und die Betriebskosten der Seenregulierung den Jahresgewinnen an landwirtschaftlicher Mehrerzeugung und vor allem dem Mehrgewinn aus der Veredelung der Kräfte gleichkommen.

Es ist schon betont worden, daß ein eigentlicher Kraftgewinn bei der Regulierung der Seen nicht zu erwarten ist, daß aber meist unter Verzicht auf einen Kraftanteil im Vorwinter, der dort eher zu entbehren ist, ein Kraftzuwachs im Nachwinter zur Verfügung gestellt wird. Das ist ganz anders als bei künstlichen Staubecken, wo der sonst doch nicht verwertbare Sommerüberfluß an Wasser auf den Winter hin festgehalten wird. Bei den bisherigen wirtschaftlichen Voruntersuchungen über die Regulierung der Seen hat man diesen Kraftzuwachs im Nachwinter etwa so betrachtet, als wenn man ihn in einem Kraftwerk neu erzeugt hätte. Man hat dabei Preise für die Kilowattstunde eingesetzt, die etwa den Verkaufspreisen für die Kilowattstunde für diese Zeit entsprechen, also ungefähr in der Größenordnung von vier und mehr Pfennigen. Man hat dabei auch angenommen, daß die Kraftwerke, die ja groß genug gebaut sind, ohne Aufwendung neuer Kapitalien diesen Zuwachs an Kraft im Nachwinter verarbeiten können, ohne daß ihnen weitere Kapitalkosten aus dieser Kraftverschiebung vom Vorwinter auf den Nachwinter entstünden.

Der Nutzen für die Kraftwerke ist aber doch nicht ganz so groß, als ob dieser Spätwinterstrom aus einem neuen Kraftwerk stamme. Wenn der vom zurückbehaltenen Seewasser bediente Kraftwerkbesitzer in jedem Jahre mit Sicherheit darauf rechnen könnte, daß ihm die im Vorwinter vorenthaltene Leistung im Nachwinter auch tatsächlich zur Verfügung stehen werde, so könnte er mit Stromabnehmern Verträge abschließen über eine gleichbleibende Stromlieferung im Nachwinter. Er brauchte keine Vorsorge durch Bezug von Strom aus einem Dampfwerk oder durch Zukauf aus einem Nachbarwerk für die Stromlieferung an diesen Kunden zu treffen. Wenn er jedoch nicht mit Sicherheit auf den Kraftzuschuß im Nachwinter rechnen kann, so muß er ein Dampfwerk oder eine Dieselanlage erbauen oder sich durch Vertrag eine Stromlieferung im Nachwinter sichern. Da er nun, wenn er die Verträge auf Jahre hinaus oder auch erst im Sommer oder Herbst abschließt, nicht wissen kann, ob die Füllung der Seen so verläuft, daß er im Nachwinter **mit Sicherheit** auf den Zuwachs an Kraft rechnen kann, so muß er sich diese Kraft noch einmal auf dem oben angegebenen Weg beschaffen, d. h. er muß sie zweimal kaufen; das erste Mal dadurch, daß er sich beim Ausbau der Seen an den Kosten in einem gewissen Verhältnis beteiligt. Diese Kraft im Nachwinter steht ihm in vielen Jahren mehr oder weniger zur Verfügung, in einigen aber nicht.

Man wird nicht leugnen können, daß die Verschiebung der Kraft vom Frühwinter auf den Spätwinter im Durchschnitt der Jahre Vorteile bietet. Nur kann man diese nicht so hoch bewerten, wie dies der Fall wäre, wenn man über ein Kraftwerk oder eine Stromlieferung verfügen könnte, auf deren Leistung man mit Bestimmtheit rechnen kann. Es ist keine gleichbleibende Kraft, sondern eine mögliche Kraft, mit der man nicht unbedingt rechnen kann; also heißt es sich zu sichern, und das kostet Geld. Eine solche Zufallskraft hat nicht den gleichen Wert wie eine ständig verfügbare Kraftquelle.

Wie schon angedeutet, wird es bei der Seeregulierung die Regel sein, daß die am Ausfluß des Sees liegenden Kraftwerke (am Oberrhein vom Bodensee bis nach Basel sind es zwölf) das Zusatzwasser auch während der Nacht bekommen, wo es vielleicht nicht voll ausgewertet werden kann. Dem steht bei dem eigentlichen Speicherwerk die Möglichkeit gegenüber, den Ausfluß des Wassers aus dem Staubecken jederzeit abzustellen, man kann also Wasser in der Nacht und am Sonntag sparen. Auch hierdurch sind die künstlichen Staubecken den Seen in der wirtschaftlichen Ausbeute überlegen.

### Zusammenfassung

Die Aufspeicherung des Wassers für die Gewinnung elektrischer Arbeit kann in großzügigem Maße durch Speicherung des Wassers in künstlichen Staubecken oder durch Regulierung der Seen erfolgen. Beide Mittel verbessern die Stromwirtschaft des Landes, das erste in weit vollkommenerem Maß als das zweite. Der Wert der Regulierung der Seen leidet daran, daß man nicht in allen Jahren mit Sicherheit darauf rechnen kann, durch die Wasserzurückhaltung einen wirtschaftlichen Erfolg zu erzielen. Die Regulierung der Seen kann auch in einzelnen ungünstigen Jahren sogar statt Vorteile Nachteile bringen, während die Speicherung in künstlichen Staubecken einen sicheren Kraftgewinn bedeutet. [B 3092]

# RUNDSCHAU

## Technische Forschung

### Förderung stoffkundlicher Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika

Die wissenschaftliche Forschung hat sich einiger Gebiete der Technik in hervorragendem Maße angenommen, andre sind recht dürftig versorgt, und auf manchen Industriegebieten ist eine fruchtbare Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Praxis durchaus nicht gesichert. In einzelnen Zweigen wird von einer wissenschaftlichen Durchdringung der Fragen überhaupt nicht gesprochen.

Von den beiden Wurzeln, Kraft und Stoff, ist die erste wegen ihrer einheitlicheren Erscheinung in allen Zweigen der Technik lange Zeit das Arbeits- und Kampffeld des Ingenieurwesens geblieben. Die Stoffwirtschaft dagegen, die weit mehr von den örtlichen Verhältnissen abhängig ist und wegen der Vielartigkeit der Einzelgebiete einer gemeinsamen Behandlung schwerer zugänglich ist, wurde erst viel später ein selbständiges Arbeitsgebiet, auf dem sich schließlich Chemie, Physik und Technologie zu gemeinsamem Vorgehen trafen.

Unsere heute bestehenden Pflegestätten der Stoffkunde lassen sich ihrer Art nach nicht einwandfrei unterscheiden. Die Hauptgruppen sind: Staatliche Forschungs- und Lehrstätten, Materialprüfanstalten, Kaiser-Wilhelm-Institute, Forschungsstätten und Laboratorien der Industrie, Handelslaboratorien.

Ein Urteil, welcher Art der Vorzug zu geben ist, hängt von der Einstellung des Beurteilers ab. Den reinen Forschungsanstalten wird häufig ein Mangel an Verbindung mit den praktischen Fragen nachgesagt. Die Institute der Industrie sind oft mit schnell zu lösenden Aufgaben überlastet, und ihre Arbeit ist zu sehr auf unmittelbare wirtschaftliche Ausnutzung gerichtet, als daß sie planmäßig und auf lange Sicht vorgetrieben werden könnte. Die auf bestimmte Sondergebiete eingestellten Laboratorien entbehren häufig der aus allgemein wissenschaftlicher Einstellung sich ergebenden Grundlagen; geringe Mittel, die auch die Verwaltungsarbeit decken müssen, zwingen zur Beschränkung in den Arbeitsmitteln und im Arbeitsaufwand.

Aber schließlich hängen die Forschungsergebnisse nicht von der Organisation und der Eingliederung der Forschungsstätte ab, sondern von den Menschen, die sich darum bemühen, von dem Widerhall, den die Ideen im Kreise der Beteiligten finden, und auch von der Konjunktur auf dem Wirtschaftsgebiet, dem die Arbeiten dienen sollen. Das bedeutet, daß auf wenig bearbeiteten Gebieten zunächst ein mit den notwendigen Grundlagen ausgerüsteter, geeigneter Mensch überhaupt angesetzt werden muß. Weiter, daß seine Bemühungen mitgefühlt und daß seine Ergebnisse von den Beteiligten gewertet und gewürdigt werden. Und schließlich ist ein Boden zur Auswertung notwendig, der entweder schon aufnahmefähig ist oder nach und nach dazu gemacht wird.

Nicht immer sind diese Vorbedingungen bei der Neubildung von Forschungsstätten erfüllt gewesen; wir finden heute in Deutschland eine ganze Reihe von älteren Instituten, deren Tätigkeit für die Allgemeinheit kaum wirksam ist, und manchen Gründungen der letzten Zeit fehlen die Grundlagen ebenfalls.

Es gibt einige Beispiele, wie Abhilfe geschaffen werden kann. Eine großzügige Unternehmung besitzen die Vereinigten Staaten von Amerika im Mellon Insitute of Industrial Research an der Universität von Pittsburgh. Der Grundgedanke bei der Gründung im Jahre 1912 war, die Industrie in ihrer wissenschaftlich forschenden Arbeit zu unterstützen, neue Werkstoffe zu finden und zu entwickeln, neue Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren auszubilden und ihr Anwendungsgebiet zu erweitern. Alles mit dem Ziel, möglichst der Allgemeinheit, der Wirtschaft des Staates zu nutzen. Also der gleiche Grundgedanke, der der Gründung des Materialprüfungsamtes in Dahlem und einiger der Kaiser-Wilhelm-Institute zugrunde lag. Die Mittel für die Erhaltung des Mellon-Institutes, der Gebäude und der Arbeitsmittel, sind durch die Stiftungen der Gebrüder *Mellon* geschaffen.

Die Zusammenarbeit mittels sogen. Fellowships im Institut ist so gedacht, daß die Industrie das Gehalt des von ihr benannten im Institut arbeitenden Wissenschaftlers bezahlt, dem die allgemeinen Einrichtungen, Arbeitsplatz und besondere Arbeitsmittel unentgeltlich zur Verfügung stehen. Ihm kommen auch die Erfahrungen der Institutsleiter zugute.

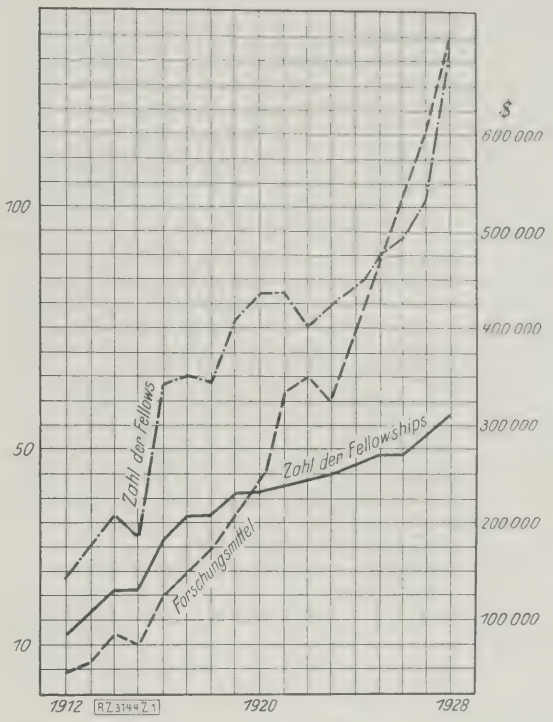



**Abb. 1**
Das Anwachsen des industriellen Fellowship-Systems in den Vereinigten Staaten von Amerika.

Seit einigen Jahren werden aber außerdem den Industrien oder den Benutzern der Fellowships nach Maßgabe der beanspruchten Räume und Hilfsmittel auch anteilige Kosten berechnet. Eine Maßnahme, die keinen Rückgang in der Beanspruchung des Institutes zur Folge hatte, dagegen aber Mittel für grundlegende Aufgaben, die im allgemeinen Interesse durchgeführt werden mußten, freimachte. Aus dieser Entwicklung geht auch hervor, daß sich in einem Institut von allgemeinem Charakter allmählich die Notwendigkeit zeigt, wissenschaftliche Fragen ohne ein bestimmtes für die industrielle Auswertung erkennbares Ziel zu bearbeiten. Das gilt ebenso für staatliche Forschungsinstitute wie für industrielle Unternehmungen.

Für die Fellows im Mellon-Institut steht eine große Zahl von gleichartigen Arbeitsräumen zur Verfügung, die je nach dem Arbeitsgebiet zum Teil verschiedenartig ausgerüstet sind. Die Trennung der Arbeitstätten ist in Hinsicht auf eine Geheimhaltung der Ergebnisse notwendig, und wenn dadurch vielleicht auch der freie Meinungsaustausch etwas behindert wird, so spielt das in den Staaten, wo Geheimniskrämerei recht wenig angesehen ist und geübt wird, keine große Rolle.

Hinsichtlich der Bekanntgabe der Arbeiten besteht für das Mellon-Institut die Bindung, weder über die Aufgaben noch über die Fortschritte der Arbeiten ohne Genehmigung der die Fellowship unterhaltenden Stelle zu berichten. Ebenso dürfen Veröffentlichungen über abgeschlossene Arbeiten nur mit Einverständnis des Antragstellers und nach Kenntnisnahme durch ihn herausgegeben werden.

Die Vorzüge dieser Entwicklung bestehen hauptsächlich darin, daß es auch den schwächeren industriellen Unternehmungen ermöglicht, wissenschaftlich zu forschen, ohne ein eigenes Laboratorium zu unterhalten. (In Forschungsinstituten werden im allgemeinen etwa 40 vH der Ausgaben für Verwaltungskosten und für andre, nicht der eigentlichen

Forschungsarbeit dienende Einrichtungen verbraucht.) Die außerdem durch gemeinsam benutzte Vorrichtungen, Betriebsmittel, Vorräte an Chemikalien u. a. gemachten Ersparnisse kommen ebenfalls den einzelnen Arbeiten zugute.

Neben der Förderung der Forschungsarbeiten, von denen nach Angaben der Institutsleitung durch die Industrie etwa 85 vH unmittelbar ausgewertet werden, erfüllt das Institut noch eine Aufgabe, die nicht zu unterschätzen ist. Es werden für die Zwecke bestimmter Industriezweige Forscher herangebildet, die wegen ihrer gründlichen Schulung fast stets unmittelbar von der Industrie übernommen werden und hier in Laboratorien und im Betrieb wirken. Das Institut übernimmt also damit auch eine Aufgabe der Hochschule.

Die Vielartigkeit der im Institut behandelten Aufgaben läßt sich daran erkennen, daß im Jahre 1928 rd. 65 Fellowships bestanden, von denen nach der Satzung niemals zwei das gleiche Gebiet bearbeiten dürfen. Die den Wissenschaftlern gestellten Aufgaben entstammten z. B. den Gebieten: Isolierstoffe, Textilstoffe, Stahl und Eisen, Anstrichstoffe, Nahrungsmittel, Glas, Waschmittel, Arzneimittel, Schmiermittel, feuerfeste Stoffe, Aluminium, Dachdeckstoffe, Zement, Kalk, Papier, Emaille, Wachs, Getränke, Pyrometer. Daneben wurden Probleme des Schlafens, Kochens, der Gießerei, der Brotbäckerei, der Zahnarzneimittel, der Hutherstellung und andre behandelt, die sich aus der Erzeugung, Verarbeitung und Verwendung aller Arten von Stoffen ergaben. Das Wachsen des Instituts zeigt Abb. 1. Im Jahre 1928 betrugen die Zuschüsse der Industrie dem Werte nach etwa 1½ Mill. *RM.*

Auch das Bureau of Standards, dessen Arbeitsbereich sich etwa mit dem des Materialprüfungsamtes Berlin-Dahlem und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, Berlin, deckt, hat neuerdings die Einrichtung der Fellowships aus *Mellons* Idee übernommen und ziemlich weit ausgebaut. Eine ganze Reihe namhafter wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Körperschaften haben teils eine Gemeinschaftsarbeit, teils eine besondere Gruppe (wie z. B. die Portland Cement Association) im Bureau of Standards eingerichtet. Die Veröffentlichungen tragen den Vermerk: Veröffentlicht mit Genehmigung des Direktors des Bureau of Standards. Dadurch könnte das Bureau of Standards es in der Hand behalten, sachlich ungenügende oder sonst anfechtbare Veröffentlichungen zu verhindern. Es werden aber wohl Schwierigkeiten auftreten, sobald durch wirtschaftliche Interessen gefärbte Arbeiten in Frage stehen. Schließlich wird doch das Kräfteverhältnis entscheiden. Es ist übrigens die Gefahr der Veröffentlichung bestimmt gerichteter Arbeiten in wirtschaftlichem Interesse in den Vereinigten Staaten von Amerika geringer als in Deutschland, weil man drüben mit der Reklame natürlicher und aufrichtiger ist. Deshalb nehmen es ausländische Fachkreise auch besonders übel, wenn ihnen unter der Flagge einer wissenschaftlichen Arbeit gefärbte Berichte vorgelegt werden.

Die Frage ist noch zu erörtern, ob es berechtigt ist, Mittel des Staates mit zu verwenden, wenn die Arbeitsergebnisse einer bestimmten Industriegruppe zugute kommen. Das Bureau of Standards steht auf dem Standpunkt, daß schließlich die Arbeit doch der gesamten Industrie und damit der Wirtschaft des Staates nutzt. Es wird hier letzten Endes der den Vorteil ziehen, der aus eigenem Antrieb und im Bewußtsein der Bedeutung der stoffkundlichen Forschung die für das gleiche Ziel geschaffenen öffentlichen Einrichtungen benutzt. Und das ist in jeder Hinsicht berechtigt. [M 3144]

Berlin *Deutsch*

## *Brennstoffe*

### Wie entgiftet man Leuchtgas?

Diese wichtige Frage beschäftigt nicht nur die Gaswerke, sondern auch die Wissenschaft schon seit langen Jahren; bereits vor dem Kriege sind bei uns und im Ausland umfassende Versuche angestellt worden. Der einzige giftige Bestandteil des Leuchtgases wie auch aller andern industriell erzeugten Heizgase ist das Kohlenoxyd, das in dem heute von den Gaswerken abgegebenen Mischgas (Steinkohlengas + Koksgas) in einer Menge von 15 bis 17 vH enthalten ist. Das Kohlenoxyd muß also aus dem Gasgemisch mittels geeigneter Absorptionsmittel herausgelöst oder durch Umwandlung in andre Gase beseitigt werden.

Technisch ist diese Aufgabe bereits seit längerer Zeit gelöst, und zwar in den beiden oben angegebenen Richtungen. In Frankreich wurde vor etwa fünf Jahren ein Verfahren ausgearbeitet, durch das die bisher nicht ganz einwandfreie Auswaschung des Kohlenoxyds mittels Kupfersalzlösungen wesentlich verbessert worden und auch im großen ausführbar geworden ist. Dieses auch in Deutschland patentierte[1]) Verfahren ermöglicht ferner die nahezu restlose Wiedergewinnung des von der Waschflüssigkeit aufgenommenen Kohlenoxyds, das dann im Gaswerk selbst zur Beheizung der Kammeröfen verwendet werden kann.

Für die Umwandlung des Kohlenoxyds in andre Gase bestehen zwei Möglichkeiten, die sich beide der Katalyse bedienen. Entweder kann man das Kohlenoxyd durch katalytische Reduktion in Methan verwandeln oder durch katalytische Oxydation in Kohlensäure überführen. Das erste dieser Verfahren beruht auf den klassischen Untersuchungen der beiden französischen Chemiker *Sabatier* und *Senderens* aus dem Anfang unseres Jahrhunderts; es wurde in technischem Maßstabe zuerst in England von der eigens hierfür gegründeten Cedford Gas Process Co. auf Wassergas angewendet, während in Deutschland Prof. *Bunte†*, Karlsruhe, und Prof. *Erdmann†*, Halle, sich mit dieser Frage eingehend befaßten. Übrigens sind auch die der Gründung der Cedford Gas Process Co. vorausgehenden Untersuchungen seinerzeit von Dr. *Bedford* in dem Laboratorium von Prof. *Erdmann* ausgeführt worden. Alle diese Arbeiten[2]) ergaben, daß es technisch ohne weiteres möglich ist, aus genügend wasserstoffreichen Gasen beim Überleiten über feinverteiltes Nickel bei einer Temperatur von 280 bis 300 ° das Kohlenoxyd restlos in Methan umzuwandeln. Eine sehr wesentliche Voraussetzung für die glatte Umsetzung ist jedoch, daß aus dem ursprünglichen Gas sämtliche Schwefelverbindungen vollständig entfernt werden, da sonst der Beschleuniger sehr rasch seine Wirksamkeit verliert.

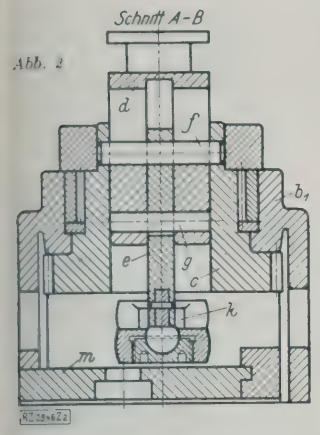
An dieser Bedingung scheint die technische Anwendung des Verfahrens seinerzeit gescheitert zu sein; denn mit den vor 20 Jahren zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln war eine so weitgehende Vorreinigung des Gases ohne erhebliche Beeinträchtigung der Wirtschaftlichkeit des ganzen Verfahrens nicht zu erreichen. Heute liegen nun die Verhältnisse wesentlich günstiger, zumal bei der synthetischen Gewinnung des Ammoniaks, des Methanols sowie der Paraffin-Kohlenwasserstoffe ganz ähnliche Aufgaben vorlagen, die heute als vollkommen gelöst zu betrachten sind. Somit ist nicht ausgeschlossen, daß das damals wegen Unwirtschaftlichkeit verlassene Cedford-Verfahren in etwas veränderter Form künftig mit Erfolg wieder aufgenommen werden wird, wobei jedenfalls die gerade in letzter Zeit sehr vervollkommnete Zerlegung der Gase durch Tiefkühlung eine wichtige Rolle zu spielen berufen ist, da zweckmäßig außer den Schwefelverbindungen auch die Benzol-Kohlenwasserstoffe aus dem der Katalyse zu unterwerfenden Gase abgeschieden werden.

Das andre Verfahren, die katalytische Oxydation des Kohlenoxyds, ist in Anwendung auf Wassergas ebenfalls bereits praktisch erprobt, denn dieses Verfahren bildet einen wesentlichen Teil der Wasserstoffgewinnung, wie sie seit längeren Jahren im Leunawerk ausgeführt wird. Nach dem Patent[3]) der I.-G. Farbenindustrie, A.-G., soll dieses Verfahren auch für Steinkohlengas anwendbar sein, und zwar wird hierbei das Gas zusammen mit Wasserdampf bei einer Temperatur von etwa 500 ° über einen Beschleuniger geleitet, der aus aktiviertem Eisenoxyd besteht. Die zur Oxydation des Kohlenoxyds erforderliche Dampfmenge soll nur 0,3 kg/m³ Gas betragen. Das Kohlenoxyd wird durch den Wasserdampf fast vollständig zu Kohlensäure oxydiert und zugleich entsteht eine gleich große Menge Wasserstoff. Nach Entfernung der Kohlensäure sowie des überschüssigen Wasserdampfes erhält man ein vollständig ungiftiges Heizgas, dessen Heizwert sich nur wenig von dem des ursprünglichen Gases unterscheidet. Auch dieses Verfahren setzt die restlose Entfernung der Schwefelverbindungen aus dem Ausgangsgas voraus, da diese bei allen katalytischen Verfahren eine höchst schädliche Wirkung ausüben. Im übrigen stellt sich aber die Wirtschaftlichkeit gegenüber dem oben erwähnten Cedford-Verfahren jedenfalls günstiger, da bei diesem für jedes umgesetzte Volumen Kohlenoxyd ein Volumen Wasser gebildet wird, während bei dem Verfahren der I.-G. Farbenindustrie, A.-G., eine dem umgesetzten Kohlenoxyd äquivalente Menge Wasserstoff entsteht, mithin kein Heizwertverlust eintritt.

Dieser Punkt ist aber recht wesentlich, nicht allein wegen der Kosten, die mit der Entgiftung des Gases natürlich verbunden sind, sondern auch deshalb, weil die Gaswerke bestrebt sind, die Gasbeschaffenheit (Heizwert, spezifisches Gewicht, Luftbedarf usw.) so wenig wie möglich zu ändern, da alle heute benutzten Gasgeräte auf die für die Gasbeschaffenheit festgelegten Normen eingerichtet sind und nur unter diesen Bedingungen mit dem günstigsten Wirkungsgrad arbeiten. [N 2906]

Berlin *Sander*

[1]) DRP Nr. 422621.
[2]) Journ. f. Gasbel. Bd. 57 (1914) S. 4.
[3]) DRP Nr. 300236.



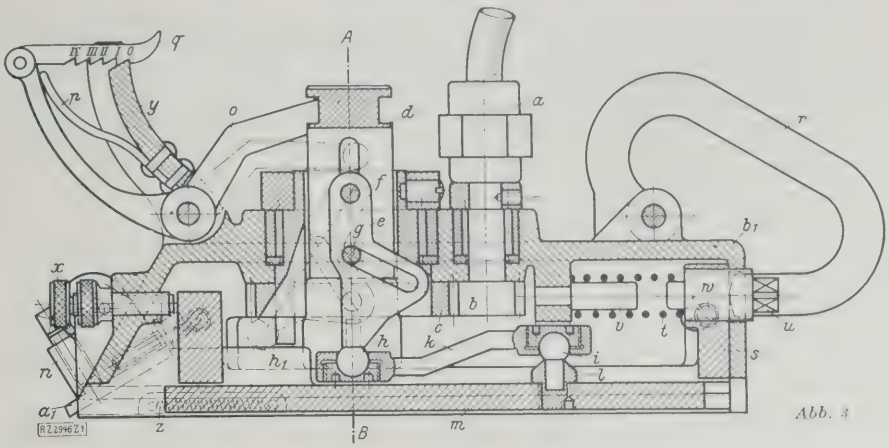




**Abb. 2** bis **4**
Vorrichtung zum mechanischen Schaben.
*Alig & Baumgärtel, Berlin.*

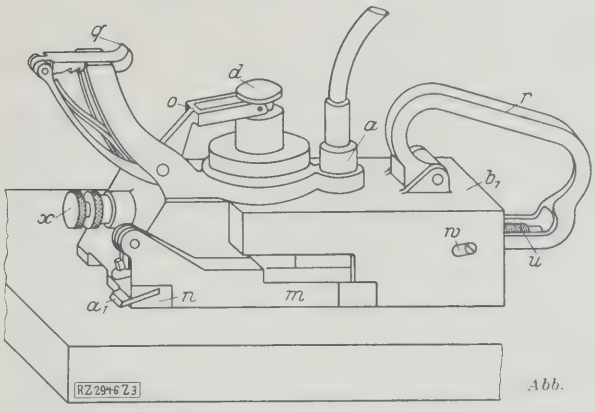
| | | |
|---|---|---|
| *a* Übersetzungsgetriebe | *k* Verbindungsstange | *t* Druckfeder |
| *b* Ritzel | *l* Zapfenhalter | *u* Spannschraube |
| *c* Zahnrad | *m* Schlitten | *v* Zapfen |
| *d* geschlitzter Bolzen | *n* Stahlhalterklappe | *w* Stiftschrauben |
| *e* Schwinge | *o* Steuerhebel | *x* Einstellschraube |
| *f*, *g* Stifte | *p* Flachfeder | *y* Griff für die linke Hand |
| *h* Kugelzapfen an der Schwinge *e* | *q* Raste | *z* Zugfeder |
| *i* Kugelzapfen | *r* Griff für die rechte Hand | $a_1$ Schabestahl |
| | *s* Schlittenrahmen | $b_1$ Gehäuse |

## *Metallbearbeitung*

### Das mechanische Schaben

Die immer weiter fortschreitende Mechanisierung der Handarbeit hat nunmehr auch das schwierige Gebiet des Handschabens erfaßt. Die bisherigen Versuche zeitigten Ergebnisse, die das Handschaben, besonders von großen Flächen, als überwunden hinstellen. Abgesehen davon, daß nunmehr mit angelernten Arbeitskräften diese Arbeit erledigt werden kann, ist die Schabung mittels Vorrichtung von einer besonders guten Beschaffenheit in bezug auf Feinheit und Gleichmäßigkeit. Das Schaben von Hand ermüdet und hängt stark von der Geschicklichkeit des Arbeiters ab. An die Stelle des Schabens versuchte man das Schleifen zu setzen, was aber nicht den erwarteten Erfolg hatte, weshalb man immer wieder seine Zuflucht zu dem Handschaber nahm, der nun von dem mechanischen Schaber vollwertig ersetzt werden kann.

Diese Vorrichtung, Abb. 2 bis 4, wird von einem Elektromotor oder von einer schnellaufenden Spindel einer Werkzeugmaschine mittels biegsamer Welle angetrieben. In der Bohrung des Zahnrades *c*, das rd. 150 U/min macht, befindet sich ein geschlitzter Bolzen *d*, der durch den Stift *f* mitgenommen wird. Der Bolzen kann sich axial verschieben, soweit dieses der Schlitz für *f* zuläßt, und ist senkrecht zu dem Schlitz für *f* noch einmal in seiner Länge bis zum Kopf geschlitzt. Der Stift *f* bildet den Drehpunkt für eine in diesem Schlitz bewegbare Schwinge *e*. Der Stift *g* ist im Bolzen *d* befestigt und geht durch einen schrägen Schlitz der Schwinge. Beim Senken von *d* wird die Schwinge *e* in die gestrichelte Lage, Abb. 3, gebracht und somit der Hub für den Schieber *m* eingestellt. Die mit dem Zahnrad *c* umlaufende Schwinge *e* ist mit dem Schieber *m*, der das Schabemesser $a_1$ trägt, über die Stange *k* verbunden. Der Hub von 0 bis 60 mm ist in vier Stufen eingeteilt, die mittels der am Steuerhebel *o* befestigten Rast *q* einstellbar sind. An dem Schlitten *m* ist die ausschwingbare Stahlhalterklappe *n*, die von einer Zugfeder *z* angezogen wird, gelenkig befestigt. Diese hebt beim Rückgang das Stichelhaus, so daß der Schabestahl $a_1$ nicht auf der geschabten Fläche schleift. Der Schlitten *m* ist in dem in vier Stiftschrauben *w* aufgehängten Schlittenrahmen *s* geführt. Die Stiftschrauben *w* sind im Gehäuse $b_1$ in schräg nach unten gehenden Schlitzen geführt. Die Feder *t* hält den Schlittenrahmen *s* in der obersten Stellung fest, in der er etwas von der Auflage des Gehäuses $b_1$ zurücksteht. Zum Schaben wird infolge des Druckes der rechten Hand auf den Bügel *r* der Schlittenrahmen *s* und damit der Stahl $a_1$ gesenkt. Die Schabtiefe wird mit der Regelschraube *x* eingestellt. Bei Loslassen des Griffes wird der Schlitten *m* und damit der Schabestahl $a_1$, von der Druckfeder *t* wieder in die oberste Lage, in der der Stahl leer läuft, zurückgeführt.



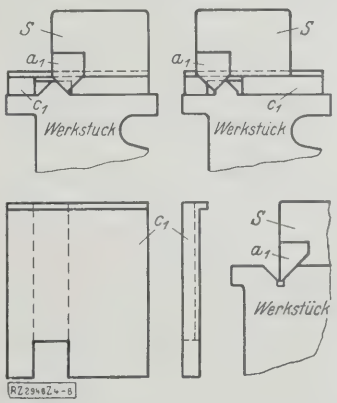




**Abb. 5** bis **9**
Arbeitsmöglichkeiten mit der mechan. Schabevorrichtung.

**Abb. 5** und **6** (oben) Schaben von prismatischen Führungen.

**Abb. 7** und **8** (unten links) Ausgleichplatte zum Schaben von hochliegenden Prismen.

**Abb. 9** (unten rechts) Ausschaben von Prismenführungen.

*S* Schabevorrichtung
$a_1$ Schabemesser aus Formstahl
$c_1$ Ausgleichplatte

Die Abbildungen 5 bis 9 zeigen einige Arbeitsmöglichkeiten. Man verwendet vielfach sogenannte Ausgleichplatten $c_1$ und besonders geformte Schabemesser $a_1$ (Formstahl). Sind besonders kleine Stücke zu schaben, so verwendet man eine Aufspannvorrichtung. Versuche sind im Gange, größere Lagerschalen u. a. ebenfalls mechanisch einzuschaben. [M 2946]

Berlin-Charlottenburg *Otto Lich*

### Reibschleifen

Vom Zylinder der Kraftwagenmotoren hat sich das Reibschleifen[1]) auf die verschiedensten anderen Arbeitsgebiete verbreitet. Es verkürzt die Einlaufzeiten um mindestens 50 vH. Bohrungen über 20 mm Dmr. und von beliebiger Länge in jedem Werkstoff, auch Bronze, lassen sich nach diesem Verfahren fertig bearbeiten. Das Werkzeug kann bis auf die Steine stets das gleiche sein. Das Wesen des Reibschleifens besteht darin, daß zunächst die harten Stellen heruntergeschliffen werden, während dann die ganze Oberfläche fertig nachgeschliffen wird. Während geriebene Bohrungen eine Anlage der Zapfen von 70 vH aufweisen sollen, wird behauptet, daß ein gut reibgeschliffenes Loch 98 vH Anlage erhält. Die Sauberkeit entspricht der Feinheit der Schleifsteine. Die Werkstoffabnahme beträgt bei

[1]) s. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 430.

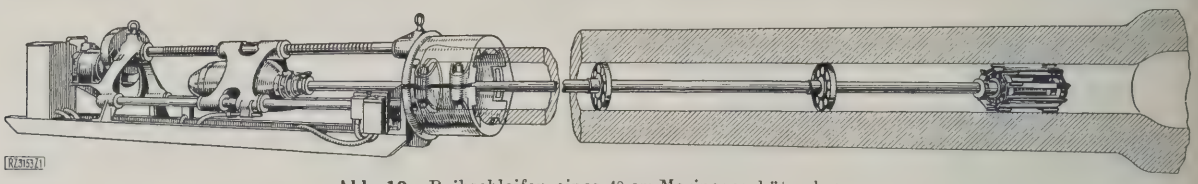


Abb. 10. Reibschleifen eines 40 cm-Marinegeschützrohres.

**Zahlentafel 1**
Werkstoffabnahme beim Reibschleifen von größeren Bohrungen

| Durchmesser mm | Werkstoffabnahme für den Durchmesser mm |
|---|---|
| 250 bis 300 | 0,15 bis 0,23 |
| 300 „ 400 | 0,23 „ 0,43 |
| 400 „ 500 | 0,3 „ 0,43 |
| 500 „ 550 | 0,43 „ 0,5 |
| 550 „ 700 | 0,5 „ 0,63 |

**Zahlentafel 2**
Werkstoffabnahme beim Reibschleifen von Buchsen und Ringen aus gehärtetem Stahl

| Durchmesser mm | Werkstoffabnahme für den Durchmesser mm |
|---|---|
| bis 37 | 0,025 |
| „ 75 | 0,05 |
| „ 100 | 0,075 |

gebohrten Zylindern von Kraftwagenmotoren etwa 0,04 bis 0,05 mm im Dmr., bei geriebenen etwa ½ bis ⅔ hiervon.

Für größere Durchmesser haben sich die in Zahlentafel 1 angegebenen Werte gut bewährt. Buchsen und Ringe aus gehärtetem Stahl sollen mit sehr geringen Zugaben bearbeitet werden, so daß für das Ziehschleifen nur wenig übrig bleibt, Zahlentafel 2.

Heute betrachtet man eine Umfangsgeschwindigkeit von etwa 60 bis 75 m/min und 50 bis 60 Doppelhübe in 1 min als beste Werte. Bei hartem Stahl läßt man langsamer laufen, aber öfter hin- und hergehen. Eine gesetzmäßige Beziehung zwischen Umlaufzahl und Hubzahl besteht anscheinend nicht.

Ob die Löcher vor dem Reibschleifen gerieben werden sollen, muß man von Fall zu Fall entscheiden. Wenn man sauber bohrt, ist es billiger, auf das Reiben zu verzichten. Ist die Bohrung aber sehr rauh, so wird die Schleifsteinabnutzung zu groß. Anzustreben ist sauberes Bohren und Wegfall des Reibens. Das gilt besonders für große Zylinderbohrungen.

Die Steinklötze der Reibschleifköpfe sind gegen früher kleiner geworden. Sie haben heute etwa 100 mm Länge, 12 mm Breite und 16 mm Dicke bei Schleifahlen mit sechs Steinen. Nur wenn der Durchmesser der Bohrungen größer als 100 mm ist (Zylinder von Lastwagenmotoren) und die Hübe mehr als 300 mm betragen müssen, empfiehlt es sich, längere Steine (125 bis 150 mm) zu nehmen, je nach Länge der Bohrung. Die Steine sind etwa 50 mm länger als die Bohrung.

Sehr wichtig ist richtiges Korn, richtige Härte und richtige Zusammensetzung der Steine. Ein Hersteller der Reibschleifwerkzeuge unterteilt die vom Schleifscheibenwerk gelieferten Klötze, meist aus Karborundum, je nach dem Härtegrad noch einmal in drei Untergruppen. Die Körnung beträgt etwa 120. Ein gröberer Stein von etwa 60 bis 80 arbeitet schärfer, aber er gibt keine so saubere Oberfläche. Drehgeschwindigkeit und Hubzahl muß der Körnung des Steines angepaßt sein, was durch Ausprobieren geschehen muß.

Heute kann man bei zwei Sätzen von Steinen, die genau übereinzustimmen scheinen, noch nicht auf genau gleiche Lebensdauer rechnen. Die Beanspruchung der Steine beim Reibschleifen ist anders als bei den sonstigen Schleifverfahren, das Steingefüge wird kräftiger zermürbt. Eine bestimmte Körnung und Bindung, die bei einer runden Schleifscheibe einen guten Freischnitt bewirken würde, kann beim Reibstein versagen und zur Verstopfung führen. Die Lebensdauer der Steine liegt bei gewöhnlichen Arbeiten etwa zwischen 400 und 1500 Bohrungen.

Ebenso hat sich gezeigt, daß man ganz andere Kühlmittel verwenden muß als beim Arbeiten mit Schleifscheiben und daß die bei diesen benutzten Mittel zum Verschmieren der Steine führen. Das Kühlöl ist während der Arbeit oft zu filtern. Am häufigsten benutzt man heute Erdöl, entweder rein oder mit Zusatz von dickeren Mineralölen. Dicke Öle verlängern die Arbeitszeit um 10 bis 15 vH. Schneidöle verschmieren die Steine und erhitzen die Werkstücke. Zusatz von Terpentin erhöht zwar die Schneidfähigkeit, führt aber leicht zum Bruch der Schleifsteine.

Beim Arbeiten ist zu beachten, daß die Steine vor dem Einführen in die Bohrung so eng eingestellt werden, daß sie die Wandung eben berühren. Hierauf wird der Antrieb eingerückt und die Steine werden zugestellt, bis der gewünschte Durchmesser erreicht ist. Wenn man diese Reg nicht beachtet, verschmieren die Steine. Wenn die Bohrur kegelig ist, so müssen die Steine — der ungleichen A nutzung wegen — gelegentlich umgedreht werden, wora sie wieder parallel arbeiten. Der Auslauf am Ende d Bohrungen beträgt rd. 12 bis 30 mm. Sacklöcher erhalt am unteren Ende am besten eine Aussparung von rd. 12 m Länge, sonst wird die Bohrung an dieser Stelle um etw 0,01 bis 0,03 mm größer.

Während früher hauptsächlich Zylinder, Kolbenlöche Steuerwellenlager für Kraftwagen nach dem Reibschleifve fahren bearbeitet wurden, wendet man dies heute auch a Zylinder von Dieselmaschinen, Werkzeugmaschinenlager ur Geschützrohre, Abb. 10, an. Auch die Eisenbahn benut das Verfahren für Druckluftzylinder und ähnliche Zweck Rollenlagerringe werden am besten paarweise mit eine Zwischenstück reibgeschliffen. Das Zusammenpacken ein größeren Anzahl von Ringen im Topffutter ist nicht em fehlenswert.

Die Anwendung des Reibschleifverfahrens auf Außer flächen ist in den letzten Jahren bereits bekannt geworde So bearbeitet man die Lagerzapfen von Kurbelwellen mitte setzstockartiger Reibschleifwerkzeuge. Auch Bohrbuchs von etwa 25 mm Dmr. und darüber erhalten vor dem Ei setzen in die Bohrvorrichtung ihre äußere Fertigbearbeitun in gleicher Weise. Hierfür kommen Sondermaschinen i Frage. Jede neue Anwendung und besonders jeder einzeln Werkstoff verlangt aber ein sorgfältiges Erproben d günstigsten Arbeitsbedingungen, insbesondere der g eignetsten Steine. [N 3153] *Bb.*

## *Arbeitsmaschinen*

### Schnellaufende Kolbenpumpe für Wasserwerke

Die Kolbenpumpe hat den Vorzug, daß sie den für d Förderung erforderlichen Druck unmittelbar erzeugt, mit ve hältnismäßig niedrigen Wassergeschwindigkeiten arbeite geringe Rückstromverluste hat und daher hohe Wirkung grade erzielt und einfach zu regeln ist. Ferner erzeugt s

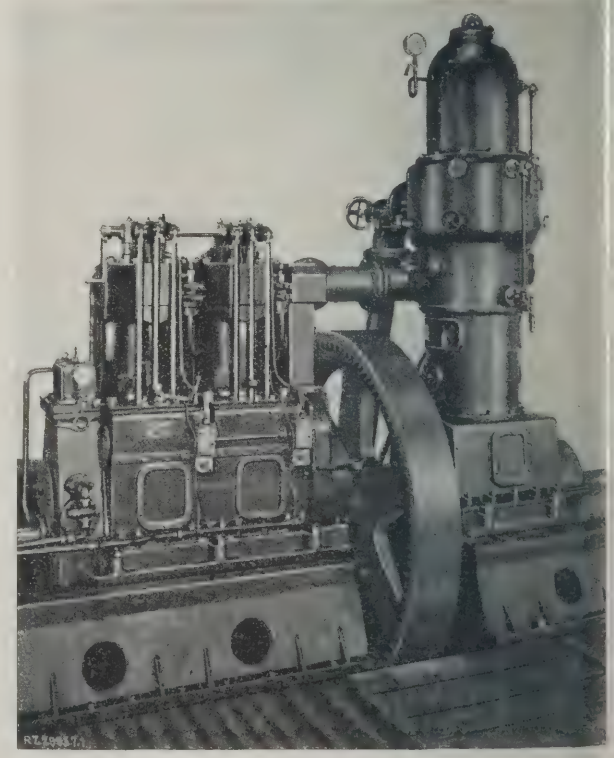


Abb. 11
Schnellaufende Kolbenpumpe für Wasserwerkbetriebe.

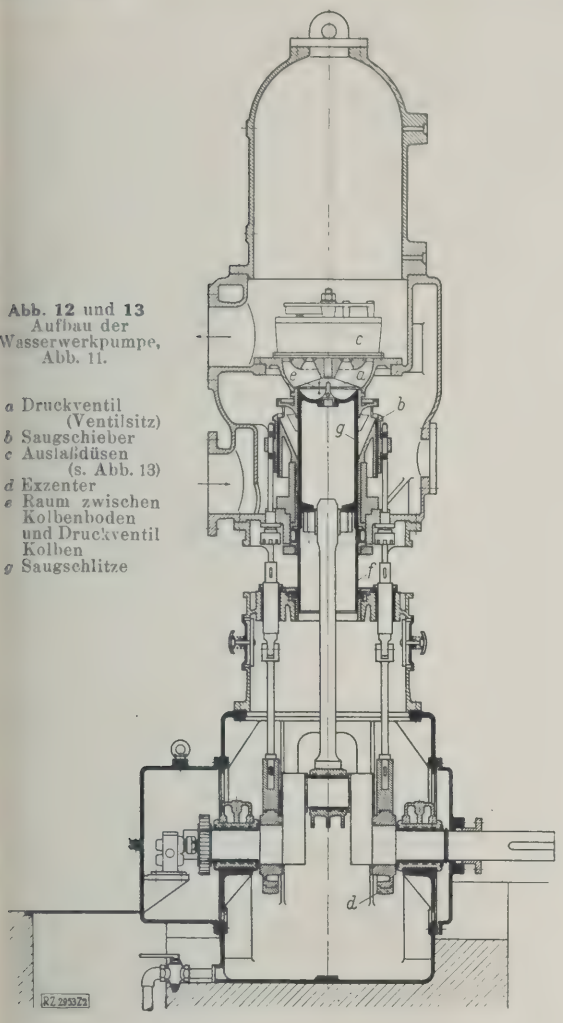



**Abb. 12 und 13** Aufbau der Wasserwerkpumpe, Abb. 11.

*a* Druckventil (Ventilsitz)
*b* Saugschieber
*c* Auslaßdüsen (s. Abb. 13)
*d* Exzenter
*e* Raum zwischen Kolbenboden und Druckventil
Kolben
*g* Saugschlitze

in vollkommenes Vakuum und saugt daher gut. Die heutigen Ausführungen der Kolbenpumpen kranken jedoch daran, daß ihre Drehzahlen zu niedrig sind und den Forderungen der Antriebe nicht entsprechen, daß sie infolge ihres großen Wasserinhaltes und ihrer niedrigen Wassergeschwindigkeit sehr umfangreich und teuer werden und viel Platz beanspruchen und daß ihre wirtschaftlichen Einheiten weit hinter denen der Kreiselpumpen zurückbleiben. Vor 30 Jahren wurden große Anstrengungen gemacht, die Drehzahlen der Kolbenpumpen zu steigern; sie sind aber gescheitert.

Es erscheint jetzt eine neue Kolbenpumpe auf dem Markt, die von den Firmen Freund-Starkehoffmann-Maschinen A.-G. und Sächsische Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann A.-G. gebaut wird und deren erste Ausführung nach Abb. 11 auf der Ausstellung „Gas und Wasser 1929“ in Berlin im Betriebe gezeigt wurde.

Diese Pumpe, die unmittelbar mit einem Dieselmotor gekuppelt ist, ist einfachwirkend und hat nach Abb. 12 ein Druckventil *a* und einen Saugschieber *b*, die mit dem Tauchkolben in derselben Achse liegen; sie kann jedoch auch doppeltwirkend ausgeführt werden. Das Druckventil, Abb. 13, mit Auslaßdüsen *c* arbeitet bei gleichem Widerstand mit weit höheren Wassergeschwindigkeiten als die bisher üblichen Ventile. Infolgedessen wird die Spaltlänge, der Ventilhub, die bewegte Ventilmasse und die Weite des Ventilgehäuses bedeutend vermindert und die zulässige Drehzahl ebenso vermehrt.

Diese Düsenventile, die jetzt eine etwa zehnjährige Entwicklung hinter sich haben, sind nur als Druckventile zu verwenden, da hier die hohe Wassergeschwindigkeit nutzbar in Druck umgesetzt werden kann. In den Saugventilen besonders für große Saughöhen kann nur mit erheblich geringeren Wassergeschwindigkeiten gearbeitet werden; als Saugventile bieten daher die Düsenventile nicht die gleichen Vorteile wie als Druckventile. Um einen ähnlichen Fortschritt, wie er durch die Düsenventile für die Druckventile erzielt ist, auch für die Saugvorgänge herbeizuführen, hat man daher ein neues Organ geschaffen, einen Schieber *b*, der die Laufbüchse des Kolbens umgibt und durch Exzenter *d*

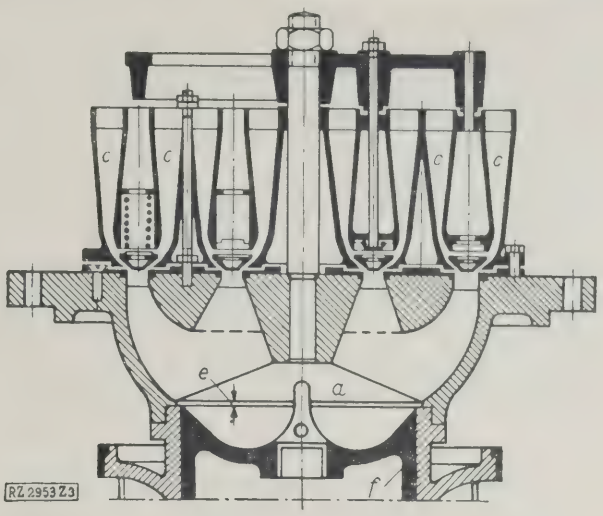



**Abb. 13.** Druckventil.

angetrieben wird. Dieser Schieber wirkt in folgender Weise. Nach Abschluß des Druckventiles *a* strömt das Wasser nicht sofort in den Zylinderraum *e*, sondern erst, nachdem der Kolben *f* einen Teil seines Weges zurückgelegt und die Saugschlitze *g* freigegeben hat. Die Eröffnung des Saugkanales durch den Schieber ist also nicht an einen bestimmten Zeitpunkt gebunden und kann vor der Totlage des Kolbens erfolgen; hierdurch wird der Antrieb sehr erleichtert und der Schieberhub verkürzt.

Während des ersten Teiles des Kolbenhubes vor der Eröffnung der Saugschlitze herrscht Luftleere im Pumpenraum, es wird also zu viel Arbeit vom Kolben geleistet, besonders bei geringer Saughöhe. Diese Mehrarbeit wird dadurch wiedergewonnen, daß der angesogene Wasserstrahl an dem Kolbenboden abgelenkt wird und dabei einen Teil seiner Strömungsenergie an diesen abgibt. Je geringer die Saughöhe ist, desto größer ist die Wassergeschwindigkeit und die Energieabgabe an den Kolben. Auch nach dem Verschwinden der Luftleere gibt der angesogene Wasserstrahl noch Arbeit an den Kolben ab. Der Druckhöhenverlust durch den Schieber ist also gering. Der Schieber schließt den Saugkanal genau zu Beginn des Druckhubes ab. Die Erfahrung hat gezeigt, daß das Wasser geräuschlos einströmt und daß die Pumpe vollkommen stoßfrei arbeitet. Der volumetrische Wirkungsgrad beträgt nahezu 100 vH.

Diese Schieberbauart hat große Vorzüge. Sie erlaubt hohe Drehzahlen und arbeitet geräuschlos. Die untere Dichtungsfläche des Schiebers ist infolge ihrer axialen Länge und der Labyrinthdichtung leicht dicht zu bekommen. Als eigentliche Dichtungsfläche ist daher nur die obere Ringfläche anzusehen. Die Umfanglänge ist nicht der zehnte Teil derjenigen, die bei Verwendung eines Saugventiles bei den hohen Drehzahlen auszuführen wäre. Undichtheiten im Ventil lassen während des ganzen Kolbenhubes Wasser zurückströmen. Der Schieber schließt dagegen mit größter Geschwindigkeit ab, die Dichtungsfläche wird schnell stark verbreitert, und dann wirken die vorgesehenen Labyrinthnuten. Außerdem schließt während eines Teiles des Druckhubes der Kolben ebenfalls den Saugraum vom Druckraum ab. Der Schieber hat eine so einfache Gestalt, daß er aus geschmiedeter Bronze, die gegen Abnutzung sehr widerstandfähig ist, hergestellt werden kann. Die Exzenter brauchen nicht genau eingestellt zu werden; da der Schieber nur einen Vorgang steuert, kann die richtige Wirkung auch durch Änderung der Stangenlänge erreicht werden.

Der Wasserinhalt der Pumpe ist sehr gering, und allein die Laufbüchse des Kolbens ist wechselnden Drücken ausgesetzt, so daß der Werkstoffaufwand in der Pumpe auf ein Mindestmaß beschränkt ist. Der Gesamtwirkungsgrad der Pumpe beträgt bei mittleren und großen Förderhöhen über 90 vH, auch bei starken Belastungsschwankungen. Bei Antrieb durch Dieselmotor kann eine Leistung von über 1500 mt auf 1 kg Rohöl erzielt werden.

Die Pumpe wird entweder, wie in Abb. 11, neben dem Dieselmotor aufgestellt, wobei die Wellen gekuppelt werden, oder die Pumpe wird unter dem Motor angeordnet und Motor- und Pumpenkolben werden durch Stangen miteinander verbunden. Die Drehzahl der Pumpe paßt sich denen der Verbrennungsmotoren und Dampfmaschinen an. Auch bei unmittelbarem elektrischen Antrieb der Pumpe wird der Motor nicht übermäßig groß, da ihre Dreh-

zahlen zwischen 350 und 175 U/min liegen. Die Saughöhe darf bis zur Flurhöhe 6 m betragen. Die Pumpe wird auch umgekehrt wie auf den Abbildungen mit dem Triebwerk nach oben ausgeführt; dann beträgt die Saughöhe bis Flurhöhe etwa 10 m. Die Pumpe entlüftet wegen ihres geringen Wasserinhaltes die Saugleitung selbst und ist leicht anzulassen.

Es können weit größere Einheiten als bisher mit Kolbenpumpen ausgeführt werden. Bei einer Leistung der einzelnen einfachwirkenden Pumpe von 1000 m³/h beträgt der größte äußere Gehäusedurchmesser 1400 mm. Eine Dreikurbelpumpe für 3000 m³/h Leistung bei 175 U/min hat im Grundriß einen Platzbedarf von etwa 8 m². Bei vielen Anwendungen ist der Platzbedarf dieser Pumpe kleiner oder nicht größer als der der Kreiselpumpe mit oder ohne Zahnradvorgelege. In Verbindung mit stehender Hochdruck-Dampfmaschine tritt die neue Pumpe für große Leistungen in den Wettbewerb mit Dampfturbopumpen.

Hamburg [M 2953] Dr.-Ing. *K. Schoene*

## *Elektrotechnik*

### Hochleistungs-Prüffelder im In- und Ausland

Das Zusammenarbeiten von Kraftwerken mit Maschinenleistungen von mehreren 100 000 kVA hat bei Störungen durch Kurzschluß oder Doppelerdschluß Fehlerströme zur Folge, die die Betriebsströme um ein beträchtliches übersteigen. Die von den Schaltapparaten beim selbsttätigen Abschalten zu bewältigenden Leistungen betragen in solchen Anlagen an besonders gefährdeten Stellen bis zu 1 500 000 kVA. Was ein Versagen eines Schalters für das Zusammenarbeiten mehrerer Kraftwerke und die Stromversorgung zu bedeuten hat, läßt sich leicht vorstellen. Es ist daher eine schon seit Jahren erhobene Forderung der Elektrizitätswerke, daß die in die Netze einzubauenden Schaltgeräte zu prüfen sind, ob sie den Anforderungen auch entsprechen. Die Ölschalter bauenden Firmen verfügen zwar durchweg über Erfahrungen, die es ihnen ermöglichen, die Schaltgeräte sicher genug zu bauen. Man kann sich bei der Berechnung und dem Bau von Ölschaltern im wesentlichen auf Versuche mit kleineren Leistungen stützen, jedoch fehlte es bisher an jeglicher Möglichkeit, Versuche mit den Leistungen durchzuführen, die die Schaltgeräte heute im Betriebe beherrschen sollen. Man hat diesem Mangel dadurch abzuhelfen versucht, daß man in Amerika und auch in Deutschland gelegentlich Versuche in großen Netzen durchgeführt hat. Solchen Versuchen stehen aber sehr große Hindernisse im Wege, da die Kraftwerke und Übertragungsleitungen meist nur während einer ganz kurzen Zeit und nach sorgfältigsten Vorbereitungen dafür zur Verfügung gestellt werden können. Auch liegt die Gefahr nahe, daß bei derartigen Versuchen Schäden an den Maschinen und Anlageteilen entstehen können, die für die Werke und ihre Versorgungsgebiete einen empfindlichen Ausfall bedeuten. Anderseits harrt eine Menge von wichtigen Fragen auf dem Gebiete des Großschalterbaues der Erforschung, so daß es aussichtslos ist, auch nur einen kleinen Teil durch Versuche in Netzen zu lösen.

Seit einigen Jahren geht deshalb das Bestreben, Versuchsanstalten zu schaffen für die Forschung auf dem Gebiete des Schalterbaues und die Prüfung der Apparate. Daß die Anlage und Einrichtung solcher Hochleistungs-Prüffelder beträchtliche Summen verschlingt, ist bei den erforderlichen Leistungen klar. In Deutschland haben die Bestrebungen nach dem Bau eines Hochleistungs-Prüffeldes zur Gründung der Versuchsanstalt für Kurzschlußwirkungen geführt. Der Entwurf, der von dieser Gesellschaft durchgearbeitet ist, sieht die Aufstellung von zwei Maschinen vor[1]), deren Abmessungen etwa normalen 40 000 kVA-Maschinen entsprechen. Sie sind in der Lage, Schaltleistungen bis zu 1 000 000 kVA zu erzeugen. Bevor aber über die Ausführung dieses Entwurfs endgültige Beschlüsse gefaßt worden sind, haben zwei Großfirmen eigene Hochleistungs-Prüffelder errichtet, deren Leistungen zwar nicht an die der geplanten Anlage heranreichen, die aber immerhin einen bedeutenden Schritt vorwärts darstellen.

Das im Transformatorenwerk der AEG schon seit rd. 20 Jahren bestehende Hochleistungs-Prüffeld mit einer Leistungsfähigkeit von 150 000 kVA wurde durch Aufstellung eines neuen Stromerzeugers in seiner Leistungsfähigkeit erheblich gesteigert. Die Maschine läuft mit 1500 U/min und liefert durch Umschaltung der Wicklungen 6 bis 12 kV. Ein Dreiphasentransformator, dessen Sekundärwicklungen in acht Gruppen unterteilt sind, ermöglicht die Erzeugung von Spannungen zwischen 6 und 125 kV. Bei sämtlichen Spannungsstufen steht durch die Eigenart der Wicklung fast die ungedrosselte Maschinenleistung für die Versuche zur Verfügung. Die Kurzschlußspannung des Transformators beträgt 3 vH bezogen auf eine Nennleistung von 100 000 kVA.

Die Siemens-Schuckertwerke haben in ihrem neuen Schaltwerk ebenfalls ein Hochleistungs-Prüffeld errichtet[2]). Die Anlage soll Kurzschlußleistungen von mehr als 700 000 kVA ergeben, die unter Zwischenschaltung eines Transformators bei 1 bis 70 kV zur Verfügung stehen. Die höchste Stromstärke bei 3 kV beträgt 260 000 A.

Auch in Frankreich sind zwischen Elektrizitätswerken und Schalter bauenden Firmen ähnliche Verhandlungen zur Schaffung eines allen Beteiligten zur Verfügung stehenden Laboratoriums für Hochleistungsversuche gepflogen worden, die aber ebenfalls noch nicht zum Abschluß gekommen sind. Die Ateliers de Constructions électriques de Delle haben für ihre eigenen Werke ein Hochleistungs-Prüffeld in Villeurbanne erbaut[3]). In einer Halle von 38 × 11 m² steht ein Dreiphasen-Stromerzeuger von 50 000 kVA Dauerleistung bei 9 kV und 1500 U/min. Mit dieser Maschine gekuppelt ist die Erregermaschine, die bei 200 V 1000 A abgeben kann, und ein Asynchronmotor von 1350 PS und 10 kV, der während 10 min 2700 PS abzugeben vermag und für die Beschleunigung des Hauptstromerzeugers dient. Ein besonderer Anwurfmotor von 30 PS ist mit diesen Maschinen gekuppelt. Mit Rücksicht auf die mechanische Sicherheit hat der Stromerzeuger die verhältnismäßig hohe Kurzschlußspannung von 27 vH. Durch Umschaltung der Stromerzeugerwicklung läßt sich die Spannung der Hochleistungsmaschine auf 4,5 kV herunter setzen, wobei dann 130 000 A zur Verfügung stehen. Die Amplitude des Stoß-Kurzschlußstromes bei 9 kV beträgt 68 000 A, was einer Abschaltleistung von rd. 470 000 kV entspricht. Der zugehörige Transformator hat eine Primärspannung von 9 kV ± 10 vH bei einer Kurzschlußspannung von 9,4 vH. Die Sekundärspannungen betragen 15 500, 26 875, 31 000, 53 750, 62 000 und 107 500 V. Die verschiedenen Spannungsstufen werden ebenfalls durch Umschaltung von Wicklungsgruppen erreicht. Außerdem steht ein besonderer Hochstrom-Transformator für elektrodynamische Untersuchungen zur Verfügung, der 20 s lang 100 000 A bei 100 V oder 3 s lang 250 000 A bei 90 V abgeben kann. Die Stromamplituden betragen dabei 260 000 und 640 000 A.

Abschaltversuche werden im allgemeinen so ausgeführt, daß der zu untersuchende Schalter eingeschaltet und kurz geschlossen wird. Vor dem Versuchsschalter liegt ein anderer Ölschalter ausreichender Schaltleistung, mit dem die Maschinen auf den Kurzschluß geschaltet werden. Der Versuchsschalter muß dann die Kurzschlußleistung unterbrechen. Der Antriebmotor des Versuchsmaschinensatzes wird kurz vor dem Einschalten auf den Kurzschluß vom Netz getrennt, so daß die Maschine im Auslauf die Kurzschlußleistung hergeben muß.

Die Versuchstände bei solchen Hochleistungs-Prüffeldern müssen besonders sicher gebaut sein, damit bei Schalterexplosionen die Beobachter nicht gefährdet sind. Besondere Meß- und Beobachtungsräume müssen in der Nähe der Versuchstände liegen, damit, soweit dies bei der Gefährlichkeit der Versuche durchführbar ist, eine Beobachtung des Schalters, photographische und kinematographische Aufnahmen möglich sind. Für die Messung müssen selbstschreibende Meßgeräte und vor allen Dingen Oszillographen vorhanden sein.

Wenn auch die im In- und Auslande geplanten Versuchsanstalten größten Ausmaßes noch nicht zur Verwirklichung gekommen sind, so ist es doch lebhaft zu begrüßen, daß die Schalter bauenden Firmen schon mehrere Hochleistungs-Prüffelder errichtet haben. Es ist zu erwarten, daß durch die Forschungstätigkeit in diesen Instituten die verwickelten Probleme aus dem Ölschalterbau einer Klärung nähergebracht werden. Der Aufgabenkreis ist aber so groß, daß auch die geplanten Gemeinschaftsinstitute Arbeit für Jahre vorfinden würden. [N 2876]

Berlin —*wald.*

[1]) ETZ Bd. 49, 1928 S. 1120.

[2]) Fachber. der 33. Jahresvers. des Verbandes Deutscher Elektrotechniker 1928 S. 51 und VDI-Nachr. Nr. 26 v. 26. Juni 1929 S. 5.

[3]) Rev. Gen. de l'Electr. 13. Jahrg. Bd. 25, 1929 Nr. 2 S. 45 und Bulletin d. Schweiz. El. Ver. Bd. 20 (1929) S. 125 u. f.

## *Luftfahrt*

### Leistungen, Aufgaben und Aussichten der Weitflugtechnik

Erst im Verkehr mit fernen Ländern findet der Luftverkehr lohnende Aufgaben, Hindernisse, zu deren Überwindung er gebraucht wird[1]). Deutschland bedarf eines

[1]) Prof. Dr.-Ing. *Madelung*, Berlin, sprach hierüber auf der 8. Hauptversammlung der Gesellschaft der Freunde und Förderer der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt E. V. am 23. Mai 1929 in Kiel.

schnellen und häufigen Verbindung mit der Wirtschaft, Kultur und Politik dreier großer Gebiete: des englisch-amerikanischen Gebietes: Großbritannien und Irland und die Vereinigten Staaten von Amerika; des iberisch-amerikanischen: Spanien und Portugal und Südamerika; des russisch-ostasiatischen Gebietes, Rußland, Sibirien, China und Japan, daneben auch die Türkei, Persien und Afghanistan. Zur schnellen Überwindung der Entfernung und der geographischen Hindernisse würde ein Weitflug nicht erforderlich sein. Die meisten Strecken erlauben zahlreiche Zwischenstationen. Aber die politischen Hindernisse machen den Weitflug für Deutschland zur Notwendigkeit. Wenn wir unabhängig sein wollen, müssen wir uns auf wenige, leicht bewegliche Zwischenstationen beschränken, ja womöglich ohne Zwischenlandung durchfliegen.

Die Schwierigkeiten des Fernflugs liegen in vielen Richtungen: In der hohen Beanspruchung der Besatzung durch das lange Fliegen, in der Schwierigkeit der Navigation und der Aufrechterhaltung einer Funkverbindung usw., vor allem aber in der Schwierigkeit, genügend Betriebstoff mitzuführen und daneben noch etwas Tragfähigkeit für zahlende Nutzlast übrig zu behalten. Die letztere Schwierigkeit läßt sich durch laboratoriumsmäßige Versuchsflüge und andre Laboratoriumsversuche zahlenmäßig untersuchen, ist aber auch schon einer theoretischen Untersuchung zugänglich.

Über das, was man in Zahlen fassen kann, läßt sich wohl Einigkeit erreichen. Aber über andre Maßnahmen sind die Ansichten der Luftfahrer geteilt. So besteht gar keine Einigkeit darüber, was man unter der Sicherheit des Weitflugs verstehen soll. Daß man für Sicherheit so gut vorsorgen soll, wie nur irgend möglich, darüber besteht volle Einigkeit. Aber nicht darüber, wie weitgehend man um einer besseren Navigation, einer besseren Funkverbindung, einer besseren Ausstattung mit Rettungsgerät, einer besseren Schonung der Besatzung willen auf Weitflugfähigkeit verzichten darf. Die eine Schule denkt an ganz große Flugzeuge mit einer vielköpfigen Besatzung von Sonderfachleuten für Flugzeugführung, Navigation, das Funken und die Wartung der im Innern des Flügels wartbar aufgestellten Motoren; in doppelter oder dreifacher Schicht, so daß man ihr sehr lange Flüge zumuten kann, ohne sie zu übermüden, und an eine Ausrüstung mit Navigations- und Funkgerät usw., die das Vollkommenste darstellt, aber auch über 1 t wiegt. Die andre Schule denkt an kleinere Flugzeuge, etwa wie des Junkers-Flugzeug, Baumuster W 33, mit dem *Köhl* den Atlantik überflog, mit einer kleinen, aber ausgesuchten Besatzung von vielseitigen Männern, die einander helfen können, mit einer nur kleinen Ausrüstung. Sie wollen bewußt opfern, um ganz große Strecken fliegen zu können, und dadurch von fremder Hilfe unabhängig zu werden.

Welche Schule recht hat, läßt sich noch nicht beantworten. Vieles spricht für die These der ersten Schule, deren extremstes Beispiel das große Luftschiff ist, das zahlreiche Fluggäste und viele Tonnen Nutzlast bequem und frei von Seekrankheit über den Ozean trägt. Aber die bequeme Beförderung von Fluggästen ist etwas ganz andres als die schnelle und häufige Verbindung Deutschlands mit fernen Ländern und die Überwindung von politischen Hindernissen. Besonders die Forderung nach Häufigkeit spricht zugunsten der kleineren Flugzeuge. Die ersten hundert Kilogramm zahlender Nutzlast sind die wertvollsten, und es wird mit Recht geltend gemacht, daß es wertvoller ist, wenn täglich ein Flugzeug eine halbe Tonne ans Ziel bringt, als wenn einmal im Monat 15 t dort abgeliefert werden.

Entscheidend ist in jedem Fall, ob das Flugzeug sicher in der Lage ist, die weite Strecke trotz Gegenwind zu überwinden und seine Nutzlast drüben abzuliefern. *Madelungs* Untersuchungen, welche Weitflugleistungen mit heute greifbaren Flugzeugen bereits möglich sind, gehen von *Köhls* Junkers-Flugzeug aus, als demjenigen deutschen Flugzeug, das das Höchste im Weitflug geleistet hat. *Madelung* zeigte, welche Nutzlast es befördern kann, je nachdem wie weit die Strecke ist, bis schließlich die Zuladung nur noch aus Betriebstoff besteht, und ferner, wie ungünstig die Strecke durch Gegenwinde beeinflußt wird, die auf der Nordatlantikstrecke einen Durchschnittswert von rd. 70 km/h haben können. Darauf zeigte er, wie sich die Weitflugleistung verbessern läßt, wenn aus dem inzwischen drei Jahre alten Flugzeug ein neues entwickelt wird, bei dem die Errungenschaften der letzten Jahre auf dem Gebiete der Strömungstechnik, Flugzeugbautechnik und Motorentechnik ausgenutzt werden. Am kennzeichnendsten ist die Steigerung der Leistungen, die die Triebstoffaufnahme in der Luft und das Aufsteigen des Flugzeugs mit einem Katapult bringen würde. Der Weitflug sollte in der Lage sein, jede Strecke zu überbrücken, die für die Verbindung Deutschlands mit der Welt notwendig ist. Aber das liegt noch in der Zukunft, und es ist noch ein weiter Weg zurückzulegen, bis aus der Erkenntnis eine einmalige Rekordleistung und aus dieser eine wirtschaftliche Wirklichkeit wird.

*Madelung* warnte davor, die Entwicklung zu überstürzen, etwa durch verfrühte Entwicklungsaufträge auf Flugzeuge und Motoren, die man in ihren Schwierigkeiten noch nicht übersehen kann. Auch den im übrigen so fruchtbaren Weg der Wettbewerbe zur Schaffung von hochleistungsfähigen Motoren und Flugzeugen kann er noch nicht empfehlen, weil sie den Konstrukteur zu früh zwingen, sich auf bestimmte Bauelemente festzulegen. Zur Schaffung von Hochleistungsmotoren und Hochleistungsflugzeugen reichen die vorhandenen Bauelemente nicht aus, weder die vorhandenen Bauweisen für Flügel, Flügelholme, Flügelbeplankung, Rümpfe, Rumpfteile usw. der Flugzeugzelle, noch die entsprechenden für Motorenzylinder, Wellen, Lager und andre Motorenteile. Mit allem Nachdruck muß an ihrer planmäßigen Entwicklung auf wissenschaftlicher Grundlage gearbeitet werden, soweit sie für den Weitflug notwendig sind, durch Förderung des Versuchswesens, durch viele kleine Entwicklungsaufträge auf solche Bauelemente, vor allem aber durch viele kleine Wettbewerbe, in denen Bauelemente miteinander verglichen und der weiteren Benutzung zugänglich gemacht werden sollen. Er erinnerte an den Wettbewerb für Motorkolben, der 1921 in der Versuchsanstalt von Prof. *Becker* in der Technischen Hochschule Berlin durchgeführt wurde und der so ausgezeichnet für die Klärung der Kolbenfrage und die Einführung der Leichtmetallkolben gewirkt hat, und an verschiedene andre Teilwettbewerbe, die während des Krieges in Adlershof stattfanden und bei denen manches Neuartige erschien, das vielleicht noch nicht ausgereift war, das aber das Eis der erstarrten Entwicklung um so besser brach.

Notwendig ist es aber auch, daß die Menschen für ihre zukünftige Aufgabe vorbereitet werden. Die Flugschulen müssen Flieger erziehen, die den hohen Anforderungen gewachsen sind, die der Weitflug über See und Wildnis an sie stellt. Vor allem muß auch dem planmäßigen Luftverkehr die Aufgabe gestellt werden, lange Strecken regelmäßig zu fliegen, und es muß ihm die wirtschaftliche Möglichkeit dazu gegeben werden. Die gegenwärtige Art der Subventionierung wird der großen Schwierigkeiten nicht gerecht, die der Beförderung zahlender Nutzlast auf großer Strecke ohne Betriebstoffaufnahme entgegenstehen. *Madelung* schlug ein System vor, bei dem die Flugstrecke stufenweise bewertet wird, lange Strecken also viel höher bezahlt werden als kurze. Für die Bewertung der Nutzlast schlug er das entgegengesetzte vor, die ersten hundert Kilogramm zahlender Nutzlast sollen hoch bezahlt werden, die folgenden immer weniger. [N 3278]

## *Kraftwagen*

### Grenzen der Leistungssteigerung schnellaufender Fahrzeugmaschinen[1])

Die Leistung eines schnellaufenden Vergasermotors von bestimmtem Hubraum ist durch die Ausnutzung der Ladung und die erreichbare Drehzahl begrenzt. Während die Möglichkeit, die Ladung bis an die erreichbare Drehzahlgrenze auszunutzen, nahezu gleich bleibt, verringert sich das Gewicht der Ladung mit steigender Drehzahl. Die erreichbare höchste Drehzahl ist durch die beherrschenden räumlichen und zeitlichen Größen des Steuervorgangs bestimmt.

Die Untersuchung beschränkt sich auf das Viertaktverfahren, auf Zylinder von 100 bis 500 cm³ Hubraum und die gewöhnliche Steuerung, bei der die Ventile durch Nocken geöffnet und durch Federn geschlossen werden.

Von den möglichen Zylinderkopfformen eignet sich nur die mit schräg hängenden Ventilen für Höchstleistungen. Durch Abstufen der Querschnitte von Ein- und Auslaßventilen nach den Ergebnissen von *Ricardos* Untersuchungen kann man die in der Abb. 14 angegebenen Drehzahlen erreichen. Bei gegebenem Hubraum rückt also mit wachsendem Zylinderdurchmesser die erreichbare Drehzahlgrenze herauf. Da aber beim Hubverhältnis 1 : 1 nur noch ein Verdichtungsgrad von 1 : 55 erreichbar ist (die gestrichelte Kennlinien der konstanten Hubverhältnisse entsprechen mit genügender Annäherung auch $\varepsilon =$ konst.), so sind die höchsten Drehzahlen nur bei Mehrzylindermaschinen mit kleinen Zylindern erreichbar.

Die praktische Grenze der Steuerzeiten liegt bei 260 ° Öffnungswinkel, bezogen auf den Kurbelkreis. Die Bedeutung eines großen Öffnungswinkels liegt nicht im längern Ein- und Ausströmen, sondern in der Möglichkeit, eine

[1]) Auszug aus der in Heft 315 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1928, erschienenen Arbeit.

brauchbare Nockenform für hohe Drehzahlen zu finden. Als höchste Beschleunigungen für Steuerteile mit kleinen bewegten Massen haben sich für die angegebene Zylinderreihe rd. 1200 m/s² bei Anhub und Ventilschluß, 2000 m/s² bei der Bewegung über den Spitzenkreis des Nockens ergeben. Bei diesen Beschleunigungen behalten die Beanspruchungen (stoßartig, hohe Lastwechselzahl, zum Teil hocherhitzte Körper), die sich daraus ergebenden Gewichte und Federn noch brauchbare Größen.

Die übliche graphische Berechnung der Beschleunigungen von Steuernocken ist nicht genügend genau, zeitraubend und unübersichtlich. Für die möglichen Formen der Steuernocken, Tangentennocken (für hohe Drehzahlen ungeeignet) und Nocken mit gekrümmtem Anlauf (aus Kreisbogen zusammengesetzt) sowie der Stößel (flach oder gekrümmt) lassen sich einfache Gleichungen aufstellen, in denen die Beschleunigung als Funktion des Quadrates der Winkelgeschwindigkeit der Steuerwelle und der Nocken- und Stößelmaße erscheint. Für den Tangentennocken, Abb. 15, gilt z. B.

$$\cos \omega t = \frac{\varrho + G}{y + G + \varrho}$$

($\varrho$ = Halbmesser der Stößelrolle, $G$ = Grundkreishalbmesser, $y$ = Nockenhub), und die Beschleunigung als zweite Ableitung des Weges nach der Zeit

$$y'' = \frac{-(\varrho + G)\,\omega^2 (1 + 2\,\mathrm{tg}^2\,\omega t)}{\cos \omega t}.$$

Die Anfangsbeschleunigung für $\omega t = 0$ ist

$$y''_A = (\varrho + G)\,\omega^2.$$

Da der Ruck bei Beginn des Öffnens und bei Ventilschluß die gefährlichsten Beanspruchungen in den Steuerteilen auslöst, sollen Anfangs- und besonders Schlußbeschleunigungen möglichst klein sein (beim langsam laufenden Fahrzeugmotor kann diese Ausbildung der Nocken das Geräusch vermindern). Zwischen Anlauf oder Ablauf und dem Beginn des Spitzenkreises kann man dagegen erhebliche Beschleunigung zulassen. In den Bereich der kleinen Beschleunigung müssen aber auch die im Betriebe möglichen Änderungen des Ventilspieles fallen.

Ein Schema des Verlaufs der Beschleunigung zeigt Abb. 16. Beim Beginn des Anlaufs und am Ende des Ablaufs, ebenso in der Mitte des Spitzenkreises ist $\omega t = 0$. Dadurch wird die Rechnung vereinfacht. Nur am Ende des Anlaufs und bei Beginn des Ablaufs hat $\omega t$ endliche Werte. Mit diesen fünf Punkten ist aber ein Nocken völlig bestimmt, während der Verlauf der Beschleunigungen zwischen diesen Punkten belanglos ist.

Mit dem Zylinderdurchmesser wachsen auch die Ventildurchmesser und die Ventilhübe, also die Gewichte der bewegten Steuerteile und ihre Beschleunigungen. Infolgedessen sinken die durch die Beanspruchungen der Steuerteile bestimmenden Grenzdrehzahlen mit zunehmendem Zylinderdurchmesser. Schiebersteuerungen nach *Burt* oder *Knight* sind in bezug auf die erreichbare Drehzahl theoretisch den Ventilsteuerungen überlegen; doch hat man praktisch die Höchstleistungen der Ventilmotoren bei Schiebermotoren nie erreicht. Schuld daran ist die schwierige Beherrschung des Wärmezustandes der Schiebermotoren bei hohen Drehzahlen.

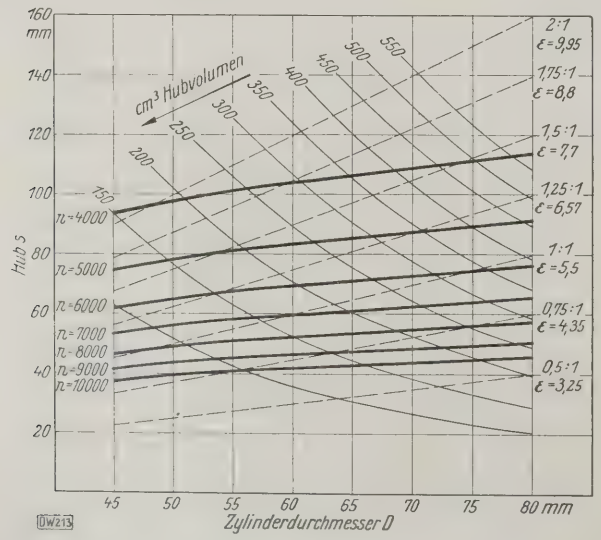



**Abb. 14**
Beziehungen zwischen Hub, Bohrung, Drehzahl, Hubvolumen, Hubverhältnis und Verdichtungsgrad.

Für den Mißerfolg von Drehschiebersteuerungen war wohl entscheidend, daß Verbrennungsrückstände in den Raum zwischen Schieber und Wand eintreten und die schon durch die Unterschiede der Wärmedehnung erschwerte Drehbewegung unmöglich machen.

Der im Viertaktverfahren arbeitende Ventilmotor hat also in bezug auf Höchstleistung und erreichbare Drehzahl bisher die Führung. Der Ausgleich des sinkenden Füllungsgrades durch das Vorverdichten der Ladung hat diese Grenzen noch ein wenig erweitert. Die Bedeutung der Versuche mit höchsten Drehzahlen liegt nicht in der Aufstellung von Rekorden, sondern in den Erfahrungen, die sie für die Entwicklung des Verkehrsmotors bringen. [M 2462]

Berlin Dr.-Ing. *Manfred Christian*

## *Maschinenteile*

### Getriebepraxis bei Verpackmaschinen

**Zuschrift**

Im Aufsatz von *Maul*[1]) wird auf eine Gruppe von „Getriebemaschinen" hingewiesen. Hierzu ist zunächst auf eine unzweckmäßige Ausdrucksweise aufmerksam zu machen, die auch vielfach auf der Getriebetagung 1928 in Dresden geläufig war. Der Ausdruck „Getriebemaschinen" ist für den Leser insofern befremdend, als er sich keine Maschinengattung darunter vorstellen kann. Der dem Automatenbau fernerstehende Ingenieur kann sich darunter zunächst bestimmt nichts denken, denn jede Maschine enthält mehr oder weniger Getriebeteile. Ich erinnere dabei nur an die Steuerwellen bei Verbrennungskraftmaschinen, an ein Gebiet, in dem die Formgebung der Steuernocken eine außerordentlich wichtige Rolle spielt, da trotz kleiner Hübe sehr hohe Beschleunigungen auftreten[2]).

Außerdem möchte ich eine weitere allgemeine Bemerkung erwidert haben, die besagt: „Wissenschaftliche Untersuchungen an ausgeführten Schubkurven-Getrieben sind bis jetzt nicht bekannt geworden. Sie wären sehr wertvoll, da die Frage, nach welchem Gesetz Schubkurven überhaupt am vorteilhaftesten konstruiert werden sollen, bis heute offen steht."

Abgesehen vom amerikanischen Schrifttum, das nicht nur das Buch von *Furman*, Cams, New York 1921, enthält, sondern noch eine ganze Reihe bedeutenderer Abhandlungen, ist im deutschen Schrifttum, wie schon aus obigen kurzen Angaben hervorgeht, eine solche Menge ausreichender Forschungsergebnisse vorhanden, daß vom Verfasser zu Unrecht behauptet wird, es sei keine Literatur da, die sich auf die Untersuchung der Form der Nocken bezieht.

[1]) Vorgetragen von Dipl.-Ing. *Maul*, Stuttgart, auf der Getriebetagung des Vereines deutscher Ingenieure in Dresden am 16. und 17. September 1928; veröffentlicht in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 15 S. 481.

[2]) Z. Bd. 63 (1919) S. 263; „Werkstattstechnik" Bd. 3 (1909) S. 363; Z. Bd. 49 (1905) S. 1581 und Bd. 57 (1913) S. 162 *Heller*, Die Form der Steuernocken, München 1922.

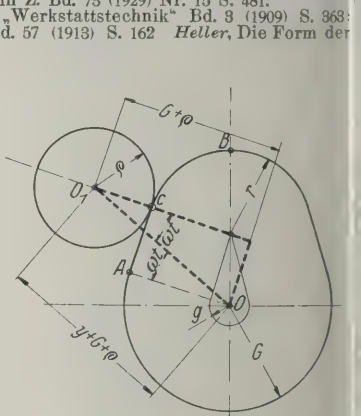



**Abb. 15**
Bewegung des Rollenstößels auf der graden Anlauffläche.

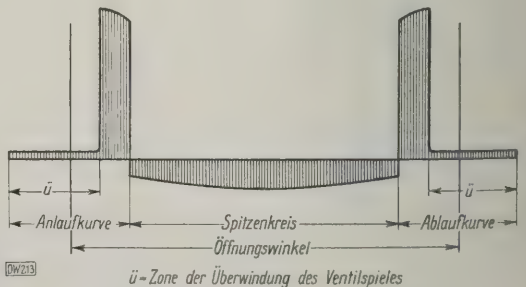



**Abb. 16**
Schema des Beschleunigungsverlaufes.

Was die Ausführung bezüglich der zur Verwendung mmenden Maschinenelemente anbelangt, kann ich mit der uffassung des Verfassers auch nicht immer einig gehen. ist z. B. erwähnt, daß bei geschlossenen Kurven die utkurven das geringste Spiel aufweisen. Im Gegenil zeigt die Erfahrung, daß an stark gekrümmten Stellen r innere Halbmesser oft dem Rollenhalbmesser naheommt, d. h. mit anderen Worten eine Kante entsteht. ierzu kommt, daß diese Stelle zu Beginn und Schluß der ewegung ist, also gerade da, wo der größte Geschwindigeitswechsel liegt. Besonders betont muß sogar werden, aß überhaupt eine stoßfreie (spielfreie) Bewegung mit utscheibenkurven oder geschlossenen Trommelkurven erkstatttechnisch nicht ausführbar ist. Schon die Tatche, daß die Rolle immerhin soviel Spiel haben muß, daß ie sich drehen kann, ist doch ein schlagender Beweis. Bei rommelkurven ist ganz besonders wahrzunehmen, daß auf en zur Verwendung kommenden Fräsmaschinen, ich denke abei an die bekannten *Nubeschen* Fräsmaschinen, der Halbesser des die Kurvenrolle tragenden Schwinghebels nicht erücksichtigt wird.

Meistens, insbesondere bei kurzem Schwinghebel, muß ie Kurve eine Nachbearbeitung mit dem Schaber oder der 'eile erfahren. In dem Aufsatz werden die mit zwei Rollen uf eine Kurve arbeitenden geschlossenen Kurven vermißt, ie eine in jeder Hinsicht spielfreie Bewegung gewähr-isten. Die Ausführung kann nach Art der Nutscheibenurven, als auch nach Art der Trommelkurven erfolgen und ndet in der Technik vielfache Verwendung.

Ein weiteres Beispiel: bei der Konstruktion von Schuburven spielt der auftretende Pressungswinkel eine große olle. Diese Keilwirkung gibt den eigentlichen Aufschluß, 1 welcher Entfernung der Schwinghebel der Scheibenkurve uzuordnen ist. Die Behauptung, daß „es im allgemeinen iel besser sei, wenn die beiden Grenzlagen des Rollenittels auf einem Durchmesser der Schubkurvenwelle liegen ürden", ist im Aufsatz unbegründet geblieben. Maßgebend st lediglich bei offenen Scheibenkurven die von Fall zu 'all, z. B. an oberschlägigen Webstühlen, notwendige Verigerung der Keilwirkung auf beispielsweise einem Zweig er Schubkurve. Daß möglicherweise die Kurve nach einer Drehrichtung selbstsperrend ist, muß dann in den Kauf enommen werden, wenn dies, wie sogar oft der Fall, nicht esonders erwünscht ist.

Düsseldorf Dr.-Ing. *Gerhard Schaudt*

**Erwiderung**

Die Bezeichnung „Getriebemaschinen" ist in dem Beicht der VDI-Zeitschrift über die Getriebetagung 1926[3]) das erstemal umschrieben worden. Ich habe mich dieses Ausdrucks bedient, weil er mir zweckmäßig schien. Solange kein besserer Ausdruck vorgeschlagen wird, wird es gut sein, ihn weiter zu benutzen. Wenn *Schaudt* sagt, daß ich mich zu Unrecht über das Fehlen wissenschaftlicher Untersuchungen an ausgeführten Schubkurventrieben beklage, so lasse ich mich gerne belehren. Es kommt mir dabei auf solche Laboratoriums-Untersuchungen an, die für einen bestimmten Trieb den Einfluß des Kurvengrundkreises, des Rollendurchmessers, des Konstruktionsgesetzes für die Kurve, der verschiedenen Spiele und andrer Einzelheiten auf stoßfreien Lauf, Abnutzung usw. bei verschiedenen Drehzahlen ermitteln. Ich glaube, daß weite Kreise großen Anteil daran nehmen, wenn *Schaudt* das Ergebnis solcher Versuche der Öffentlichkeit zugänglich machen wollte, um so mehr, als *Schaudt* in seinem Buche „Schubkurventriebe" (Seite 30, Zeile 7 ff.) sich selbst über recht spärliche Unterlagen aus dem Schrifttum und daß diese teilweise unbrauchbar sind, beklagt. Wörtlich schreibt er a. a. O.: „Die besten Werte haben sich bisher immer aus dem praktischen Betriebe erfahrungsgemäß ergeben."

Die Frage des Rollenspieles wäre ebenfalls einer besonderen Betrachtung wert. Sie darf wohl nicht nur unter theoretischen Gesichtspunkten vor sich gehen. Meine Behauptung bezüglich der Nutscheibenkurven möchte ich auch nur auf die von mir beschriebenen Formen der Schubkurventriebe bezogen wissen. Es kommen bei dieser Frage die Schwierigkeiten und Kosten der Herstellung wesentlich in Betracht. Das Verfahren, zwei Rollen zu verwenden, von denen eine auf der einen Innenseite, die andre auf der andern Innenseite der Kurvennut läuft, oder das andre Verfahren, bei dem man sozusagen die Nutscheibenkurve umstülpt und die Rollen auf den Außenseiten der Kurve laufen läßt, ergeben zweifellos einen Trieb mit sehr geringem Spiel, aber mit wesentlich erhöhten Kosten. Es ist nicht selbstverständlich, daß die theoretisch überlegene Konstruktion in der praktischen Verwirklichung in gleichem Maße sich als überlegen erweist. Das Vermeiden von Unstetigkeiten bei steilen Kurven, die Berücksichtigung des Halbmessers des Rollenhebels sind allerdings Fragen, die mit der besonderen Form des Triebes und dem Rollenspiel zunächst nichts zu tun haben. Wenn *Schaudt* auf Ausführungsformen hinweist, die auf anderen Sondergebieten zu finden sind, so ist doch zu bedenken, daß das Übergreifen nach verwandten Gebieten mir den Rahmen des Vortrags vollends gesprengt hätte.

Daß ich mir bewußt war, vieles Wichtige und Notwendige nicht gesagt zu haben, spricht der Schluß meines Aufsatzes deutlich genug aus. Lediglich aus Rücksicht auf die für den Vortrag zur Verfügung stehende Zeit blieb auch die Frage des Pressungswinkels unerwähnt. Ich gebe gerne zu, daß ich einzelne Punkte absichtlich scharf in den Vordergrund gerückt habe, um eine Weiterbehandlung der angeschnittenen Fragen anzuregen.

Stuttgart [D 3108] *Franz Maul*

[3]) Z. Bd. 71 (1927) Seite 163. Darnach wurden unter diesem Begriff ie Arbeitsmaschinen verstanden, bei denen die eingeleitete (meist leichförmige) Drehbewegung nicht im „Gleichgang", sondern im Wechselgang" umgeformt wird, wobei schwingende oder absetzende Bewegungen erzielt werden. Getriebemaschinen sind demnach Maschinen, eren Eigenart in erster Linie in der Verwendung periodisch übertzender Getriebe besteht.

## *Kleine Mitteilungen*

### Großes Kraftwerk für ein Warenhaus

Der für die Erweiterung des Warenhauses von R. H. Macy & Co., New York City, vor acht Jahren in Angriff genommene Ausbau des Kraftwerkes nähert sich jetzt seiner Vollendung. 1928 lieferte es bereits 9 434 000 kWh für Kraft und Licht und 59 000 t Abdampf von etwa atmosphärischer Spannung für Heizzwecke. Diese Menge entspricht etwa 40 vH der gesamten Abdampfmenge der Dampfkraftmaschinen, die die Stromerzeuger antreiben. Zur Zeit beträgt die Höchstleistung der Kraftanlage etwa 3000 kW; während einer achtstündigen Schicht werden 20 000 kWh geliefert. Der Strombedarf verteilt sich je zur Hälfte auf Beleuchtung und Elektromotoren. An der Kraftbelastung sind hauptsächlich beteiligt: 40 Rolltreppen, 41 elektrische Aufzüge, rd. 1000 PS für den Antrieb der Heiz- und Lüfteinrichtungen, 275 PS für das Kühlen der Luft im Erdgeschoß und in den Kellergeschossen, 250 PS für die Kühlanlage, 350 PS für die Rohrpost und 90 Motoren für den Antrieb von Förderbändern. („Power" 23. Juli 1929 S. 123*.) [N 3418 i] *Le.*

### Dieselmotorenanlage mit Ladegebläse nach Rateau

Burmeister & Wain haben für die Blue Funnel-Linie ein Doppelschrauben-Dieselmotorschiff im Bau, dessen Maschinenanlage von 9600 PS Gesamtleistung die größte Anlage mit einfachwirkenden Viertakt-Dieselmotoren werden soll. Jeder der Motoren erhält 8 Zylinder von 750 mm Dmr. und 1500 mm Hub und soll bei Aufladung 4800, ohne Aufladung 3200 PS leisten. Die Ladegebläse, die von der Société Rateau, Paris, gebaut werden, wurden im Mai d. J. auf dem Prüfstand vorgeführt. Zu jedem Motor gehören zwei Gebläsegruppen, die je zwei Gebläse umfassen. Jedes dieser Gebläse, bestehend aus einem einstufigen Gleichdruck-Gasturbinenlaufrad, gekuppelt mit einem Gebläserad, hat seine eigene Welle, ist also in bezug auf die Drehzahl von den andern Gebläsen unabhängig. Die beiden Turbinenräder einer Gruppe laufen aber im gleichen Gehäuse. Bei den Versuchen in Paris wurde die von den Gebläsen geförderte Druckluft in einer besonderen Verbrennungskammer durch Verbrennen von Öl auf die Temperatur von rd. 450 ° erhitzt, die sonst die Auspuffgase haben, da kein Dieselmotor zur Verfügung stand. („Mechanical Engineering" August 1929 S. 618) [N 3450 a] *H.*

### Der Packard-Dorner-Dieselflugmotor

Nach den Mitteilungen, die vor einiger Zeit über diesen Motor bekanntgeworden sind, beruht die große Ersparnis an Gewicht bei diesem Motor in erster Linie darauf, daß zum Steuern der angesogenen Verbrennungsluft und der Auspuffgase in jedem Zylinderkopf ein einziges Ventil von großem Durchgangsquerschnitt angebracht ist. Die aus Leichtmetall gegossenen Zylinder mit Luftkühlung sind strahlenförmig um das Kurbelgehäuse angeordnet. Unter den Zylindern sitzen am Gehäuse ebenso viele Brennstoffpumpen, die durch eine gemeinsame große Nockenscheibe gesteuert werden. Die Zylinder haben weder Ansaug- noch Auspuffrohre. Das

gemeinsame Einlaßventil bleibt von Beginn Auspuff bis Beginn Verdichten offen, so daß durch die gleichen Öffnungen zunächst Auspuffgase ausströmen und darauf frische Luft eintritt. Durch diese für Flugmotoren mit Benzinbetrieb (Gnôme) nicht mehr ganz neue und auch für Ölmotoren bereits von *Diesel* vorgeschlagene Vereinfachung, die allerdings erst bei Ölmotoren praktischen Erfolg liefert, wird erreicht, daß die Zylinderfüllung in viel geringerem Maß mit steigender Drehzahl abnimmt als bei Motoren mit zwei Ventilen. Der niedrige Brennstoffverbrauch erklärt sich durch die absichtlich hoch gewählten Verbrennungsdrücke. Angeblich steigert der Zylinderdruck das Motorgewicht in viel geringerem Maß als die Nutzleistung, so daß sich dabei stets ein Gewinn an Einheitsgewicht ergibt. („Mechanical Engineering" August 1929 S. 618/19*) [N 3450 b] *H.*

### Das Motortankschiff „Calgarolite"

Das größte bisher auf dem Tees erbaute Schiff ist das Motortankschiff „Calgarolite", das die Furness Shipbuilding Co., Haveston, jetzt an die Imperial Oil-Gesellschaft, Toronto, abgeliefert hat. Das Schiff ist nach der Isherwood-Bauart ohne Kniebleche mit zwei durchlaufenden Decks, Poop, Brücke und Back erbaut und hat bei 164,6 m Gesamtlänge, 21,3 m Breite und 11,8 m Seitenhöhe eine Tragfähigkeit von 16 000 t. Auf jeder Seite des öldichten Mittellängsschotts liegen neun Hauptbehälter. Der Pumpenraum liegt mittschiffs, die drei mit Dampf betriebenen Ölpumpen leisten 480 m³/h. Die von der Germaniawerft, Kiel, gelieferte Maschinenanlage besteht aus zwei einfachwirkenden Sechszylinder-Zweitaktmotoren von je 2500 PS. Die Motoren sind, da je zwei Zylinder zusammengegossen sind, von besonders kräftiger Bauart. Außerdem sind zwei Dieselmotoren von je 160 PS für Luftverdichter und Dynamos und eine Dieseldynamo von 45 kW vorhanden. Die Rudermaschinen und zahlreiche Hilfsmaschinen werden elektrisch betrieben. Dampf von 15 at für den Betrieb der restlichen Hilfsmaschinen und der Pumpen liefern zwei Babcock & Wilcox-Kessel. Die Abgase der beiden Hauptmotoren werden, obgleich ihre Temperatur mit 260 ° verhältnismäßig gering ist, zum Heizen von zwei Clarkson-Kesseln ausgenutzt, die 453 kg/h Dampf von 7 at liefern. („The Shipbuilder" August 1929 S. 651*) [N 3450 e] *Bl.*

### Englands größtes Motorschiff

Auf der Werft von Harland & Wolff, Belfast, ist jetzt das im Auftrag der White Star Line gebaute Zweischraubenschiff „Britannic" vom Stapel gelaufen, mit 27 000 B.-R.-T. das größte englische Motorschiff. Es ist für den Dienst Liverpool – New York bestimmt, hat geraden Steven, Kreuzerheck und zwei niedrige Schornsteine und ist für 1550 Fahrgäste geschmackvoll und prächtig eingerichtet.

Zum Antrieb dienen zwei doppeltwirkende Zehnzylinder-Viertaktdieselmotoren mit Lufteinspritzung von je 10 000 PS, deren Zylinder mit Frischwasser und deren Kolben mit Öl gekühlt werden. Die Einblase-Luftverdichter werden durch besondere Motoren angetrieben. Alle Maschinenraum- und Deckhilfsmaschinen, Lüftung und Küche werden elektri betrieben. Den hierfür und für Lichtzwecke erforderlic Strom liefern vier Dieseldynamos mit insgesamt 2000 und eine 75 kW-Dieseldynamo als Hilfsgruppe. Für Ko und Heizzwecke dienen fünf Abgaskessel und im Ha betrieb zwei Zylinderkessel mit Ölfeuerung. Das Schiff 207 m Länge, 25 m Breite und 13,3 m Seitenhöhe und w im nächsten Jahr in Dienst gestellt werden. („The Engine 9. August 1929 S. 152*) [N 3450 f] *B*

### Die Pyrenäenbahn d'Ax les Thermes — Puigcerda

Nach der erst vor einem Jahr in Betrieb genomme Strecke Bedous – Jaea ist eine zweite die Pyrenäen dur querende Bahn vor kurzem eröffnet worden. Die n Strecke d'Ax les Thermes – Puigcerda verbindet Toulo und Barcelona unmittelbar durch die Täler des Ariège- Karolflusses. D'Ax les Thermes liegt 701 m, Puigce 1146 m und der höchste Punkt der Bahn 1562 m ü. M., Länge dieses Abschnittes beträgt 39,7 km. Von den 10 T neln der Bahn ist der größte, der Saillens-Tunnel, 175 lang und in einer Schleife angelegt. Die neue Bahn li fast ganz auf französischem Gebiet, die anschließende B Puigcerda – Ripoll auf spanischer Seite ist schon seit 1 in Betrieb. Es werden elektrisch betriebene Personenzü von 300 t und Güterzüge von 360 t befördert, einheitl mit BB-Gleichstrom-Lokomotiven von 1400 PS Höch leistung bei 1500 V Fahrdrahtspannung. Die Bahn Pu cerda – Barcelona hat ebenfalls elektrischen Betrieb („Génie Civil" 3. August 1929 S. 101*) [N 3450 c] *R*

### Lokomotivrahmen und Zylinder aus einem Gußstück

Die Montreal-Lokomotivwerke haben neuerdings 20 komotiven für die Canadian Pacific-Bahn gebaut, deren R men und Zylinder von rd. 30 t Gewicht zusammengegos sind[1]); ebenso bilden Rahmen und Behälterboden eines T ders ein Gußstück. („The Engineer" 9. August 1929 S. 1 [N 3450 d

[1]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 33 S. 1161.

### Maschinelle Herstellung von Blaupaus

Mittels der von C. F. Pease Co., Chicago, gebau Maschine kann man Blau-, Braun- oder Weißpausen f laufend mit einer Geschwindigkeit bis zu 3,7 m/min h stellen. Die zu pausenden Zeichnungen werden auf die einer Rolle ablaufende Papierbahn gelegt, worauf sie ü eine gebogene Glasplatte geführt, dagegen gepreßt und lichtet werden[1]). Nach dem Belichten wandern die Origin wieder selbsttätig zum Einlauf der Maschine zurück, w rend die belichtete Papierbahn durch das Wasser- und L genbad geführt und dann getrocknet wird. Auf der Rü seite der Maschine wird die Papierbahn aufgerollt und z Abschneiden bereitgelegt. („Machinery" August 1929 S. 95 [N 3450 g] *Schr*

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 51 (1907) S. 155.

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Turbo-Gebläse und Turbo-Kompressoren.** Von *Bruno Eck* und *W. J. Kearton*. Herausgeg. von *Bruno Eck*. Berlin 1929. Julius Springer. 294 S. m. 266 Abb. Preis 28 *RM*.

Das vorliegende Werk ist eine Erweiterung des vor kurzem in englischer Sprache erschienenen Buches von *Kearton* „Turboblowers and turbocompressors" und bringt den heutigen Stand dieser Maschinengruppe in erschöpfender Weise zur Darstellung. Wertvoll ist besonders, daß auch die englischen Ausführungen berücksichtigt werden. Zuerst werden die für das Verständnis des Nachfolgenden nötigen Grundgesetze der Thermodynamik und die Strömungslehre behandelt. Die Theorie des Kompressors stützt sich wie gewohnt auf die *Eulersche* Gleichung, wobei der Wirkung der endlichen Schaufelzahl besonders Rechnung getragen wird. Über die Festigkeit der umlaufenden Teile, die kritische Drehzahl und andre Fragen finden sich eingehende Abhandlungen, ebenso über die Regelvorrichtungen; sie haben zu sinnreichen Lösungen geführt, namentlich in Verbindung mit der Dampfturbine. Eine Beschreibung ausgeführter Anlagen gibt ein Bild von den erfolgreichen Bestrebungen zur Verwendung der Turbokompressoren im In- und Ausland. Das reichhaltige Buch kann den Fachkreisen empfohlen werden. [E 3252] *Ostertag*

Vorlesungen über Maschinenelemente. Von *M. ten Bos*. 1. H.: **Festigkeitslehre.** 72 S. m. 104 Abb. Preis 6 *J* 3. H.: **Wellen und Lager.** 86 S. m. 141 Abb. Pr 6,60 *RM*. Berlin 1929, Julius Springer.

Die beiden vorliegenden Hefte der Vorlesungen üb Maschinenelemente lassen erkennen, wie vorteilhaft m in solchen Vorlesungen bei der Auswahl und Behan lung des Stoffes pädagogische Gesichtspunkte vor den der Vollständigkeit und gleichförmigen Behandlung v vorzugen kann. So sind vor allem die Abschnitte, die das mathematische Verständnis bereits gewisse Anfor rungen stellen, eingehend behandelt, während technolo sche, wirtschaftliche und getriebliche Gesichtspunk immerhin zurücktreten. Dadurch bilden die Hefte, gleichzeitig ein Zeugnis für den hohen Stand dieser Vo lesungen in Zürich ablegen, insbesondere für den Studiere den eine wertvolle Ergänzung zu den elementarer geha tenen Taschenbüchern und Lehrbüchern.

In der Festigkeitslehre sind die verschiedenen Festi keitstheorien auseinandergesetzt und in ihren Folgerung behandelt, ebenso werden die Verfahren von Castigliar Maxwell und Clapeyron für die statisch bestimmten Ko struktionen des Maschineningenieurs eingehend besproche

Der Schmierungs- und Kühlungs-Theorie des Gleitlagers werden über 30 Seiten gewidmet, während die Reibkupplungen auf 1½ Seiten erledigt werden. Das Werk folgt demnach durchweg den Gesichtspunkten, in den Hochschulvorlesungen pädagogisch wertvolle Fragen vor solchen zu bevorzugen, die dem Ingenieur in der Praxis durch die Literatur ohne weiteres zugänglich sind, und verdient von diesem Gesichtspunkte aus auch die Beachtung erfahrener Konstrukteure der Praxis, die sich gerade über schwierigere Fragen nachträglich unterrichten wollen.
[E 3250] *Kutzbach*

**Handbook of refrigerating engineering.** Von *W. R. Woolrich.* New York 1929, D. Van Nostrand Comp. 331 S. m. 45 Abb. Preis 4 $.

Das vorliegende Werk ist aus den Vorlesungen des Verfassers an der Universität von Tennessee entstanden und ist sowohl für Studierende wie auch für Ingenieure bestimmt. Es geht über eine sehr elementare, einführende Darstellung des Fachgebiets nicht hinaus, berücksichtigt aber die neuere Entwicklung und enthält zahlreiche nützliche Winke für den praktischen Betrieb. Es ist sehr flüssig und allgemein verständlich geschrieben. Für die Konstruktion von Kältemaschinen und den Entwurf von Kühlanlagen bringt das Werk aber fast gar nichts. Die Abbildungen beschränken sich auf Diagramme und schematische Zeichnungen. Da mathematische Entwicklungen grundsätzlich vermieden werden, so ließ sich die Theorie und die Berechnung der Maschinen nur sehr unvollkommen darstellen. Trotzdem enthält das Werk eine brauchbare Übersicht über das Gebiet und kann zum Nachschlagen empfohlen werden. [E 3223] *R. Plank*

Enkes Bibliothek für Chemie und Technik, 8. Bd.: **Das Kali.** 2. T. Von *Ernst Fulda,* unter Mitwirkung von *Otto Krull, Paul Krische, Willy Gropp.* Stuttgart 1928, Ferdinand Enke. 400 S. m. 109 Abb. Preis 29,50 *RM.*

Das vorliegende Buch bietet einen ausgezeichneten Überblick über alles Wesentliche aus der Kaliindustrie. Im einleitenden Abschnitt werden zunächst Chemie und Mineralogie der Kalisalze behandelt, denen eingehende Ausführungen über die Geologie der Kalilagerstätten folgen; hier sind naturgemäß die deutschen Vorkommen als die z. Z. bedeutendsten äußerst gründlich bearbeitet, aber auch alle ausländischen Vorkommen gebührend berücksichtigt. An die Gewinnung der Kalisalze schließt sich eine umfassende Darstellung über die Verarbeitung der Kalirohsalze an; die hierbei so wichtigen physikalisch-chemischen und wärmetechnischen Fragen sind besonders hervorgehoben. Der Schlußabschnitt über die Verwertung der Kalisalze ist wieder etwas allgemeiner gehalten.

Das ganze Werk zeichnet sich aus durch eine übersichtliche Gliederung und klaren, leicht verständlichen Inhalt. Es ist recht geeignet, den Ingenieur mit der Technik und den Aufgaben einer deutschen Industrie vertraut zu machen, die eine Jahreserzeugung im Werte von fast 250 Mill. *RM* erreicht. [E 3224] *Schaub*

Ubbelohdes Handbuch der Chemie und Technologie der Öle und Fette. 2. Aufl. Herausgeg. von *Hans Heller.* 1. Bd. Allgemeiner Teil: **Chemie und Technologie der Öle, Fette und Wachse.** Leipzig 1929, S. Hirzel. 791 S. m. 439 Abb. und 17 Taf. Preis 75 *RM.* 3. Bd., 1. T.: **Chemie, Analyse, Technologie der Fettsäuren, des Glycerins und der Türkischrotöle.** Herausgeg. von *Hans Heller.* Leipzig 1929, S. Hirzel. 392 S. m. 127 Abb. und 8 Taf. Preis 42 *RM.*

Der vorliegende allgemeine Teil der zweiten Auflage ist gegenüber der ersten Auflage vollständig neu bearbeitet. Der analytische Teil ist ganz gestrichen, damit Wiederholungen mit den Sonderdarstellungen vermieden werden. Dafür wurden die einzelnen Kapitel erweitert. Neu sind die „Lipoide" behandelt.

Neben den wissenschaftlichen Grundlagen der Gewinnung und Verwendung wurde sehr gut durchgearbeitet und auf den neuesten Stand der Technik gebracht die den Hauptteil des Bandes einnehmende Herstellung der Öle und Fette. Eine Reihe teilweise sehr guter Abbildungen tragen viel zum Verständnis des Textes bei. Dabei ist bei den einzelnen Abschnitten die technische und die wissenschaftliche Entwicklung berücksichtigt, so daß die zur Zeit herrschenden Fragen leicht herausgestellt werden konnten.

Scheinbar im Widerspruch zu dem im ersten Band eingehaltenen Grundsatz, die Analyse auszuschalten, sind im 3. Bd., 1. Abt., die die Analyse behandelnden Abschnitte wieder eingeschaltet worden. Dies ist auch zu begrüßen, da die Analyse des Glyzerins und der Oleine nicht völlig einwandfrei erscheint. Aus dem Inhalt dieses Bandes seien hervorgehoben die Abschnitte über die Fettspaltung in Autoklaven, die Twitchwell-Spaltung, das fermentative Fettspaltverfahren, das Krebitsverfahren, Glyzerin aus Unterlaugen, die Stearin-Industrie, Theorie und Herstellung der Türkischrotöle.

Das Handbuch ist das umfassendste und übersichtlichste über Chemie und Technologie der Öle, Fette und Wachse; es ist ein unentbehrliches Nachschlagewerk für den forschenden Chemiker und notwendig für den im Betrieb tätigen Ingenieur und Chemiker.
[E 3232] *Schwenninger*

Monographien über angewandte Elektrochemie, 49. Bd.: **Elektrische Luftverbrennung.** Von *Harry Pauling.* Halle (Saale) 1929, Wilhelm Knapp. 188 S. m. 78 Abb. und 9 Tab. Preis 17,50 *RM.*

Bei der großen Bedeutung, die der Industrie der künstlichen Stickstoffbindung in technischer und wirtschaftlicher Beziehung zukommt, ist es zu begrüßen, daß dem Physiker, Chemiker und Ingenieur nunmehr eine zusammenhängende Darstellung über die elektrische Luftverbrennung, deren Theorie, Technik und wirtschaftlichen Grundlagen vorliegt. Der Verfasser beschränkt sich aber nicht nur auf eine mehr berichtende Darstellung des Stoffes, sondern er ist infolge seiner großen Erfahrungen in der Lage, wertvolle Anregungen zu geben und dieses Sondergebiet kritisch zu bearbeiten. Für den Ingenieur besonders wichtig sind die Kapitel über die technische Ausarbeitung der Verfahren, die einen breiten Raum des Buches einnehmen. Ein Verzeichnis der deutschen Reichspatente und ein Verzeichnis des Schrifttums vervollständigen das Buch.
[E 3258] *Schwenninger*

**Schiffahrt-Jahrbuch 1929.** Bearb. von *Ulrich Köhn.* Hamburg 1929, Seedienst-Verlag. 685 S. Preis 15 *RM.*

Die Schiffahrt-Jahrbücher sehen ihre Aufgabe nicht nur in der Rückschau auf die wichtigen Vorgänge im wirtschaftlichen Geschehen des Schiffs- und Seewesens, sie stellen sich vielmehr bewußt in den Dienst der täglichen Aufklärung über alle Fragen, die den friedlichen, aber harten Wettbewerb in der Schiffahrt betreffen. Die diesjährige Ausgabe, die sich würdig ihren Vorgängern anschließt, ist im wesentlichen in einen literarischen und einen Nachschlageteil gegliedert. Im literarischen Teil ist das Verhältnis der deutschen Häfen und Reedereien zur binnenländischen Wirtschaft in den Vordergrund gestellt. Die von bekannten Praktikern verfaßten Aufsätze behandeln wirtschaftliche, verkehrstechnische und seerechtliche Fragen und geben einen guten Überblick über die Entwicklung, die Schiffbau und Schiffahrt im letzten Jahr genommen haben. Der besonders wertvolle statistische Teil enthält die neu aufgestellten Listen der in- und ausländischen Reedereien, der Schiffsmakler, der Welthandelsflotte und des Schiffbaus, ferner Speditionsvorschriften und Tarife für See- und Binnenschiffahrt und ein Verzeichnis der wichtigsten Behörden, Konsulate, Handelskammern und Fachverbände.
[E 3247] *Brühl*

**Lehrbuch für Installateure und Techniker des Gasfaches.** Von *A. Rasche.* Frohse a. d. Elbe 1928, Selbstverlag. 446 S. m. 365 Abb. Preis 8,80 *RM.*

Dieses Lehrbuch füllt eine recht erhebliche Lücke in der Literatur des Gasinstallationsfaches aus. Man kann wohl sagen, daß es bislang ein Buch mit derartigem umfassenden Wissen aus der reinen Praxis noch nicht gegeben hat. Der von dem Verfasser gegebene Untertitel „Aus der Praxis für die Praxis" kennzeichnet am besten die Bedeutung des ganzen Werkes.

Da das Gasinstallationsfach heutzutage große Anforderungen in bezug auf Wissen und Können stellt, dürfte das Lehrbuch, das auf 114 S. die notwendigen theoretischen und auf 323 S. die praktischen Grundlagen äußerst leicht und umfassend behandelt, ein unbedingt erforderliches Nachschlagewerk für die Installateure und auch ein wertvoller Berater für Gasingenieure, Betriebsleiter, Ingenieure von Werkschulen und technisch gebildeten Kaufleuten sein. Eine möglichst weitgehende Verbreitung dieses Buches ist daher im Interesse des gesamten Gasfaches nur zu wünschen.
[E 3230] *P. Weber.*

Veröffentlichungen der Schleswig-Holsteinischen Universitätsgesellschaft. 22. Bd.: **Neuzeitliche Maßnahmen zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion.** Breslau 1929, Ferdinand Hirt. 244 S. m. 26 Abb. Preis 12,60 *RM.*

Von diesen Vorträgen sind die über „kulturtechnische Geräte und Maschinen" von Prof. Dr.-Ing. *Dencker* und über „Bewässerung und Beregnung" von Hauptlehrer *Kostka* für den Ingenieur von besonderm Interesse. Unter Beifügung von Abbildungen werden die Geräte zur Herstellung und Reinigung offener Entwässerungsgräben und die Maulwurfsdränage behandelt. Außer den verschiedenen Arten von Grabenpflügen benutzt man neuerdings auch

Frässchnecken, der erste Versuch, die Schnecke als Maschinenelement zur Bodenbewegung heranzuziehen. Hier bietet sich dem Konstrukteur eine Anregung, ob man vielleicht auch auf andern Anwendungsgebieten die Eimerkette durch fräsende Werkzeuge verdrängen könnte. Ein Verfahren, das neuerdings in der deutschen Kulturtechnik stark beachtet wird, ist die in England schon seit mehr als 100 Jahren bekannte Maulwurfsdränage, die eine erhebliche Zugkraft beansprucht, aber seit der Einführung der Motorschlepper vor der bisher allgemein angewendeten Röhrendränage den Vorzug erheblich geringerer Anlagekosten voraus hat. Sie besteht darin, daß ein torpedoförmiger Stahlkörper von etwa 10 cm Dmr. an einem langen Schwert in der gewünschten Tiefe durch den Boden gezogen wird und dort einen unter günstigen Verhältnissen 10 bis 20 Jahre haltenden Kanal hinterläßt. Die Firma Fowler in England preßt neuerdings mittels einer Art Pumpe in diesen Kanal Tonröhren. Der Aufsatz von *Kostka* erläutert die mit Beregnungsanlagen vorzunehmenden Bewässerungsarbeiten.
[E 2998] *Patschek*

RKTL-Schriften, H. 5a: **Die Planung städtischer Milchversorgungsbetriebe.** Von *B. Lichtenberger.* Hildesheim 1929, Verlag der Molkerei-Zeitung. 64 S. m. 32 Abb. u. 15 Taf. Preis 2,50 *RM.*

Mit der vorstehenden Schrift ist einem dringenden Bedürfnis entsprochen, da auf diesem Gebiete keinerlei Schrifttum vorliegt. Dem Fachmann, der neuzeitliche Milchversorgungsbetriebe zu entwerfen hat, werden an der Hand der Beschreibung und Pläne ausgeführter vorbildlicher Anlagen wichtige Richtlinien gegeben. Weitere Schriften über den Bau, die maschinelle Einrichtung und Energiewirtschaft in städtischen Milchversorgungsbetrieben werden in Kürze erscheinen.

**Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten.** Von *E. Krohne.* Berlin 1929, Julius Springer. 66 S. m. 27 Abb. Preis 6 *RM.*

**Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten.** Sonderheft VII: Arbeiten aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem. Berlin 1929, Julius Springer. 125 S. m. 113 Abb. Preis 19 *RM.*

Deutscher Verband für die Materialprüfungen der Technik: **Studien über Normung und einheitliche Prüfung der festen mineralischen Brennstoffe.** Von *Oscar Zaepke.* Berlin 1929. 133 S. Preis 3,50 *RM.*

**Die Wärmeübertragung von Heizflächen mit Rippen.** Von *H. Repky.* Stuttgart 1929, Fritz Wedekind & Co. 55 S. m. 22 Abb. Preis 4,80 *RM.*

Technologie der Textilfasern. Herausgeg. von *R. O. Herzog.* 6. Bd. 2. T.: **Technologie und Wirtschaft der Seide.** Bearb. von *Hermann Ley* und *Erich Raemisch.* Berlin 1929, Julius Springer. 551 S. m. 375 Abb. Preis 66 *RM.*

**Lehrbuch der physikalischen Chemie.** Von *Karl Jellinek.* 3. Bd. 7. Lfg., 1. u. 2. Aufl. Stuttgart 1929, Ferdinand Enke. 336 S. m. 101 Abb. Preis 29 *RM.*

**Das Buch der großen Chemiker.** Herausgeg. von *Günther Bugge.* 1. Bd.: Zosimos bis Schönbein. Berlin 1929, Verlag Chemie. 496 S. m. 62 Abb. Preis 24 *RM.*

**Betriebsmittelkunde für Chemiker.** Von *M. Dolch.* Leipzig 1929, Otto Spamer. 336 S. m. 291 Abb. Preis 20 *RM.*

**Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie.** 8. Au Herausgeg. von der Deutschen Chemischen Gesellscha System-Nummer 59: Eisen. Teil A, 1. Lfg. Berlin 192 Verlag Chemie. 224 S. Preis 33 *RM.*

Handbuch für Eisenbetonbau. Herausgeg. von *F. Emperge* 4. Aufl. 1. Bd., 1. Lfg.: **Geschichtliche Entwicklung, Ve suche, Theorie.** Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Soh 96 S. m. 107 Abb. Preis 6,80 *RM.*

*F. Wittenbauer:* **Aufgaben der technischen Mechani** 1. Bd.: Allgemeiner Teil. 6. Aufl. Herausgeg. v *Theodor Pöschl.* Berlin 1929, Julius Springer. 356 S. 601 Abb. Preis 15,60 *RM.*

**Trigonometrie für Maschinenbauer und Elektrotechnike** Von *Adolf Heß.* 6. Aufl. Berlin 1929, Julius Springe 130 S. m. 119 Abb. Preis 4,20 *RM.*

**Die Strömung in Kanälen mit seitlichem Einlaß.** V *W. Seyerle.* Stuttgart 1929, Konrad Wittwer. 60 S. 28 Abb. Preis 6 *RM.*

**Stillings pseudo-isochromatische Tafeln zur Prüfung d Farbensinnes.** Herausgeg. von *E. Hertel.* 18. Aufl. Leipz 1929, Georg Thieme. 12 S. m. 28 Taf. Preis 22 *RM.*

**Die Elektronenströmungen in ihrer allgemeinen physikal schen Bedeutsamkeit.** Von *Franz Märtens.* Elberfeld 192 Selbstverlag. 109 S. m. 2 Abb. Preis 2,50 *RM* einschlie lich einer 8 Seiten starken Ergänzung.

**Forschungsergebnisse des Verkehrswissenschaftlichen I stituts für Luftfahrt an der Technischen Hochschule Stut gart.** Herausgeg. von *Carl Pirath.* 1. H. München u Berlin 1929, R. Oldenbourg. 35 S. m. 12 Abb. Preis 3 *R.*

Institut National Roumain, Nr. 17: **Utilizarea Procedeul „Cracking" si Prelucrarea Derivatelor de Petrol.** V *Gh. Sava.* Bukarest 1929. 99 S.

Institut National Roumain, Nr. 18: **Etude sur les Gisemen de Gaz Naturel de Transylvanie.** Von *Constantin Mota Eugen Guman* und *Arthur Erni.* Bukarest 1929. 122 S. 12 Abb. und 8 Bildtaf.

Technik durch Anschauung: **Gas aus Kohle** (Gaserzeugung Berlin 1929, Verlag der Technisch-Wissenschaftliche Lehrmittelzentrale. 48 S. m. 34 Abb. Preis 0,90 *RM.*

RKW-Veröffentlichungen Nr. 46: **Jahresbericht 1928** d Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit. Berlin 192 Selbstverlag. 75 S. (Kostenlos).

**Energie und Energiewirtschaft.** Von *Fr. Brock.* Wien 192 Verlag des Österreichischen Ingenieur- und Architekte Vereines. 39 S. m. 19 Abb. Preis 3,50 *RM.*

**Festschrift der Technischen Hochschule Stuttgart z Vollendung ihres ersten Jahrhunderts 1829 bis 1929.** Be lin 1929, Julius Springer. 475 S. m. Abb. Preis 24 *RM.*

Technische Hochschule Stuttgart, Nr. 5: **Technik und Ku tur.** Festrede bei der Hundertjahrfeier der Technische Hochschule Stuttgart im Landestheater am 16. Mai 192 Von *R. Grammel.* Stuttgart 1929, A. Bonz' Erben. 14 Preis 0,50 *RM.*

**Eumuco** Aktiengesellschaft für Maschinenbau, Schlebusch Manfort bei Köln am Rhein. **1869 bis 1929.** Zur sechzi sten Wiederkehr des Gründungstages am 1. Juli 192 59 S. m. Abb.

**Meyers Lexikon.** 7. Auf. 10. Bd.: Rechnung bis Seefeder Leipzig 1929, Bibliographisches Institut. 1723 S. m. Ab Preis 30 *RM.*

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Die Druckluft-Formpresse. Von *U. Lohse* | 1181 |
| Grundsätzliches über die Hilfseinrichtungen von Flughäfen. Von *E. Dierbach* | 1189 |
| Neue Straßenreinigungsmaschinen. Von *G. Erdmann* | 1193 |
| Die Schmierschicht in Gleitlagern und ihre Messung durch Interferenz. Von *R. Wolff* | 1198 |
| Arbeiten im Ausschuß für Wärmeforschung | 1202 |
| Speicherbecken und Seenregelung. Von *R. Haas* | 1203 |
| Rundschau: Förderung stoffkundlicher Forschung in den Vereinigten Staaten von Amerika — Wie entgiftet man Leuchtgas? — Das mechanische Schaben — Reibschleifen — Schnellaufende Kolbenpumpe für Wasserwerke — Hochleistungsprüffelder im In- und Ausland — Leistungen, Aufgaben und Aussichten der Weitflugtechnik — Grenzen der Leistungssteigerung schnellaufender Fahrzeugmaschinen — Getriebepraxis bei Verpackmaschinen — Kleine Mitteilungen | 1205 |
| Bücherschau: Turbo-Gebläse und Turbo-Kompressoren. Von *B. Eck* und *W. J. Kearton* — Festigkeitslehre. Von *M. ten Bosch* — Wellen und Lager. Von *M. ten Bosch* — Handbook of refrigerating engineering. Von *W. R. Woolrich* — Das Kali. Von *E. Fulda* — Chemie und Technologie der Öle, Fette und Wachse. Von *H. Heller* — Chemie, Analyse, Technologie der Fettsäuren, des Glyzerins und der Türkischrotöle. Von *H. Heller* — Elektrische Luftverbrennung. Von *H. Pauling* — Schiffahrt-Jahrbuch 1929. Von *U. Köhn* — Lehrbuch für Installateure und Techniker des Gasfaches. Von *A. Rasche* — Neuzeitliche Maßnahmen zur Erhöhung der landwirtschaftlichen Produktion — Die Planung städtischer Milchversorgungsbetriebe. Von *B. Lichtenberger* — Eingänge | 121 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS

d. 73 SONNABEND, 31. AUGUST 1929 Nr. 35

# Die neuere Entwicklung des Lokomotivkessels bei der Deutschen Reichsbahn

Von R. P. WAGNER, *Mitglied des Reichsbahn-Zentralamts, Berlin, Hon. Member Brit. Inst. Loc. Eng.*

*Beim Bau langer Kessel für Heißdampflokomotiven entstehen Schwierigkeiten dadurch, daß einerseits die üblichen Überhitzerbauarten bei ihren jetzigen Abmessungen den Rauchgasen zu viel Widerstand entgegensetzen, anderseits bei Lokomotiven mit großem Raddurchmesser der Kesselschwerpunkt nicht genügend nach vorn verschoben werden kann. Eine einfache Beziehung zwischen dem Querschnitt und der Wandfläche der Rauch- und Heizrohre ermöglicht die gegenseitige Abstimmung der Gasgeschwindigkeiten in Rauch- und Heizrohren. Diese Abstimmung beeinflußt auch die bauliche Durchbildung des Rauchrohrüberhitzers. Nach gutem Verlauf von Erstlingsversuchen an einer 1D1-Personenzuglokomotive der Reihe 39 (P 10) wurde der Kessel einer 2C1-Schnellzuglokomotive der Reihe 02 der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft nach den gefundenen Regeln umgestaltet. Die Ergebnisse der mit diesem und andern Kesseln angestellten Versuche beweisen die Richtigkeit der Überlegung.*

Beim Entwerfen der Lokomotivkessel wird noch heute eine ganze Anzahl von Erfahrungsgrößen und Erfahrungsverhältnissen angewendet, da die planmäßige Durchforschung des Einflusses aller Werte, aus denen sich z. B. das Produkt Heizfläche zusammensetzt, noch immer der Zukunft vorbehalten ist. Was nützt ein sorgfältig aus vielen geglückten Lokomotivbauarten gefundenes Verhältnis Rostfläche : Heizfläche zur Bestimmung der Rostgröße für eine neu zu entwerfende Lokomotivgattung, wenn die Vollkommenheit beider je nach der Art der Durchbildung stark schwankt? Das ahnt der Konstrukteur wohl, der bemüht ist, seine Aufgaben auf dem Wege der Interpolation zu lösen, und er bemüht sich daher, in allen Teilen dem Vorbilde ähnlich zu bleiben, damit sich auch die unbekannten Verhältnisse nicht übermäßig verschieben. Das Ganze heißt dann Entwerfen auf Grund von Erfahrungen; tatsächlich aber verkörpert sich hier nur die unterste Stufe der Erfahrung. Darum versagt das Verfahren auch oft, wenn man nicht interpolieren kann, sondern extrapolieren, d. h. ungewöhnlich große oder auch sehr kleine Maschinen entwerfen muß.

Die ingenieurmäßige Auswertung der Erfahrung aber ist nicht das Ähnlichmachen, sondern das Erkennen des Gleichartigen und Gesetzmäßigen in vielen verschiedenen Bauformen, seine wissenschaftliche Begründung und seine zweckbewußte Anwendung bei weiteren Ausführungen. Ist die Erkenntnis wirklich stichhaltig, so läßt sie sich auch auf andre Bauformen übertragen oder es lassen sich mit ihrer Hilfe neue Bauformen schaffen, die die Vorzüge der früheren Form im gleichen oder gesteigerten Maße aufweisen. Die folgende Darlegung soll zeigen, wie es auf diese Art möglich war, mit kleinen Mitteln und äußerlich kaum merkbar die anscheinend seit Jahrzehnten kaum noch verbesserungsfähige übliche Bauart des Lokomotivkessels so zu ändern, daß einmal sein Wirkungsgrad nicht unwesentlich heraufgesetzt wurde, anderseits aber auch sein Verwendungsgebiet nach oben hin, also für gesteigerte Leistung und Größe, erweiterungsfähig wurde.

## Die Mittel zur Erhöhung der Leistung und Größe des Lokomotivkessels

Große Lokomotivkessel, etwa für 2000 PS Zylinderleistung und darüber, sind auf dem Fahrgestell der Lokomotive nur sehr schwierig unterzubringen. Die Größe, das Gewicht und die Bauform des Stehkessels liegen mehr als erwünscht fest durch Größe und Anordnung der Rostfläche. Will man nicht zu der in Europa noch unerprobten und recht vielteiligen Rostbeschickung mittels Wurf- oder Einblasevorrichtungen greifen, so ist der Rost auf eine größte Länge von etwa 3000 mm beschränkt. Jedes Millimeter, um das man die Rostlänge unter dieses Maß herabdrücken kann, verringert die Wurfweite und die Anstrengung des Heizers und vergrößert demnach seine Beschickleistung dem Kohlengewicht nach. Ist diese Rostlänge erreicht, dann läßt sich also bei Handfeuerung der Rost nur in der Breite vergrößern. Hier setzt erst die Umgrenzungslinie der Vergrößerung eine Grenze bei einer Rostbreite von etwa 2600 mm. In Amerika hat man für sehr große Kesselleistungen, bis über 5000 PS indizierte Leistung, schon Rostbreiten bis zu 3000 mm ausgeführt, allerdings bei niedrigerer spezifischer Rostbelastung, als sie in Europa üblich und bewährt ist.

Ferner ist für

### die Bauform des Stehkessels

maßgebend die Größe der von Heiz- und Rauchrohren besetzten Fläche der Feuerbüchsrohrwand. Bei großen Kesseln, in denen viel Heizfläche unterzubringen ist, ergibt sich hierdurch von selbst ein großer Durchmesser des Rundkessels, um die oberste Rohrreihe dem Scheitelpunkt nicht zu sehr zu nähern und die Verdampfungsoberfläche des Wassers und die Speisehöhe nicht zu arg einzuengen. Entwirft man den Stehkessel nach diesen Gesichtspunkten, so ergibt sich von selbst ein Feuerbüchsvolumen, das selbst bei langflammiger Kohle ein völliges Ausbrennen des Brennstoffes gewährleistet. Dieser Vorteil ist bei zahlreichen Versuchen im Lokomotivversuchsamt der Deutschen Reichsbahn immer wieder als zutreffend erkannt worden. Er braucht nicht besonders betont zu werden, wenn nicht im klassischen Lande des Großlokomotivbaues, in den Vereinigten Staaten, seit etwa 10 Jahren die Forderung nach einer Vergrößerung des Verbrennungsraumes erhoben würde. Die Erklärung für diesen scheinbaren Widerspruch ist bei Kenntnis der Eigenart der amerikanischen Lokomotiven nicht schwer zu finden: Die dort immer noch vorherrschende Neigung, mit klein bemessenen Dampfzylindern und großer Füllung, also unvollkommener Entspannung zu arbeiten, ergibt einen unvermeidlich hohen Blasrohrdruck und damit ein Austreiben von erheblich größeren Luft- und Gasmengen, als für die Verbrennung theoretisch erforderlich ist. Es werden daher große träge Luftmengen mit durch den Kessel gerissen, und der Luft-

überschuß bei der Verbrennung wird weit größer, als für vollkommenes Ausbrennen erforderlich ist. Der Verbrennungsraum wird also tatsächlich überlastet, aber mit Überschußluft. Vermeidet man diesen Übelstand, so ist nach allen deutschen Erfahrungen kein Grund zu ersehen, warum der über dem Rost sich aufbauende, reichlich hohe und breite Verbrennungsraum nicht ebenso ausreichen sollte wie in Europa.

Ein weiterer für den Konstrukteur außerordentlich wichtiger Anreiz, eine

**Verbrennungskammer**

hinter die Feuerbüchse zu schalten, liegt allerdings vor. Der Stehkessel der oben geschilderten Bauform ist sehr schwer und bildet einen erheblichen Anteil am Gesamtgewicht des Kessels und der Lokomotive. Erhält der Rost die schon erwähnte größere Breite, so läßt sich der Stehkessel bei regelspurigen Fahrzeugen mit hohen Trieb- und Kuppelrädern, also Schnell- und Personenzuglokomotiven, nicht mehr so frei in der Länge verschieben, wie es die gute Gewichtsverteilung auf die gekuppelten Achsen erfordert. Die Stehkesselvorderwand muß hinter der letzten Kuppelachse liegen, und der größte Teil des Stehkesselgewichtes muß von einer oder zwei für die Ausnutzung der Schienenreibung verlorengehenden hinteren Laufachsen getragen werden, während der Langkessel nach den bisherigen Anschauungen nicht so weit nach vorn verlängert werden konnte, daß die vorderen gekuppelten Achsen noch genügend Nutzlast erhielten. Schaltet der Konstrukteur aber eine Verbrennungskammer vorn zwischen die sonst übliche Lage der Feuerbüchsrohrwand und das Rohrbündel, dann erhält er eine willkommene Verschiebung des Kesselschwerpunktes nach vorn. Aus diesem Grunde wird die Verbrennungskammer auch trotz ihrer teuren Herstellung und schwierigen Verankerung im Rundkessel so gern benutzt. Bei der Erhaltung ist diese Kammer, die ihrer Form wegen nicht theoretisch selbstversteifend gebaut werden kann und daher allseitig durch ein enges Netz beweglicher Stehbolzen mit der Kesselaußenwand versteift werden muß, ebenfalls recht unbequem; die Stehbolzen stören den Wasserumlauf, sind schwer von Kesselstein freizuhalten und werden daher häufig undicht.

**Verlegung des Kesselschwerpunktes nach vorn bei großer Kessellänge**

Setzt man also voraus, daß diese Kammer verbrennungstechnisch nicht nötig ist, so ergibt sich für den Bau großer Lokomotiven die Aufgabe, eine Kesselbauart zu schaffen, die, ohne das Kesselgewicht zu vergrößern, seinen Schwerpunkt weiter nach vorn verlegt und größere Heizflächen als bisher in Heiz- und Rauchrohren großer Länge unterzubringen ermöglicht, ohne daß die spezifische Leistung der Heizfläche sinkt. Wenn man nun die bei der Feueranfachung von der Strömenergie des Auspuffdampfes zu leistende Auswurfarbeit und die dabei zu überwindende Druckhöhe für die ausgeworfenen Verbrennungsgase untersucht, so ergibt sich etwa folgendes: Der erste Verlust an Druckhöhe tritt beim Durchgang der Frischluft durch die Aschkastenklappen auf, d. h. beim Eintritt in den Aschkasten. Gelegentlich kommen hierzu noch kleinere Widerstandhöhen beim Durchströmen des Aschkastens, wenn dieser zu schmal oder zu niedrig für die Luftmenge gehalten oder durch eine darunter liegende Achse unvermeidlich eingeengt ist. Den nächsten Widerstand erfährt die Frischluft beim Durchtritt durch den Rost. Für das Durchströmen der Feuerbüchse selbst ist eine mit den üblichen Meßwerkzeugen (Wassersäulen-Druckmessern) erfaßbare Widerstandhöhe niemals festgestellt worden. Die nächste und wesentlichste Gruppe von Widerständen setzt sich zusammen aus dem Stauverlust vor der Rohrwand, dem Verlust beim Durchströmen der Rauch- und Heizrohre und der Wirbelung beim Eintritt in die Rauchkammer. In der Rauchkammer selbst ist wiederum ein meßbarer Widerstand nicht festzustellen, während im Schornstein wegen der hohen Auswurfgeschwindigkeit ein zwar schwer meßbarer, dennoch aber wesentlicher Widerstandverlust zu verzeichnen ist. Bei den üblichen Kesselbauformen halten sich diese Widerstände meist innerhalb folgender Größenordnung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| im Aschkasten: | . . | 0 bis | 20 mm Wassersäule |
| im Rost: | . . . . . | 20 bis | 40 mm „ |
| in den Rohren: | . . | 40 bis | 120 mm „ |

Hierbei entsprechen die größeren Werte gesteigerter Kess anstrengung und unvollkommener baulicher Durchbildun daß sie aber selbst an sorgfältig gereinigten Kesseln g messen wurden und daher im mittleren Betriebzusta noch weit häufiger vorausgesetzt werden müssen, beweis die *Garbeschen* Versuche[1]), bei denen Rauchkammerunt drücke (als Summe der zahlenmäßig erwähnten Wid standhöhen) von 150 bis 180 mm gemessen wurden. De artig hohe Rauchgaswiderstände aber erfordern große Bla rohrleistungen, mithin hohen Auspuffdruck, und verringe die ohnedies unvollkommene Ausbildung der Dampfscha linie im untern Teil; der Konstrukteur hat also kaum e wirksameres Mittel in der Hand, die Wärmewirtschaft d Auspufflokomotive zu verbessern, als

**die Herabsetzung der Rauchgaswiderstände im Kess**

Am leichtesten ist die Forderung bezüglich der Ei trittwiderstände in den Aschkasten zu e füllen: Der Ersatz der meist zu engen vorderen Aschkaste klappen durch möglichst große verringert, besonders b hoher Fahrgeschwindigkeit, den Widerstand bis auf nu Bei Streckenlokomotiven kann sogar bei Ausnutzung d Fahrwindes ein mäßiger Überdruck erreicht und zug lassen werden; eine Grenze findet die Vergrößerung d vorderen Luftklappe nur darin, daß auch bei schnellfa renden Lokomotiven niemals in der Feuerbüchse ein Übe druck entstehen darf, da sonst das Herausschlagen v Flammen aus der Feuertür die Mannschaft gefährdet. B Güterzuglokomotiven darf man daher die Klappe größ ausbilden als bei Schnellzuglokomotiven; bei Strecke Tenderlokomotiven, die ebenso oft rückwärts wie vorwär fahren, muß man versuchen, auch der hinteren Luftklap die erwünschte Größe zu geben. Bei Verschiebelokom tiven, die mit geringer Geschwindigkeit fahren, genüg Luftklappen geringerer Größe vorn und hinten, da ma beide dauernd offen halten kann.

Der Luftwiderstand der Rostfläche set sich zusammen aus dem Widerstand beim Durchströmen d Rostspalten und beim Durchströmen der Brennschicht. A die Brennschicht hat nur der Betrieb Einfluß; neben alle übrigen durch hohe Feuerschicht verursachten Verbre nungsverlusten[2]) verursacht hohe Feuerhaltung auch eine zusätzlichen Widerstandverlust von 20 bis 30 mm Druc höhe. Die Verringerung dieser für die Lokomotivwir schaft sehr wesentlichen Verluste kann also nur durch for dauernde Erziehung der Lokomotivmannschaften erreic werden. Den Druckverlust beim Durchtritt der Luft durc die Rostspalten aber kann der Konstrukteur nennenswe beeinflussen. Gemäß der an sich zutreffenden, aber nic alle Umstände erfassenden Erfahrung, daß das Verhältn der freien zur ganzen Rostfläche für die Güte der Ve brennung in weiten Grenzen unerheblich ist, wurden di Roststäbe der Festigkeit wegen breiter als nötig gewähl die frühere preußisch-hessische Staatsbahn z. B. hielt jah zehntelang an einer Stabbreite innerhalb der Brennbah von 18 mm und einer Spaltbreite von 13 mm fest, um lang Roststäbe mit genügender Festigkeit ausführen zu könne Die nach dem Kriegsende einsetzende Roststabnormung lie kurze Roststäbe erwünscht erscheinen, da man so für di vielen vorhandenen Lokomotivgattungen mit weit wenige Formen auskommen konnte. Die verringerten Anford rungen an die Festigkeit aber erlaubten, wie in längere Versuchen nachgewiesen wurde, die Stabbreite innerhal der Brennbahn von 18 auf 16 mm herabzusetzen. Gleich zeitig mit dieser Änderung wurde auch der Luftspalt vo 13 auf 14 mm erweitert, um den Einfluß der vermehrte spaltlosen Auflageenden weiterhin auszugleichen. Durc diese baulichen Maßnahmen wurde (neben den übrigen ein schneidenden Vorteilen der Normung) das Verhältnis de freien zur ganzen Rostfläche bei 500 mm Stablänge etw von 34 vH auf 38 vH vergrößert. Auch die Form des Rost stabes selbst ist bekanntlich nicht bedeutungslos. Ein hohe

[1]) *Garbe*, Die Heißdampflokomotiven der Gegenwart, 2. Auflag S. 563 u. f. Berlin 1920.
[2]) *Wagner*, Sonderheft Eisenbahnwesen. Berlin 1925.

Stabprofil erhöht nicht nur die Festigkeit, sondern verbessert auch die Vorwärmung der Verbrennungsluft; daneben aber wird der Stab wirkungsvoll gekühlt, verbrennt nicht so schnell, und die Schlacke brennt auch nicht in den Luftspalten fest. Ferner ist ein scharfer Absatz im Stabquerschnitt zwischen dünnem Unterteil und dicker Brennbahn einem keilförmigen Profil und ebenso keilförmigen Luftspalt vorzuziehen, da die Wirbelung an der Einschnürstelle den Wärmeaustausch zwischen Roststab und Frischluft begünstigt.

Bei der Ausbildung des Rostes und des Aschkastens kann der Konstrukteur also die Zugverhältnisse nennenswert verbessern, und zwar zumeist mit kleinen Mitteln unter sorgfältiger Beobachtung aller rein mechanischen Vorgänge bei der Verbrennung. Die größte Verlustgruppe aber entsteht in den Heiz- und Rauchrohren; die Strömung kann hier durch klare, wenn auch empirische Einsicht in die Strömungsvorgänge in den Rohren und durch entsprechende Gestaltung bezüglich der Wärmeabgabe der Gase und ihres Fortbewegungswiderstandes so verbessert werden, daß dadurch die Wärmewirtschaft des Kessels und daneben auch die der Maschine infolge Herabsetzung des Blasrohrdruckes einschneidend beeinflußt wird.

Um der Verschiedenheit des Zugwiderstandes entgegenzuwirken, hat man von jeher lange Heizrohre weiter als kurze gemacht. Regeln dafür gab es nur in der auf Erfahrungen mit guten und schlechten Lokomotivgattungen aufgebauten Übung der Eisenbahnverwaltungen und der Lokomotivfabriken. Diese Erfahrung mußte teilweise versagen, als der Überhitzer in den Lokomotivbau eingeführt wurde, also als die gleiche Wärmeausnutzung beim Durchströmen zweier ganz ungleichartig geformter Gaskanäle erforderlich wurde. Einen wärmetechnischen Rückschritt aber bedeutete es, als bei den meisten Eisenbahnen der Großrohrüberhitzer genormt wurde. Die Normung bestand darin, daß für lange wie kurze Kessel gleichmäßig eine Überhitzerrohrweite und eine Rauchrohrweite festgelegt wurden; die Heizrohre wurden jedoch nach wie vor erfahrungsmäßig entsprechend ihrer Länge enger oder weiter bemessen. Das Ergebnis war zwangläufig: Kurze Kessel ergaben wohl hohe Überhitzung aber auch überhohe Abgastemperaturen aus den Rauchrohren, lange Kessel aber zeigten umgekehrt gute Abgasausnutzung in den Rauchrohren, aber schlechte Überhitzung, die auch durch Vermehrung der Anzahl der Überhitzerelemente nicht ausreichend verbessert werden konnte.

Eine Betrachtung der

**Strömung in den Rohren**

zeigt ohne weiteres, daß die Strömgeschwindigkeit in einem Rohr abhängig ist vom Querschnitt $F_1$ des Rohres einerseits und der ganzen von den Gasen bespülten Wandfläche $F_2$ anderseits. Für eine gewisse Rohrlänge, in der das Volumen der Rauchgase und ihre Beschaffenheit als gleichbleibend gelten oder vereinfachend ein mittleres Volumen angenommen werden kann, läßt sich also für die Gasgeschwindigkeit $v$ die Beziehung bilden

$$v = f\left(\frac{F_1}{F_2}\right).$$

[3]) *Wagner*, Zur Kritik des Lokomotivüberhitzers, Z. Bd. 68 (1924) S. 956.

Die Beziehung ist für unbesetzte Heizrohre ohne weiteres ersichtlich; für Rauchrohre muß sie bestehen, wenn für $F_2$ die gasberührte (also die innere) Fläche des Rauchrohres zuzüglich der gasberührten (äußeren) Flächen aller im Rohre liegenden Überhitzerrohre eingesetzt wurden. Der Durchmesser des der Feuerbüchse zunächst liegenden Teiles $a$ der Rohrlänge $l$ ist nun kleiner als das Hauptrohr und nicht mit Elementen besetzt. Dann folgt der wesentlichste Teil $b$ der Rohrlänge, der beim Kleinrohrüberhitzer und bei Großrohrüberhitzern mit Umkehrschleife in der Rauchkammer bis zum vorderen Rohrende reicht. Bei Großrohrüberhitzern, deren Umkehrenden innerhalb des Rauchrohres liegen, erstreckt sich Teil $b$ bis zu diesem Umkehrende; es folgt dann bei solchen Kesseln der Längenteil $c$, der sich bis zur Rauchkammerrohrwand erstreckt und nur mit zwei Elementrohren besetzt ist. Unter der vereinfachenden Annahme einer gewissen Gleichförmigkeit des Zustandes der Rauchgase innerhalb jedes Längenteils ergibt sich also für ein solches Rauchrohr die Beziehung

$$v = f\left(\frac{F_{1a}\frac{a}{l} + F_{1b}\frac{b}{l} + F_{1c}\frac{c}{l}}{F_{2a} + F_{2b} + F_{2c}}\right).$$

In dieser Form ist die Beziehung am durchsichtigsten; für die Berechnung wird sie ausmultipliziert. Kleinere Unstetigkeiten, wie z. B. die kurze Rohreinschnürung an der hinteren Einwalzstelle und an den Umkehrenden, werden vernachlässigt, wie sich zeigte mit Recht.

Derartige Beziehungen sind im Schrifttum nicht neu, wenn sie auch m. W. nirgendswo früher aufgetaucht sind als bei der praktischen Arbeit der Lokomotivuntersuchung bei der Deutschen Reichsbahn in den Jahren 1920/21. Wird nun versucht, aus der Beziehung absolute Werte für $v$ zu errechnen, so sieht man sich gezwungen, eine Reihe von Annahmen zu machen, die eine erhebliche Unsicherheit in die Rechnung hineintragen und sie für die Anwendung auf das Rauchrohr, d. h. bei der noch wenig geklärten Wärmeübertragung an das Überhitzerelement, praktisch unbrauchbar machen.

Für die praktische Kesseldurchbildung aber kam es nicht so sehr auf die absolute Größe von $v$ an (dennoch wurde sie bei späteren Versuchen als Kontrolle mit Staugeräten festgestellt) als vielmehr auf möglichst günstige Verteilung von $v$ in den Rauch- und den Heizrohren ein und derselben Lokomotive. Daher wurde der empirische Weg gewählt. Für eine Anzahl erprobter Lokomotivgattungen, deren Kesselwirkungsgrad und deren Abgastemperaturen aus Heiz- und Rauchrohren gemessen worden waren, wurde die Beziehungsgröße $\frac{F_1}{F_2}$ zahlenmäßig aufgestellt und mit der bekannten Kesselgüte verglichen, s. Zahlentafel 1.

Aus den die Berechnung begleitenden Messungen der Abgastemperaturen ergab sich vor allem, daß die im Überhitzer erzielte Dampftemperatur nicht nur vom Wärmeangebot in den Rauchgasen und von deren Geschwindigkeit, sondern auch von der Aufnahmefähigkeit der Dampfseite des Überhitzers abhängt, besonders von der richtigen Größe der Dampfgeschwindigkeit. Ein krasser Unterschied zeigte sich auch zwischen G 8² und G 12, die beide recht verschieden lange Kessel, aber zwecks Vereinheitlichung die gleichen Rohrdurchmesser erhalten hatten. Während G 12 in der Kesselgüte befriedigte, war G 8² von jeher unbefriedigend wegen ihrer hohen Abgas-

**Zahlentafel 1.** Verhältniswerte für $\frac{\text{Querschnitt des Rohres } (F_1)}{\text{von Gasen bespülte Wandfläche } (F_2)}$.

| Gattung<br>Bezeichnung s. „Hütte" 25. Aufl. 3. Bd. S. 867. | Überhitzerrohre Dmr. mm | Überhitzerrohre Abstand von Feuerbüchs-Rohrwand mm | Länge der Rauch- und Heizrohre zwischen den Wänden mm | $F_1/F_2$ Rauchrohr | $F_1/F_2$ Heizrohr |
|---|---|---|---|---|---|
| D-h 2-Güterzuglokomotive Reihe 55 (G 8¹) . . . | 30/36 | 600 | 4500 | 1 : 426 | 1 : 400 |
| 2 C-h 2-Personenzuglokomotive Reihe 38 (P 8) . . . . | 30/36 | „ | 4700 | 1 : 421 | 1 : 417 |
| 1 D-h 2-Güterzuglokomotive Reihe 56 (G 8²) . . . . | 30/38 | „ | 4100 | 1 : 320 | 1 : 400 |
| 1 E-h 3- „ „ 58 (G 12) . . . . . | 30/38 | „ | 4800 | 1 : 400 | 1 : 468 |
| 1 D 1-h 3-Personenzuglokomotive Reihe 39 (P 10) | 30/38 | „ | 5800 | 1 . 490 | 1 : 464 |

temperaturen bei höherer Leistung. P 8, die bei voller Kesselausnutzung ziemlich gleichmäßige Abgastemperaturen aus Rauch- und Heizrohren zeigte, war im Laufe ihrer langen Entwicklungsdauer zu einer in Wärmeausnutzung, Dampferzeugung und Überhitzung gleichmäßig guten Maschine geworden. Es muß hier eingeschaltet werden, daß an sich natürlich eine möglichst weite Herabkühlung der Heizgase durchaus erwünscht, mit Rücksicht auf das Lokomotivgewicht jedoch praktisch nicht immer zu verwirklichen ist.

Die P 10-Lokomotive mit ihren auffallend niedrigen Abgastemperaturen aus den Rauchrohren und ihrer unbefriedigenden Überhitzung zeigte am deutlichsten einen Fehler, doch wiesen die Versuche allein noch nicht eindeutig nach, ob der Grund auf der Dampfseite des Überhitzers, d. h. in zu geringer Zahl der Elementrohre, oder auf der Gasseite, d. h. in zu geringer Geschwindigkeit der Rauchgase und zu geringem Wärmeangebot lag. Die Zahlentafel 1 schien die Gründe zu zeigen, doch war die praktische Anwendbarkeit der unterlegten Beziehung noch nicht nachgewiesen. Verfasser hat anderen Orts[4]) dargetan, wie versuchsweise eine P 10 gemäß der herrschenden Anschauung mit vergrößertem Überhitzer, eine andere nach dem Vorschlage des Verfassers unter geringer Änderung der Überhitzerheizfläche mit Rauchrohren von 135 statt bisher 125 mm l. W. ausgerüstet wurde. Die Verhältniszahl für $\frac{F_1}{F_2}$ des Rauchrohres, die früher 1 : 490 gewesen war, änderte sich im ersten Falle nur unwesentlich (1 : 506), im zweiten wurde sie 1 : 430. Die Versuche ergaben, wie schon geschildert, daß die dampfseitige Vergrößerung des Überhitzers eine kleine Verbesserung der Überhitzung brachte ohne eine Änderung der ungleichen Gasabkühlung in den Rohren, dafür aber ein erhebliches Mehrgewicht; die gasseitige Vergrößerung des Wärmeangebotes aber brachte gute Überhitzung fast ohne Änderung der Dampfseite. Mit diesem Ergebnis erschien auch die etwas roh erscheinende Beziehung $v = f\left(\frac{F_1}{F_2}\right)$ gerechtfertigt für die praktische Anwendung beim Entwurf, zum mindesten für die in der Länge weit übereinstimmenden Überhitzeranordnungen, und es konnte der wissenschaftlichen Forschung überlassen bleiben, aus dem Gefundenen allgemein gültige Werte zu finden. Bei den weiteren Entwürfen mußten also praktisch folgende Forderungen verwirklicht werden, um den Versuchsergebnissen gerecht zu werden:

1. möglichste Gleichheit von $\frac{F_1}{F_2}$ für alle Rauch- und Heizrohre desselben Kessels,
2. Innehaltung bester Erfahrungswerte für die absolute Größe von $\frac{F_1}{F_2}$,
3. Bemessung der Überhitzerfläche, d. h. der Elementezahl nach den Erfordernissen der Dampfseite.

Den Forderungen zu 1) und 3) kann ohne weiteres entsprochen werden, der zu 2) wurde bei der Reichsbahn dadurch entsprochen, daß der Wert 1 : 400 beim Entwurf angestrebt wurde. Die Erfüllung dieser Forderungen gibt ein Mittel an die Hand, das bisherige Probieren mit den vielen Veränderlichen: Rohrlänge, Rundkesseldurchmesser, Rauch- und Heizrohrdurchmesser, Rohrwandteilung, Speisehöhe, Wasseroberfläche usw., zu vermeiden. Die Größe der Verdampfheizfläche bleibt in erster Linie maßgebend. Nach Ansicht des Verfassers hängt die Leistung des Kessels ausschließlich von der Heizflächenbelastung und in keiner Weise von der Rostfläche ab; Rostfläche und Feuerraum werden für die gegebene Brenngeschwindigkeit des Brennstoffes immer noch viel zu groß gewählt. Die mittlere Heizflächenbelastung von rd. 60 kg/m²h im Dauerbetrieb hat sich besonders bei großen Kesseln als eine Grenze gezeigt, deren dauernde Überschreitung mit übergroßer Formveränderung und ihren Folgen wie Rohrrinnen usw. teuer bezahlt wird; dagegen haben einzelne amerikanische Prüfstandversuche gezeigt, daß eine Überschreitung der bisher üblichen Rostbelastungsgrenze von rd. 600 kg/m²h den Kessel nicht schädigten, in einzelnen Fällen aber zeigten, daß die Güte der Verbrennnung bis über 800 kg/m²h Rostbelastung nicht oder nicht nennenswert fiel. Diese Anschauung über die richtige Bemessung der Rostfläche ist allerdings, wie schon gesagt, bisher noch unbewiesen und dürfte auch unbewiesen bleiben in einer Zeit, wo in allen Ländern die für so teure Versuche zur Verfügung stehenden Geldmittel spärlich fließen. Der billige, gelegentlich gemachte Vorversuch, einen Teil der Rostfläche abzudecken, ist im Sinne der Vermutung verlaufen, ist aber anderseits nicht überzeugend, da der Verbrennungsraum nicht gleichzeitig verkleinert werden konnte.

[4]) Vergl. Anmerkung 3.

**Die Länge des Rundkessels, d. h. die der Rohre**

Hier darf der Konstrukteur nunmehr ungestraft, wie weiter unten gezeigt werden wird, bei großen Leistungen die bisher üblichen Rohrlängen überschreiten. Er hat nun für die gegebene Länge eines Rauch- und eines Heizrohres unter Benutzung der oben erwähnten einfachen Formel die Rohrdurchmesser zu finden. Beim Rauchrohr wird er die Bauart des Überhitzers der Rohrweite organisch anzupassen haben. So z. B. gewährleistet in Rauchrohren mittlerer Weite der Schmidtsche Großrohrüberhitzer eine gute Aufteilung des Rohrquerschnittes. Bei engen Rohren, also kurzen Kesseln, ergeben sich bei $\frac{F_1}{F_2} = 1 : 400$, also bei niedriger Exhaustorarbeit, günstige Verhältnisse für den Kleinrohrüberhitzer; bei besonders langen und entsprechend weiten Rohren ist zu befürchten, daß die vier Rohre des Großrohrüberhitzers in ihrer üblichen Abmessung 30/38 mm dem Überhitzer im Verhältnis zur Verdampfheizfläche des Rohres zu wenig wirksame Heizfläche geben, oder daß bei entsprechender Querschnittvergrößerung der Überhitzerrohre der Dampf in ihnen nicht genügend durchgewirbelt wird. Hier ist der ersten Zeit des Suchens und Tastens dem Gefühl des Konstrukteurs noch die Wahl gelassen, ob er einfach den Großrohrüberhitzer im Querschnitt entsprechend vergrößern will, oder ob er unter den vielen ausgeführten Spielarten von Überhitzern eine andere Bauform wählt.

**Die Zahl der Rauchrohre**

Hierfür hat sich in erster Linie die Dampfseite des Überhitzers als maßgebend erwiesen, d. h. die Zahl der parallel geschalteten Dampfwege muß so groß sein, daß bei gegebener Kesselleistung die Dampfgeschwindigkeit in den Schlangen eine gute Abnahme der angebotenen Wärme sichert.

Den Mangel an absoluten Erfahrungszahlen kann der Konstrukteur überbrücken, indem er seine Dampfgeschwindigkeiten in dasselbe Verhältnis zur Kesselleistung setzt wie bei bewährten ausgeführten Kesseln mit guter Überhitzung und indem er das an guten Kesseln gefundene Verhältnis $\frac{F_1}{F_2} = 1 : \sim 400$ innehält. Mit dem Dampfquerschnitt ist die Zahl der Rauchrohre gegeben; man macht nun einen Vorentwurf der Feuerbüchse nur zu dem Zweck, ihre Verdampfungsoberfläche ungefähr zu bestimmen, und schlägt ihre Heizfläche, wie auch bisher geschehen, ohne zahlenmäßige Berücksichtigung ihrer höheren Wertigkeit der verdampfenden Rauchrohrheizfläche zu. Der Unterschied zwischen der geforderten und der sich so ergebenden Heizfläche wird in Gestalt von Heizrohren zugeschlagen; deren Zahl liegt damit ebenfalls fest.

Nun kann man mit der

**Verteilung der Rohre über die Feuerbüchsrohrwand**

beginnen. Hierbei läßt sich leicht eine große Rohrheizfläche bei kleinem Rundkesseldurchmesser und Gewicht erzielen, indem man die Wasserstege zwischen den Rohren, besonders den Heizrohren, recht eng wählt, ferner auch, indem man die Feuerbüchsdecke dem Scheitel des Rundkessels stark nähert. Oft wird der Mangel an verfügbarem Gewicht zu Zugeständnissen in dieser Hinsicht zwingen, doch leidet in jedem Falle der Kessel darunter Not. Bei Wasserstegen von wesentlich weniger als 20 mm Dicke nehmen die von den unteren Rohren aufsteigenden Dampfblasen den oberen Rohren einen Teil ihrer Verdampfungsoberfläche weg, so daß die so erzielte Vergrößerung der Heizfläche mit Recht als

„papieren" bezeichnet wird. Aus dem Grunde hat seit vielen Jahren die frühere Preußisch-Hessische Staatsbahn einen Wassersteg von 19 bis 20 mm als Kleinstmaß angenommen und ist durch hohe und gleichmäßige spezifische Verdampfleistung dafür belohnt worden. Bei hoher Lage der Feuerbüchsdecke wird die Speisehöhe, also die Speicherfähigkeit des Kessels, stark beschränkt, daneben aber wird auch, was noch wesentlicher ist, die verdampfende Oberfläche des Wassers zu hoch in den Rundkessel verlegt und damit verkleinert, was für die Trockenheit des erzeugten Dampfes ungünstig ist.

Vielfach läßt der Konstrukteur eine kleine Wasseroberfläche und damit eine gewisse Dampffeuchtigkeit zu in der Voraussetzung, daß der Überhitzer ohnedies feuchten Dampf nachtrocknet; er übersieht jedoch hierbei, daß die hierzu nötige Überhitzer-Heizfläche sich im Kesselgewicht stärker bemerkbar macht als eine Vergrößerung der Wasseroberfläche. Beim Schmidtschen Großrohrüberhitzer steht ja fest, daß er in einem mäßigen Umfange das Nachtrocknen ohne allzu große Einbuße an der Endtemperatur des Dampfes mitbesorgt; andre leichtere Überhitzerbauarten, besonders Bauarten mit einmaligem Eintauchen in die Rauchrohre dürften gegen die zusätzliche Belastung durch Nachverdampfen weit empfindlicher sein.

Bei der Untersuchung einer Anzahl Lokomotivkessel, bei denen das Verhältnis der Wasseroberfläche zu dem durch sie hindurchtretenden Dampfvolumen in weiten Grenzen schwankte, hat sich nun ein Dampfdurchtritt von etwa 3 cm/s als ein guter Erfahrungsgrenzwert gezeigt, und die unter Beachtung dieser Zahl entworfenen Einheitslokomotiven der Reichsbahn haben durchweg hohe spezifische Überhitzungsleistung, also gute Dampftrockenheit gezeigt.

Aus der Rohrwandteilung ergibt sich als letzte Unbekannte der Durchmesser des Rundkessels. Da er bestimmend für das ganze Kesselgewicht ist, ist es an dieser Stelle erforderlich, bei niedriger Gewichtsgrenze etwaige Abstriche an den genannten Forderungen zu machen. Hieran kann sich als letztes Glied die endgültige Durchbildung des Stehkessels anschließen.

Es darf nicht unerwähnt bleiben, daß noch eine wichtige Aufgabe bisher ungelöst bleibt und auch lange bleiben wird:

Die Einordnung der Feuerbüchs- und der Rohrheizfläche nach ihrer Wertigkeit.

Bisher ist nur die Austrittstemperatur der Rauchgase aus der Feuerbüchse durch Messung festgestellt; die genaue Messung der Flammentemperatur über dem Rost mit Strahlungswärmemessern mißlang bisher, da die Gase über der Brennschicht zuviel Wärme aufsogen. Es war also auch nicht zu ermitteln, welcher Anteil der Flammenwärme an die Feuerbüchswände durch Strahlung und welcher Anteil durch die Gase übertragen wird. Die Heizflächenbelastung durch Strahlung schwankt sogar innerhalb der Feuerbüchse in weiten Grenzen je nach Lage und Entfernung der Projektionsflächen zum Rost. Man weiß z. B. aus den Messungen an der Schmidtschen Hochdrucklokomotive, daß bei langen schmalen Feuerbüchsen diese Unterschiede sehr groß sind und der mittlere Teil des Feuerbüchsmantels übermäßig durch Wärme beaufschlagt wird. Planmäßige Untersuchungen an besonders hierzu eingerichteten Kesseln fehlen noch gänzlich, so daß auch heute noch die Empfehlung nicht von der Hand zu weisen ist, die Größe der Feuerbüchsheizfläche zur Größe der Rohrheizfläche in ein erprobtes Verhältnis zu setzen. Mäßige Abweichungen haben sich als unerheblich herausgestellt, besonders in den Fällen, wo die Verkleinerung der Feuerbüchsheizfläche durch Absenken der Feuerbüchsdecke herbeigeführt wurde. In diesem Falle wird die Verkleinerung der im oberen Teil schräg, also wenig wirksam, durch Strahlwärme beaufschlagten senkrechten Mantelfläche mehr als ausgeglichen durch die Verkürzung des Weges der mit der vierten Potenz der Entfernung sinkenden Wärmestrahlung bis zur Feuerbüchsdecke.

Eine willkommene Gelegenheit, die Richtigkeit der gefundenen Gesetzmäßigkeit im schwierigsten Falle, d. h. bei der Extrapolation, nachzuweisen, bot der Kessel der im Jahre 1926 in Dienst gestellten 2 C 1-Schnellzuglokomotive Reihe 01 und 02 der Deutschen Reichsbahn[5]). Der Gesamtentwurf bewies hier, daß bei Innehaltung der üblichen Rohrlängen schon eine dreigekuppelte Lokomotive mit hohen Rädern und genügendem Zwischenraum für eine mit hohen Klotzdrücken arbeitende Schnellbahnbremse einen reichlich weit rückwärtsliegenden Kesselschwerpunkt und eine überlange Rauchkammer erhielt. Für eine künftige Weiterentwicklung im Sinne des Schnellverkehrs, also etwa für eine viergekuppelte Lokomotive mit hohen Rädern für Hügellanddienst, schienen die Verhältnisse zweifelhaft und Vorstudien berechtigt. Wie begründet diese Bedenken waren, ergibt sich aus der Wahl der Bauart der neuesten Hügelland-Schnellzuglokomotive der Österreichischen Bundesbahnen[6]). Dort erhielt bei nur 6 m Rohrlänge der Kessel einen soweit rückwärts liegenden Schwerpunkt, daß der Stehkessel von einem Drehgestell getragen und vorn wegen fehlenden Gewichtes statt des lauftechnisch besseren Drehgestelles eine einzelne Laufachse (allerdings in ein Kraußgestell einbezogen) benutzt werden mußte.

## Versuchskessel mit ungewöhnlicher Rohrlänge

Der Verfasser erhielt dankenswerter Weise die Genehmigung, eine 2 C 1-Lokomotive der ersten Lieferung mit einem Kessel größerer Rohrlänge als der üblichen auszurüsten. Neben der selbstverständlichen Forderung der Betriebsicherheit wurden nur die weiteren leicht erfüllbaren Bedingungen gestellt, daß die Leistung des neuen Kessels nicht kleiner als die des bisherigen sein und der bisherige Achsdruck von 20 t nicht überschritten werden sollte.

### Die konstruktiven Neuerungen des Kessels

Der Vorentwurf zeigte schon, daß man bei Innehaltung der Achsdrücke der gekuppelten Achsen nicht unbeschränkt war in der Verlängerung der Rohre, da zwar das Gewicht des leeren Kessels mit zunehmender Rohrlänge verringert werden konnte, das Gewicht des betriebfähigen Kessels aber wegen des größeren Wasserinhaltes stieg. Dieses Mehrgewicht konnte dem Drehgestell vorn aufgelastet werden, die Vergrößerung der Wärmespeicherung vermehrte den Betriebswert des Kessels.

Als endgültige Rohrlänge wurde die bisher ungewöhnliche Länge von 6800 mm, also 1000 mm mehr als bisher, festgelegt. Damit wurde die bisher unerwünscht große Länge der Rauchkammer auf 2739 mm verringert. Der Stehkessel mit der Feuerbüchse, der schon vorher gut getroffen schien, wurde nicht geändert, um die Austauschbarkeit aller Kümpelteile zu wahren. Ebenso blieb die Rauchkammer, abgesehen von der Verkürzung hinten, unverändert. Durch die Forderung der Austauschbarkeit war aber auch entgegen dem logischen Berechnungsgang der bisherige Rundkesseldurchmesser mit 1900 mm gegeben. Dieser Umstand wirkte sich jedoch, wie im folgenden gezeigt werden wird, nicht ungünstig aus; im Gegenteil gelang es sogar, die Heizfläche dem Regelkessel gegenüber ein wenig zu vergrößern. Die Verlängerung des Rundkessels wurde durch annähernd gleichmäßige Verlängerung beider Schüsse erreicht; die Dome und der Schlammsack blieben am bisherigen Ort.

Bei der Aufstellung der Querschnittsgleichung für ein Heizrohr ergab sich die bisher noch nicht benutzte Weite 65/70 mm mit dem Verhältnis $\frac{F_1}{F_2} = 1 : 418$. Das nächstweitere Normrohr hätte den Wert zu weit unter 1 : 400 herabgedrückt; damit wäre zwar der Blasrohrdruck geringer geworden, der Raumbedarf für dieselbe Heizflächengröße aber übermäßig gestiegen. Eine Rohrweite von etwa 67/72 mm wäre hier sehr erwünscht gewesen; so verblieb es beim dem Heizrohr 65/70 mm.

Die Querschnittsgleichung für das Rauchrohr ergab nun einen Durchmesser, der etwa bei 160 mm l. W. lag, wenn man den Schmidtschen Großrohrüberhitzer zugrunde legte. Ich trug jedoch Bedenken, ihn in

[5]) Vergl. *Fuchs-Wagner*, „Die 2 C 1-Einheits-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn", Z. Bd. 70 (1926) S. 1725.
[6]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 441.

diesem Fall anzuwenden, da das zweimalige Eintauchen in das Rauchrohr bei Lieferung hinreichend trockenen Sattdampfes unnötig erschien, sein Gewicht aber gerade dadurch recht hoch wurde, vor allem aber auch, weil in dem großen Rohr von etwa 160 mm der Querschnitt durch vier Überhitzerrohre ungenügend unterteilt schien. Es wurde befürchtet, daß die Wirbelung der Gase unzureichend sein und ein ungenügend gekühlter Gaskern in der Mitte des Rohres abziehen würde. Es wurde daher versucht, mit sechs dünnen Rohrquerschnitten der im Überhitzerbau (Kleinrohrüberhitzer) ebenfalls gebräuchlichen Größe 23/29 mm den Querschnitt des großen Rohres besser aufzuteilen. Hierbei ergab sich endgültig für das Rauchrohr ein Verhältnis $\frac{F_1}{F_2} = 1 : 415$, wenn man das Normrohr von 162 mm l. W. annahm. Dieses wurde also verwendet, nur durch seine Wanddicke, die von den Röhrenwalzwerken zwecks billiger Herstellung mit 4,5 mm genormt worden war, zur Verringerung unnötigen Gewichtes auf 4 mm herabgesetzt. Diese Abmessung kann von allen leidlich ausgerüsteten Walzwerken aus dem Normrohr von 162/171 in einem letzten Arbeitsgang hergestellt werden.

Nunmehr war die Bauart des Überhitzers endgültig festzulegen, da sich aus ihr die Zahl der Rauchrohre ergeben mußte. Wenn man an zweimaligem Eintauchen der Schlangen in die Rauchrohre festhielt, so waren mehrere Anordnungen möglich; so z. B. konnten vier von den sechs Rohrquerschnitten eines Rauchrohres zu einer Doppelschlange zusammengefaßt und die übrigen zwei mit zweien eines benachbarten Rohres zu einer weiteren Einheit zusammengesetzt werden. Auch konnte man grundsätzlich jede Einheit in zwei benachbarte Rauchrohre nacheinander eintauchen lassen. Viel verlockender aber war es, festzustellen, ob bei Zuführung wirklich trockenen Dampfes und ausreichender Bemessung der Überhitzerheizfläche nicht das einmalige Eintauchen ausreichende Überhitzung sicherte. Es durfte hierbei auf lange zurückliegende Erfahrungen mit dem Schmidtschen Mittelrohrüberhitzer zurückgegriffen werden, der mit einmaligem Eintauchen arbeitete. Es wurde daher versuchsweise die in Abb. 1 dargestellte Aufteilung des großen Rauchrohrquerschnittes für den Überhitzer gewählt; alle drei Rohrschleifen eines Rauchrohres wurden parallel geschaltet. Das ergab sich baulich am leichtesten, wenn man nach bewährter Art aus dem Überhitzerkasten den Naßdampf- und den Heißdampfanschluß nebeneinander nach unten herausführte und beide Rohranschlüsse mit einer gemeinsamen Schraube von unten an den Kasten andrückte, Abb. 2 bis 7. Die beiden zuerst senkrecht abwärts führenden und dann der Rohrwand zu gekrümmten Rohre sind Sammelrohre für die drei Rohrschleifen eines Rauchrohres und haben, um Drosselung auf der Naßdampfseite zu vermeiden, den Normdurchmesser 39,5/44,5 erhalten. In diese Sammelrohre sind drei zugeordnete Mündungen der Tauchrohre eingeschweißt. Unterhalb der Einmündung der Tauchrohre sind die Sammelrohre mäßig verlängert und mittels einer angeschweißten Kugelklappe geschlossen. So bilden sie einen Sumpf, in dem sich kleine Mengen feinen Rostes und von Walzhaut, die sich oft nach jahrelangem Gebrauch im Überhitzer ablösen, ablagern können. Die hinteren Enden der Tauchrohre sind durch waagerecht liegende nach dem Verfahren der Heißdampfgesellschaft hergestellte Umkehrenden miteinander verbunden.

Die gewählte Anordnung hat rein baulich gegenüber dem üblichen Großrohrüberhitzer zwei entschiedene Vorteile: Die restlose Entwässerung nach der Wasserdruckprobe und beim Lagern ist durchführbar, und die Rohranordnung in der Rauchkammer ist so einfach, daß auch die oberhalb des Rauchrohrbündels liegenden Heizrohre mittels Druckluft leicht zu reinigen sind.

Nun war die Zahl der Überhitzereinheiten zu bestimmen. In 1 s sind bei voller Kesselleistung etwa 4 kg Dampf zu überhitzen. Bei der früheren Anordnung war schon durch einen Gesamtquerschnitt der Überhitzerrohre von rd. 300 cm² bei dieser Anstrengung

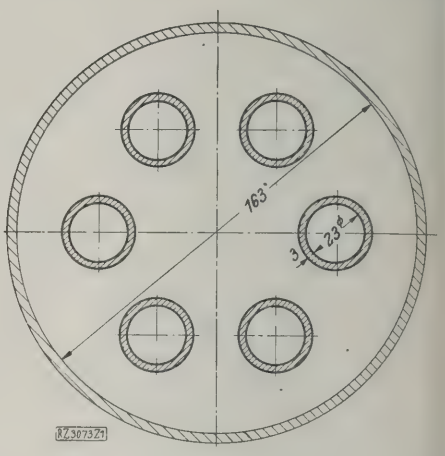



Abb. 1 Anordnung der Überhitzerrohre im Rauchrohr.

die für die Wärmeabnahme günstige Dampfgeschwindigkeit von rd. 12 m/s erzielt worden. Da die spezifische Überhitzungsleistung in erster Linie von dieser Geschwindigkeit abhängig ist, wurde derselbe Dampfquerschnitt auch beim Versuchsüberhitzer beibehalten und die Zahl der Einheiten auf 24 festgesetzt. Die baulichen Unterschiede beider Überhitzerarten zeigten sich nun deutlich darin, daß bei der genannten Dampfgeschwindigkeit der Großrohrüberhitzer 100 m² Heizfläche ergeben hatte, der Versuchsüberhitzer jedoch nur ~ 84 m² erhielt, also 16 vH weniger. Waren die eingangs geschilderten Erwägungen richtig, so mußte der neue Überhitzer das bestimmt ausreichend vorhandene Wärmeangebot voll ausnutzen, also etwa die gleiche Dampftemperatur ergeben wie der 16 vH größere Großrohrüberhitzer. Daß und bis zu welchem Grade diese Erwartungen durch die Erprobung gerechtfertigt worden sind, wird später gezeigt werden.

Die 24 Überhitzereinheiten wurden in vier waagerechten Reihen von je sechs Rohren möglichst nahe der Rohrwandmitte angeordnet und das Rauchrohrbündel allseitig von Heizrohren umgeben. Innerhalb des gegebenen Kesseldurchmessers ließen sich so insgesamt 247 m² feuerberührte Heizfläche unterbringen. Die Rohrteilung in der Feuerbüchse zeigt Abb. 8, die der Rauchkammer-Rohrwand Abb. 9, die Verjüngung der großen Rauchrohre an der Feuerbüchs-Rohrwand Abb. 10. Die gesamte Kesselanordnung, die sich wenig von der früheren unterscheidet, ist in Abb. 11 wiedergegeben.

Als wesentlich im Sinne des angestrebten Erfolges ist noch zu erwähnen, daß das Leergewicht des Versuchskessels gegenüber dem kürzeren Regelkessel um 800 kg auf 35 700 kg verringert wurde, während sein Dienstgewicht durch den um 1,25 m³ vergrößerten Wasserinhalt um 450 kg stieg. Die verdampfende Wasseroberfläche wurde auf 15,1 m², also um 10 vH vergrößert, die Dampfdurchtrittsgeschwindigkeit durch die Wasseroberfläche von 3,5 cm/s auf 3,25 cm/s gesenkt.

### Die Versuche auf dem Prüfstand und im Betrieb

Der Versuchskessel wurde sogleich bei der Lieferung von der Lokomotivfabrik I. A. Maffei in München in die Vierzylinder-Verbund-Heißdampflokomotive 02010 eingebaut und in den Jahren 1927 und 1928 durch Professor *Nordmann*, Berlin, und Reichsbahnrat *Günther*, Berlin, eingehenden Stand- und Fahrversuchen in der Lokomotiv-Versuchsabteilung Grunewald unterworfen.

Die Versuchsreihe im Jahre 1927 galt in erster Linie der Prüfung des Versuchskessels als solchen, besonders der erste Teil; diesem entstammen daher auch die für den Vergleich des Versuchskessels mit dem Regelkessel derselben Lokomotivgattung wesentlichsten Zahlen und Kurven. Der zweite Teil der Versuchsreihe des Jahres 1927 und die gesamte im Jahre 1928 durchgeführte Versuchsreihe galt der Durchprüfung der ganzen Lokomotive und ergab nur nebenbei einige Aufschlüsse über den Versuchskessel.

Wie bei Kesselversuchen üblich, wurde der ersten Reihe von Fahrversuchen eine Reihe von Standversuchen vorangestellt; diese erlauben allerdings keine unmittel-

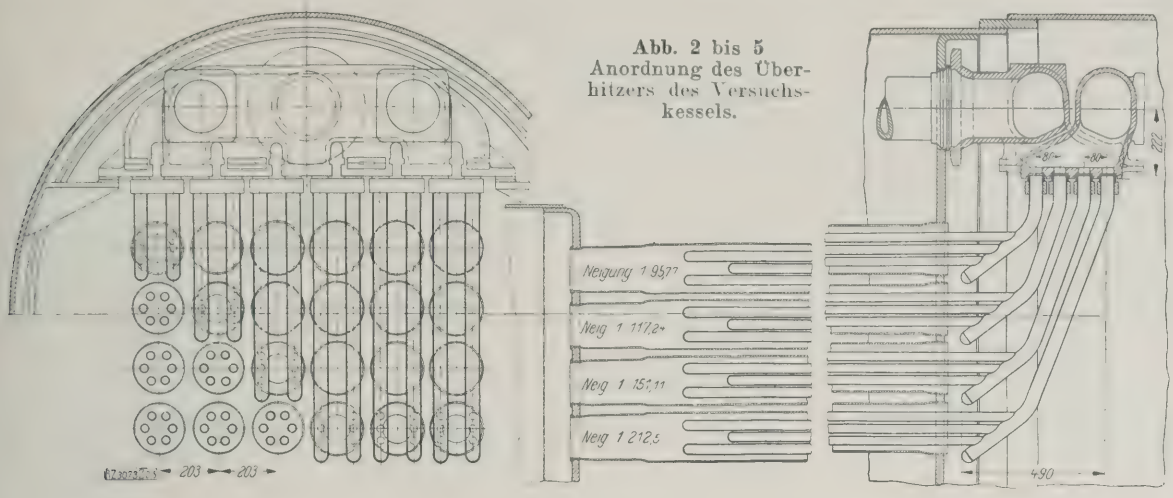



**Abb. 2 bis 5**
Anordnung des Überhitzers des Versuchskessels.

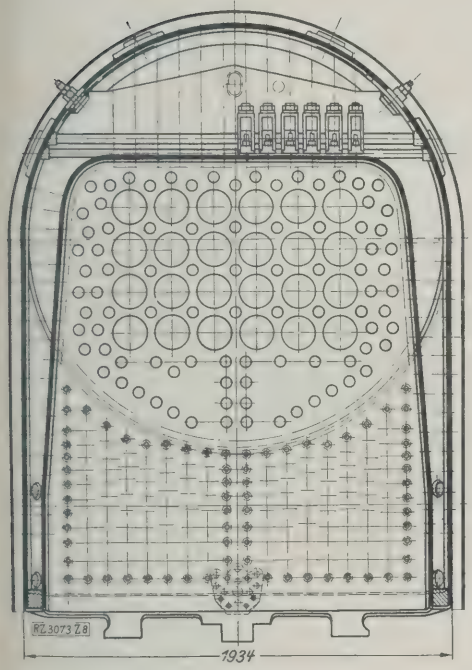



**Abb. 8**
Querschnitt durch den Stehkessel (Rohrteilung in der Feuerbüchs-Rohrwand).

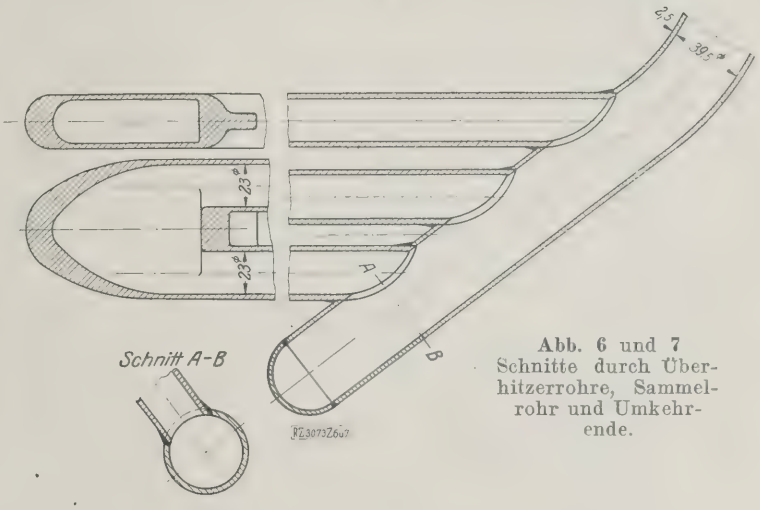



**Abb. 6 und 7**
Schnitte durch Überhitzerrohre, Sammelrohr und Umkehrende.

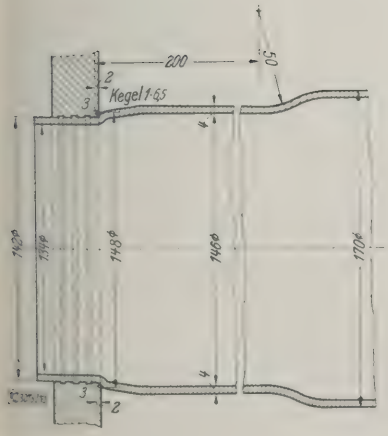
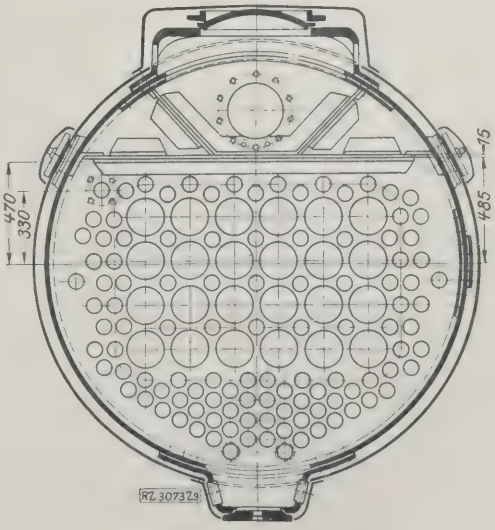



**Abb. 10**
Rauchrohrende in der Feuerbüchs-Rohrwand.

**Abb. 9**
Querschnitt durch den Langkessel (Rohrteilung in der Rauchkammer-Rohrwand).



## Zahlentafel 2

Thermische Untersuchung der Lokomotive Nr. 02 010.

Stand-Versuch am 24. und 25. August auf Bahnhof Seddin. Dauer des Versuchs 290/275 min.

Besonderes: Versuchskessel (Reichsbahnzentralamt).

### A. Kesselabmessungen.

| | | |
|---|---|---|
| Rostfläche | m² | 4,5 |
| Verdampfungsheizfläche feuerberührt | „ | 247 |
| davon Feuerbüchse | „ | 17 |
| Rauchrohre | „ | 83 |
| Heizrohre | „ | 147 |
| Überhitzerheizfläche feuerberührt | „ | ~ 84 |
| Bauart des Überhitzers | | R Z A |
| Anzahl der Windungen eines Elementes | | 6 |
| Abstand der Umkehrenden von der Feuerbüchse | mm | 420/480/610 |
| Heizfläche des Vorwärmers | | |
| abdampfberührt | m² | 13 |
| abgasberührt | „ | — |
| abgemischberührt | „ | — |
| Bauart des Vorwärmers | | Knorr |
| Kesselüberdruck, zulässiger | at | 16 |
| Verdampfungsoberfläche | m² | 15 |
| Wasserinhalt | m³ | 10,5 |
| Dampfraum | „ | 5 |

| | | |
|---|---|---|
| Verhältnis Heizfläche : Rostfläche | | 1 : 53 |
| Verhältnis Überhitzer : Verdampfheizfläche | | 1 : 3 |
| Länge der Rauch- und Heizrohre | cm | 680 |
| Rauchrohre | | |
| Anzahl | | 24 |
| Dmr. | cm | 162/170 |
| freier Querschnitt | cm² | 4000 |
| Verhältnis Gasquerschnitt : Wandreibungsfläche | | 1 : 415 |
| Heizrohre | | |
| Anzahl | | 106 |
| Dmr. | cm | 65/70 |
| freier Querschnitt | cm² | 3520 |
| Verhältnis Gasquerschnitt : Wandreibungsfläche | | 1 : 418 |
| Verhältnis insgesamt Gasquerschnitt : Wandreibungsfläche | | 1 : 417 |
| Rost Stegbreite | mm | 16 |
| Spaltbreite | „ | 14 |
| freier Rostquerschnitt | vH | ~ 38 |

### B. Meßergebnisse.

#### I. Verbrennung

| | | 24. 8. | 25. 8. | vH | vH |
|---|---|---|---|---|---|
| Brennstoff | | | | | |
| a) Sorte . . . Westf. Stückkohle | | | | | |
| b) unterer Heizwert (ermittelt in der Bombe) | kcal/kg | 7050 | 6775 | | |
| 1. Höhe der Brennschicht bei Versuchsbeginn | m | 0,05 | 0,05 | | |
| Brennstoffmenge bei Versuchsbeginn | m³ | 0,225 | 0,225 | | |
| Brennstoffgewicht bei Versuchsbeginn (Raumgew. = 800 kg/m³) | kg | 180 | 180 | | |
| Wärmeinhalt der Brennschicht in vH des Heizwertes | vH | 100 | 100 | | |
| Gesamter Wärmeinhalt der Brennschicht | 1000 kcal | 1270 | 1220 | | |
| 2. Während des Versuches an Brennstoff verbraucht | | | | | |
| a) im ganzen | kg | 5 475 | 4 005 | | |
| b) auf 1 m² Rostfläche in 1 h | kg/m²h | 251 | 194 | | |
| c) auf die Nutzarbeit | kg/PSh | — | — | | |
| Während des Versuches zugeführte Wärmemenge | 1000 kcal | 38 600 | 27 100 | | |
| 3. Höhe der Brennschicht bei Schluß des Versuches (siehe weiter unter Herdrückstand) | m | 0,20 | 0,10 | | |
| Wärmeaufwand insgesamt während des Versuches (1 + 2) | 1000 kcal | 39 870 | 28 320 | 100 | 100 |
| Verbrennungsverluste durch | | | | | |
| 1. Rückstände | | | | | |
| a) Asche (trocken gewogen) | kg | 54 | 43,3 | | |
| Heizwert nach Analyse | kcal/kg | 4 400 | 3 400 | | |
| Wärmeinhalt der Asche | 1000 kcal | 237 | 147 | | |
| b) Herdrückstand (trocken gewogen) | kg | 415 | 197 | | |
| Heizwert nach Analyse | kcal/kg | 3 800 | 1 950 | | |
| Wärmeinhalt des Herdrückstandes | 1000 kcal | 158 | 38 | | |
| c) Rauchkammerlösche (trocken gewogen) | kg | 267,2 | 125 | | |
| Heizwert nach Analyse | kcal/kg | 3 750 | 5 150 | | |
| Wärmeinhalt der Rauchkammerlösche | 1000 kcal | 1 000 | 644 | | |
| Wärmeinhalt der Rückstände (a + b + c) | 1000 kcal | 1 395 | 829 | 3,5 | 2,92 |
| 2. Abwärme | | | | | |
| a) gebundene | | | | | |
| $CO_2$ | vH | 13,2 | 13,7 | | |
| $O_2$ nach Analyse | „ | 5,9 | 5,7 | | |
| CO nach Analyse | „ | 0,1 | 0 | | |
| $H_2$ nach Analyse | „ | 0 | 0 | | |
| Luftüberschußzahl | | 1,38 | 1,36 | | |
| Abgasmenge aus 1 kg verfeuerter Kohle (nach *Josse*) | m³/kg | 11,55 | 10,36 | | |
| Gesamtabgasmenge während des Versuches | m³ | 63 200 | 41 500 | | |
| Abgang an CO während des Versuches | „ | 63 | 0 | | |
| darin enthalten C (43 vH) | kg | 27 | 0 | | |
| Verlust an gebundener Abwärme durch CO (8000 kcal/kg C) | 1000 kcal | 216 | 0 | | |
| Verlust an gebundener Abwärme durch $H_2$ (2360 kcal/m³) | 1000 kcal | 0 | 0 | | |
| Insgesamt | 1000 kcal | 216 | 0 | 0,54 | 0 |
| b) fühlbare | | | | | |
| Zugstärke in Rauchkammermitte | mm W.S. | 58 | 38 | | |
| Zugstärke in der Feuerbüchse | „ | 36 | 20 | | |
| Zugstärke unter dem Rost | „ | 3 | 4 | | |
| erzeugt durch Blasrohrüberdruck | at | 0,21 | 0,14 | | |
| Temperatur der Außenluft | °C | 18 | 15 | | |
| Temperatur der Abgase in Rauchkammermitte | „ | 324 | 299 | | |
| Fühlbarer Abwärmeverlust durch die Abgase ($c_p$ = 0,32) | 1000 kcal | 6180 | 3770 | 15,5 | 13,3 |
| Abwärmeverlust insgesamt (2 a + 2 b) | 1000 kcal | 6396 | 3770 | 16,0 | 13,3 |
| Verbrennungsverluste insgesamt (1 + 2) | 1000 kcal | 7791 | 4599 | 19,5 | 16,2 |

#### II. Verdampfung

| | | 24. 8. | 25. 8. |
|---|---|---|---|
| 1. Speisewasser | | | |
| Temperatur im Wasserkasten | °C | 16 | 15 |
| „ hinter Abdampfvorwärmer | °C | 100 | 103 |
| 2. Dampf | | | |
| Wassermenge während des Versuches verdampft | | | |
| a) im ganzen | kg | 47 265 | 35 800 |
| b) auf 1 m² Verd.-Heizfläche in 1 h | kg/m²h | 39,6 | 31,6 |
| c) auf die Nutzarbeit | kg/PSh | — | — |
| rohe Verdampfzahl | | 8,64 | 8,9 |
| Wärmemenge durch Vorwärmer zugeführt | 1000 kcal | 3970 | 3150 |
| Wasserstand im Kessel vor u. nach dem Versuch über Normalw. | mm | 150 | 150 |
| Mittlerer Kesselüberdruck | at | 15,8 | 16,2 |
| Verdampfungstemperatur | °C | 205 | 206 |
| Erzeugungswärme des Dampfes für 1 kg ab Vorwärmertemp. | kcal/kg | 568 | 558 |
| Feuchtigkeit des Sattdampfes | vH | 11 | 11 |
| Erzeugungswärme des Dampfes bei 11 vH Feuchtigkeit | kcal/kg | 514 | 511 |
| Erzeugungswärme des Dampfes insgesamt ab Vorwärmertemperatur | 1000 kcal | 24 300 | 18 300 |
| Abgang an Dampf | | | |
| a) für Vorwärmepumpe in vH d. geförderten Wassers | vH | 2 | 2 |
| während der Versuchsdauer | kg | 944 | 716 |
| b) für Bremsluftpumpe auf 10 Hübe | „ | — | — |
| während des Versuches | „ | — | — |
| c) für Zugheizung gemessen | „ | — | — |
| Gesamter Abgang an Naßdampf | „ | 944 | 716 |
| Erzeugungswärme des abgehenden Naßdampfes | 1000 kcal | 486 | 366 |
| Erzeugungswärme des Naßdampfes für Wasserförderung | 1000 kcal | 486 | 366 |
| Erzeugungswärme des Naßdampfes für Hilfsmaschinen | 1000 kcal | 0 | 0 |

#### III. Überhitzung

| | | 24. 8. | 25. 8. |
|---|---|---|---|
| Dampftemperatur im Überhitzerkasten | °C | 361 | 348 |
| „ „ Schieberkasten | °C | — | — |
| Erzeugte Heißdampfmenge | | | |
| a) im ganzen | kg | 46 321 | 35 084 |
| b) auf die Nutzarbeit | kg/PSh | — | — |
| Erzeugungswärme des Heißdampfes für 1 kg ab Verdampfungstemperatur | kcal | 85,4 | 78,0 |
| Erzeugungswärme ab Vorwärmertemp. | kcal/kg | 653,4 | 636 |
| Erzeugungswärme des Heißdampfes insgesamt | 1000 kcal | 30 300 | 22 300 |

### C. Kesselbilanz.

| | | 24. 8. | 25. 8. |
|---|---|---|---|
| 1. Nutzbar gemachte Wärmemenge | | | |
| a) an Heißdampf zur Maschine (III) | 1000 kcal | 30 300 | 22 300 |
| b) an Naßdampf (II b + c) | „ | 0 | 0 |
| 2. Wärmeverbrauch zur Wasserförderung (II a) | „ | 486 | 366 |
| 3. Verbrennungsverluste | „ | 7 791 | 4 559 |
| 4. Zurückgewonnen durch Vorwärmung | „ | — | — |

| | | 24. 8. | 25. 8. |
|---|---|---|---|
| 5. Restglied | „ | 1 293 | 1 095 |
| in vH der aufgewendeten Wärme (BI 2) | vH | 3,24 | 3,87 |
| Summe | 1000 kcal | 39 870 | 28 320 |
| Kesselwirkungsgrad Nutzbar gem. Wärmemenge / Aufgewendete Wärmemenge . 100 | vH | 75,7 | 78,7 |

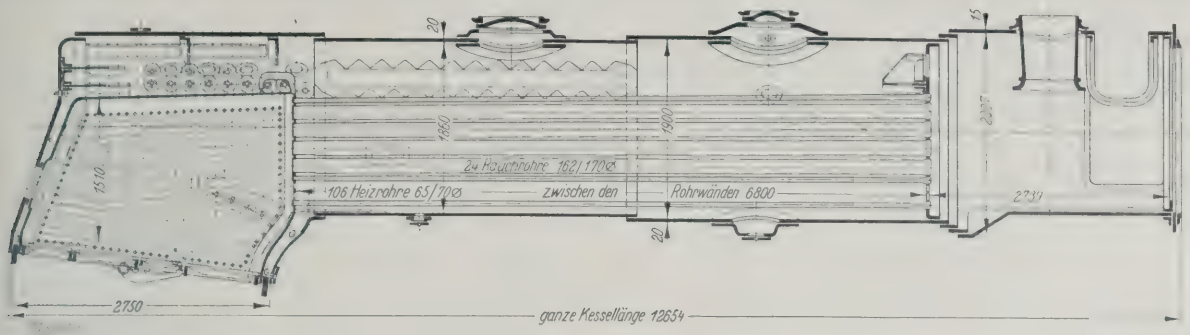



Abb. 11. Versuchskessel mit 6,8 m Rohrlänge.

bare Übertragung auf das Verhalten des Lokomotivkessels während der Fahrt, da sich beim Standversuch die Dampfblasen schwerer von der Heizfläche ablösen als während der Fahrt und der mit weit höherer Temperatur unverbraucht aus dem Blasrohr austretende Dampf wegen seiner größeren Dünnflüssigkeit das Feuer schlechter als sonst anfacht. Die Standversuche wurden, wie seit *Strahl* üblich, in der Art durchgeführt, daß durch Herausnehmen eines Dampfschiebers ein unmittelbarer Dampfweg vom Einström- zum Ausströmrohr freigegeben wird; der Dampf wird im Regler soweit gedrosselt, daß die gewünschte Menge abfließt. Da der Dampf hierbei in den Überhitzer fast gänzlich entspannt und nur infolge der Drosselung im Regler mäßig überhitzt eintritt, gibt die absolute Höhe der Heißdampftemperatur kein einwandfreies Bild; die Wärmeaufnahme im Überhitzer steigt zwar erheblich, die Endtemperaturen bleiben aber weit unter den bei der Fahrt erreichten. Alle diese Umstände erlauben nur dann Rückschlüsse auf das Verhalten während der Fahrt, wenn man über reiche Versuchsunterlagen verfügt.

Die Standversuche wurden zur Aufstellung von Kesselbilanzen, Zahlentafel 2, benutzt; da diese einen guten Einblick in das Verhalten des Kessels gaben, seien zwei von ihnen wiedergegeben.

Die Untersuchung läßt erkennen, wie sich in zwei Versuchen, die mit ganz verschiedener Kohle und unter offensichtlich ganz verschiedenen Verhältnissen durchgeführt wurden, der Kessel ziemlich gleichartig verhält. Bemerkenswert ist der hohe $CO_2$-Wert, der, als Mittel der ganzen Versuchszeit einschließlich der Beschickungszeiten gemessen, erheblich über den üblichen $CO_2$-Werten der Lokomotivkessel liegt (12 vH bei breiten, 10 bis 11 vH bei langen schmalen Feuerbüchsen); noch wichtiger in seiner Auswirkung für die Wirtschaft des Kessels ist sein Gegenwert, die Luftüberschußzahl. Sie beweist, daß beim richtigen Ausgleich der Strömgeschwindigkeiten in Rauch- und Heizrohren weit weniger Überschußluft als sonst vielfach durch überanstrengte Rostteile hindurchgerissen und nutzlos erhitzt wird. Die Ergebnisse aus allen Standversuchen zusammen wurden dann zeichnerisch aufgetragen, Abb. 12. Der Wirkungsgrad des Versuchskessels fällt von 78,5 bis 72 vH sehr langsam ab. Die gleichartigen früher gefundenen Werte für eine 2 C 1-Lokomotive genau gleicher Ausführung mit dem 5,8 m langen Kessel wurden ebenfalls eingetragen. Während sich die Rückstände fast völlig decken und infolgedessen die beiden Versuchsreihen überraschend gut übereinstimmen, zeigt die (noch immer über vielen älteren Werten liegende) Wirkungsgradkurve des kürzeren Kessels einen erheblichen Unterschied. Ebenso ist der Unterschied im Unverbrannten bemerkenswert, da er zeigt, wie wenig Lösche ein abgestimmtes Rohrsystem überreißt.

Als wesentliche Unterlagen für die Bewertung des Kessels können auch die Temperaturkurven dienen, Abb. 13. Sie zeigen, wie die Dampftemperatur nur etwa 6 bis 10 ° unter der früheren liegt trotz der um 16 vH verkleinerten Überhitzerheizfläche. Dem Unterschied darf nicht allzu viel Wert beigemessen werden angesichts des Umstandes, daß für die Bewer-

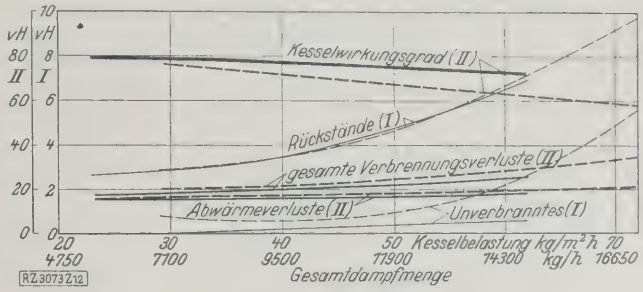



Abb. 12
Kesselstandversuche.
——— Versuchskessel 2 C 1-Lokomotive Nr. 02010: Rohrlänge 6800 mm
– – – Regelkessel 2 C 1-Lokomotive: Rohrlänge 5800 mm

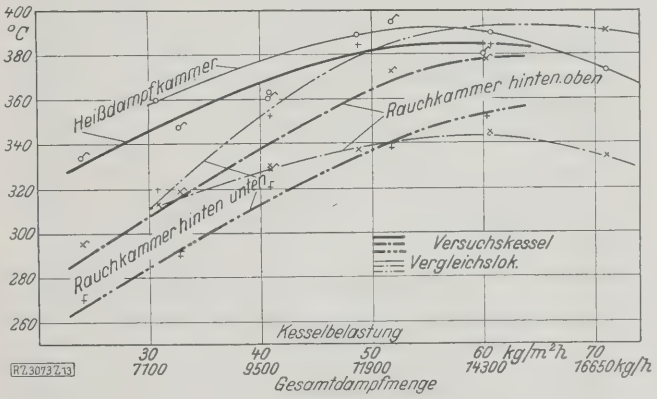



Abb. 13
Temperaturen bei den Standversuchen.

tung dieser Heizfläche bei völlig veränderter Bauart keine Unterlagen zur Verfügung standen; mit der Erlangung weiterer Versuchsergebnisse wird sich die Treffsicherheit erhöhen lassen. Daneben wurden die Rauchgastemperaturen in der Rauchkammer unmittelbar nach dem Verlassen der Rauchrohre und der Heizrohre bei beiden Kesseln gemessen. Hier zeigt sich ganz deutlich, wie der kürzere Kessel die höhere Austrittstemperatur in den Heizrohren hat; sie steigt bei 58 kg/m²h Heizflächenbelastung auf 392 °, während sie in den Rauchrohren 344 ° nicht überschreitet. Beim Versuchskessel ist das Umgekehrte der Fall, doch liegen die Kurven enger beieinander; bei 60 kg Belastung sind es 354 und 378 °. Diese beiden Kurvenpaare zeigen am deutlichsten, daß auch beim Versuchskessel die Abstimmung noch nicht ideal ist; um eine Normgröße zu gebrauchen, mußte das 162 mm weite Rauchrohr gewählt werden; die Benutzung von etwa 160 mm weiten Rohren oder die Verlängerung des Kessels auf 7 m hätte fast die beste Abstimmung ergeben. Man sieht hier besonders deutlich, wie empfindlich eine gemischte Rohranordnung gegen kleinste Strömungsunterschiede ist.

Die Unterdrücke, die bei den Standversuchen bei beiden Vergleichskesseln gemessen wurden, zeigt Abb. 14; während die Unterdrücke im Aschkasten noch fast gleich sind, zeigt sich beim Durchströmen der Brennschicht schon der Vorteil des geringeren Luftüber-

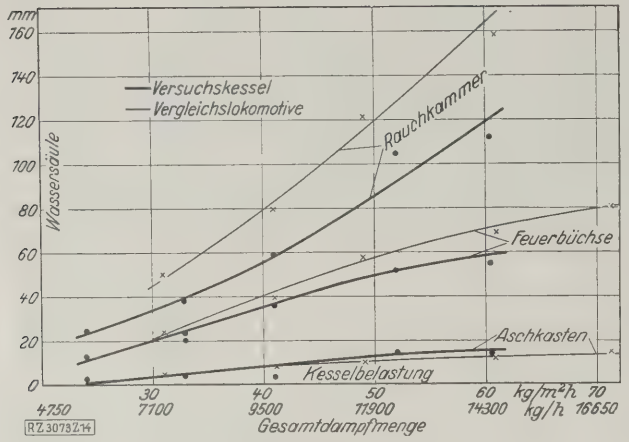



Abb. 14
Unterdrücke bei den Standversuchen.

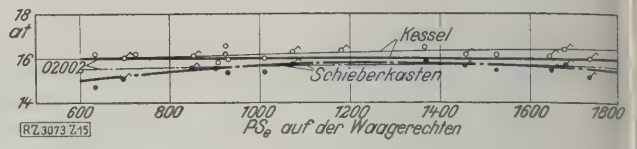



Abb. 15
Schieberkastendruck in Abhängigkeit von der Kesselleistung.
Versuchskessel
Vergleichslokomotive

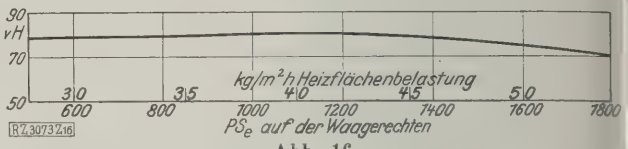



Abb. 16
Kesselwirkungsgrad des Versuchskessels bei Fahrversuchen.
$v$ = rd. 80 km/h

schusses. In verstärktem Maße aber ist der Unterschied in der Rauchkammer ersichtlich, wo er bis auf 44 mm W.-S. bei 60 kg/m²h Heizflächenbelastung ansteigt. Die absolute Höhe beider Unterdrücke läßt keine unmittelbaren Rückschlüsse auf die Verhältnisse bei der Fahrt zu, da anscheinend das Durchrütteln der Brennschicht infolge von Stößen und den Auspuffschlägen des Dampfes den Widerstand verringert. Das Verhältnis beider Kurven aber bleibt bestehen und zeigt, wieviel weniger Blasrohrdruck ein abgestimmter Kessel erfordert als einer der üblichen Bauart. Hier kommt der Vorteil dem Wirkungsgrade der Dampfmaschine zugute.

Aus den Fahrversuchen des Jahres 1927, die im wesentlichen der Durchprüfung der Dampfmaschine bei 60 km Fahrgeschwindigkeit galten, sei noch eine Kurve gezeigt, die zur Beurteilung der Dampfwiderstände beim Durchströmen des Versuchsüberhitzers dienen kann, Abb. 15. Man sieht, daß bei sehr niedrigen Leistungen anscheinend Wirbelung beim Spalten und Wiedervereinigen der Dampfströme in den Überhitzereinheiten den Druckabfall vom Kessel zum Schieberkasten größer macht als beim Großrohrüberhitzer. Bei etwa 920 PS Nutzleistung wird der Druckabfall günstiger als bei diesem; bei rd. 1500 PS schneiden sich die Kurven sehr flach zum zweiten Mal. Hier sind noch Verbesserungen möglich; darum werden in Zukunft die Überhitzersammelrohre möglichst rückwärts der Rohrwand zu gebogen werden, um das Abfließen des Dampfes in die einzelnen Schlangen möglichst stoßfrei zu machen.

Bei der Fahrtenreihe des Jahres 1928, die mit 80 und 100 km/h durchgeführt wurde, ist auch eine über den ganzen Leistungsbereich des Versuchskessels erstreckte Wirkungsgradkurve gewonnen worden, Abb. 16, der leider keine ebenso ermittelte Kurve des Regelkessels gegenübersteht. Bezeichnend ist der sehr flache Verlauf zwischen 500 und 1800 PS Nutzleistung.

### Folgerungen aus den Ergebnissen

Die Versuche haben zur Genüge dargetan, daß die beim Entwurf des Versuchskessels angestrebten Vorteile mit Sicherheit erreicht worden sind; auch die mechanische Festigkeit des Kessels zeigte bisher keine Abweichungen gegen andere bewährte Ausführungen. Es ist daher beschlossen worden, von jetzt ab den künftig zu bauenden 2 C 1-Lokomotiven schwerer und leichter Bauart Kessel dieser Rohrlänge zu geben. Dieselben Grundsätze der sorgfältigen Abstimmung wurden auch auf weitere inzwischen dem Betriebe übergebene leichte Einheitslokomotiven mit kurzen Kesseln angewendet; hier wurde z. B. ein Rauchrohrdurchmesser von 110/118 mm eingeführt und dadurch, was bei kleinen Einheiten sonst als doppelt schwierig galt, ein sehr geringer Kohlenverbrauch erzielt; er beträgt fast über den ganzen Leistungsbereich 1 kg für 1 PSh Nutzarbeit und darunter mit einem Kleinstwert von 0,9 kg.

### Schlußwort

Diese weiteren Kesselausführungen bedeuten ebenfalls nur Schritte auf einem noch lange nicht abgeschlossenen Entwicklungswege. Die Lokomotive mit erweitertem Druckgefälle wird sicher kommen und den Lokomotivkessel Stephensonscher Bauart damit in das Museum verweisen; ihre Entwicklung erfordert aber voraussichtlich geraume Zeit, und die laufende Lokomotivbeschaffung zur Befriedigung der Betriebsbedürfnisse darf nicht stillstehen, bis auf diesem Gebiete Bleibendes geschaffen ist. Darum ist es auch jetzt noch an der Zeit, am Lokomotivkessel üblicher Bauart weiter zu arbeiten, um ihn möglichst wirtschaftlich durchzubilden.

Auch darf man nicht vergessen: wirkliche Erkenntnisse pflegen unter veränderten Verhältnissen ihren Wert nicht völlig zu verlieren; meist sind sie in einer oder der andern Form übertragungsfähig und dann als Vorarbeit willkommen. [B 3073]

## Untersuchungen an Bremsdruckreglern

### Nachtrag

In Z. Bd. 73 (1929) Nr. 27 S. 971 habe ich über Untersuchungen an mehreren gebräuchlichen Bremsdruckreglern für Fördermaschinen berichtet. Die nach dem gleichen Verfahren später durchgeführte Prüfung des Bremsdruckreglers der Gutehoffnungshütte in Oberhausen[1]) ließ auch bei diesem Druckregler eine allgemein günstige Regelfähigkeit erkennen. Die Zwischenstufen des Antriebhubes wurden mit unwesentlichen Abweichungen genau eingehalten, ohne daß die zeitliche Verschiebung zwischen Antriebbewegung und Einstellung des Druckes den üblichen Wert von 0,3 s überstieg. Bei kleiner Überdeckung des Steuerschiebers trat keine nennenswerte Hysterese der anziehenden und der lösenden Bremskurve auf; der Druckunterschied blieb dabei unter 0,5 at. Ein einmal eingestellter Bremsdruck ließ sich, auch bei längerem Stillstand des Antriebhebels, in derselben Lage, unverändert aufrechterhalten. Schließlich konnte man feststellen, daß Schwankungen des Betriebsdruckes keinen Einfluß auf die Höhe der Zwischendrücke nahmen. Auf dem Versuchstand zeigte das untersuchte Gerät leichte Manövrierfähigkeit. Ein Rückdruck auf den Antriebhebel trat nicht auf. Reibungswiderstände ließen sich nach Einschleifen des Steuerschiebers für die besonderen Temperaturverhältnisse des Betriebdampfes beseitigen. [N 3462]

Berlin Dr.-Ing. *G. Dulman*

[1]) „Glückauf" Bd. 65 (1929) Nr. 11 S. 357.

# Leistungsuntersuchungen bei der Fließarbeit

*Von Prof. Dr.-Ing. EWALD SACHSENBERG, Dresden*

***An der Hand von Versuchen wird nachgewiesen, wie sich die Arbeitsleistung bei verschiedenen Arbeitsarten ändert, wenn bei der Fließarbeit vom ruckweise fortschreitenden Bandbetrieb auf stetig fortlaufenden Betrieb übergegangen wird. Ferner wird für den stetig fortlaufenden Betrieb diejenige Bandgeschwindigkeit bestimmt, die für die verschiedenen Arbeitsarten am günstigsten ist.***

Nachdem es mir gelungen war, mit Hilfe der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft die erforderlichen Mittel zu beschaffen, entschloß ich mich, an die Frage der günstigsten Bedingungen bei der Fließarbeit heranzugehen[1]). Aus den vielen Fragen, die sich hier sofort aufdrängen, griff ich zunächst die nach dem Einfluß der Bandgeschwindigkeit auf die Leistung heraus. In der Praxis wird ungefähr gleich oft der ruckweise und der stetig fortschreitende Betrieb angewandt. Bei letzterem ist die Geschwindigkeit entweder so gewählt, daß der Arbeiter die verlangte Arbeitsleistung ohne zu laufen, von seinem Platz ausführen kann, oder so, daß der Arbeiter ein Stück mitläuft und nach der Ausführung der Arbeit wieder zu dem Ausgangspunkt auf seinem Arbeitsplatz zurückkehrt.

Welche von diesen beiden Arten des Arbeitens vorteilhafter ist, steht keineswegs fest. Ebenfalls nicht bekannt ist der Einfluß, den die Bandgeschwindigkeit bei ununterbrochenem Betrieb auf die Arbeitsleistung ausübt. Daß es hier eine obere Grenze gibt, d. h. daß es eine Geschwindigkeit gibt, bei der keine Arbeit mehr richtig ausgeführt werden kann, ist selbstverständlich. Doch ist der Verlauf der Einflußkurve der Bandgeschwindigkeit bis zu dieser oberen Grenze und die Lage dieses Grenzpunktes bei den verschiedenen Arbeitsarten vollkommen unbekannt. Der Klärung dieser Fragen war meine erste Untersuchung gewidmet.

### Kennzeichnende Arbeitsarten

Es ist durchaus möglich, ja sogar von vornherein wahrscheinlich, daß sich der Einfluß der verschiedenen Arbeitsbedingungen, so z. B. in unserem Falle der Bandgeschwindigkeit, auf die verschiedenen Arten der Arbeit, die in fließender Fertigung ausgeführt werden, verschieden auswirkt. Alle möglichen Fälle, die in der Praxis vorkommen, zu untersuchen, ist ein Ding der Unmöglichkeit. Ich habe deshalb drei typische Arbeitsarten herausgegriffen, in der Annahme, dadurch das Wesentliche erfassen zu können. Als solche kennzeichnende Arbeitsarten habe ich angesehen:

1. Körperlich anstrengende Arbeit, bei der es mehr auf die Größe der Leistung, als auf größere Genauigkeit der Ausführung ankommt.
2. Körperlich leichte Arbeit, bei der vor allem saubere und genaue Ausführung, also die Güte, im Vordergrund steht.
3. Prüfarbeit; eine Arbeitsart, bei der vor allem die Sinnestätigkeit, und zwar in erster Linie die des Auges, und nicht zuletzt auch die Handsicherheit und Handgeschicklichkeit ausschlaggebend sind.

[1]) Meinen Mitarbeitern Dr. *W. Osenberg* und Dr. *J. Doležal* sei für ihre aufopfernde Tätigkeit bei meinen Versuchen mein Dank ausgesprochen.

### Die Versuchswerkstücke

#### Schwerarbeit

Die drei angeführten Arbeitsarten waren an einem besonders für den Zweck der Untersuchung gebauten Werkstück auszuführen, Abb. 1. Der Arbeiter hatte die Aufgabe, in der gegebenen Arbeitzeit eine Schraubenmutter gegen einen verhältnismäßig großen, im Innern des Werkstückes eingebauten Widerstand (8 kg bei 35 cm Hebelarm) so oft, wie es möglich war, zu drehen. Durch das Drehen der Schraubenmutter wurde auf der andern Seite des Werkstücks ein Bolzen herausgeschoben, so daß die jeweilige Größe der Leistung genau festzustellen war.

#### Genauigkeitsarbeit

Die Art der untersuchten Genauigkeitsarbeit zeigen Abb. 2 und 3. Auch hier bestand die Aufgabe darin, daß der Arbeiter an einer Schlitzschraube mit einem Schraubenzieher zu drehen hatte. Der Widerstand war hierbei sehr gering. Der Arbeiter sollte aber den herausragenden Bolzen nur bis zu einem gewissen Maß herausdrehen. Ob er sein Ziel erreicht hatte, konnte er mit einer Meßvorrichtung nachprüfen. Beim Nachprüfen mußte die Meßvorrichtung zuerst mit Hilfe von zwei daran angebrachten Wasserwagen in die richtige Lage gebracht werden. Sie stützte sich auf das Werkstück nur in zwei Punkten. Mit einem Innentaster hatte daraufhin der Arbeiter die Entfernung zwischen dem herausgedrehten Bolzen und einer festen Spitze zu prüfen. Er mußte auf $^1/_{10}$ mm genau einstellen.

#### Prüfarbeit

Bei der Prüfarbeit waren aus einem flachen Kasten die kleineren Kugeln heraus zu sortieren und in eine Bohrung in dem Werkstück einzufüllen, Abb. 4. Die Bohrung war so eingerichtet, daß nur die kleineren Kugeln hindurchgingen. Der Durchmesser der kleineren Kugeln war 8 mm, der größeren 8,6 mm, das Mischverhältnis 1 : 10 (richtig zu falsch). Zugleich sollte der Arbeiter die einzufüllenden Kugeln bei jedem Werkstück zählen, und die Anzahl mit Hilfe eines Telephonwählers anzeigen. Die Leistung wurde in allen drei Fällen selbsttätig aufgezeichnet, indem das bearbeitete Werkstück in eine Meßvorrichtung eingeführt wurde. Hierbei wurde auch die tatsächliche Zahl der herausgefundenen Kugeln festgestellt.

Außer der Leistung wurde auch die zur Ausführung der Arbeit tatsächlich gebrauchte Zeit bei allen drei Arbeitsarten durch eine elektrische Kontaktvorrichtung gemessen. Abb. 5 zeigt den inneren Aufbau des Arbeitswerkstückes.

### Arbeitsbedingungen

Mein Hauptbestreben war, die Arbeitsbedingungen bei der Untersuchung so zu gestalten, daß die Arbeiter unbedingt den Eindruck einer gewöhnlichen Werkstatt-

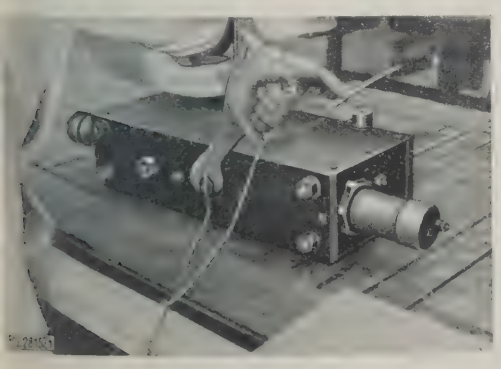


Abb. 1
Ausführung der Schwerarbeit.

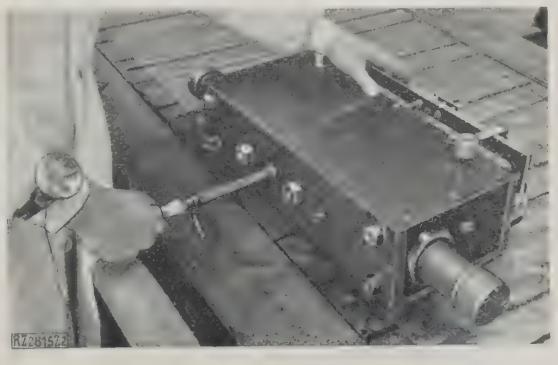


Abb. 2
Ausführung der Genauigkeitsarbeit, Arbeitsgang 1.

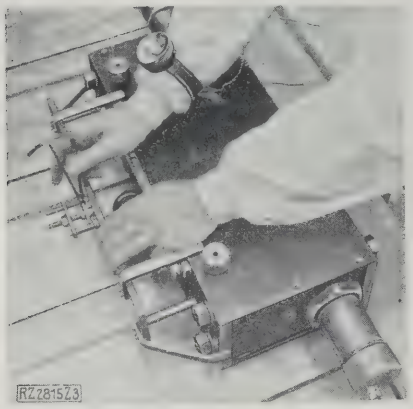



**Abb. 3**
Ausführung der Genauigkeitsarbeit, Arbeitsgang 2.

**Abb. 4**
Die Prüfarbeit.

arbeit bekamen. Dies wurde schon durch den Versuchsraum, der einer gewöhnlichen Werkstatt glich, begünstigt, Abb. 6. Verwendet wurden ungelernte Arbeiter im Alter von 20 bis 21 Jahren, die wie üblich entlohnt wurden. Die Arbeitszeit betrug 48 h in der Woche. Selbstverständlich waren die Arbeiter genau wie in der Fabrik persönlich in ihrer Betätigung möglichst frei. Trotz dieser Freiheit sind größere Zeiträume unregelmäßiger, den Durchschnittsergebnissen widersprechender Arbeitsleistung nicht zu verzeichnen gewesen. Ein einzelnes Versagen der Meßgeräte oder ein ganz kurzes grundloses Wettarbeiten der Leute waren die einzigen Störungen.

Nur in einer Beziehung mußte ich notgedrungen von der Praxis abweichen. Ich mußte zum Arbeiten im Kreisverfahren greifen. Die Hauptgründe hierfür waren technischer Art. Vor allem die Schwierigkeiten der Rohstoffbeschaffung, die Meßbarkeit der Leistung und die Wahrung der Gleichmäßigkeit der Aufgabe haben mich zu dem Entschluß gebracht, trotz aller Bedenken zum Kreisverfahren zu greifen.

Erfreulicherweise habe ich in den Besprechungen mit den Arbeitern festgestellt, daß sie sich durch das Kreisverfahren keineswegs stören ließen. Sie sind sehr schnell der Arbeit gegenüber zu einer Einstellung gekommen, wie sie dem durchschnittlichen Menschen bei der Lohnarbeit eigen ist. Die Arbeit wurde als nicht gerade unangenehme Erwerbsquelle betrachtet, und was dabei eigentlich gemacht wurde, war den Leuten ziemlich gleichgültig.

Nach den Erfahrungen bei meinen früheren Arbeitsuntersuchungen[2]), wo ich festgestellt habe, daß auch bei den einfachsten Arbeitsarten sich die Wirkung der Übung über Wochen ja Monate erstrecken kann, habe ich versucht, diesen Einfluß möglichst von vornherein auszuscheiden. Aus diesem Bestreben ist das im folgenden beschriebene

### Untersuchungsverfahren

entstanden. In Abb. 7 sind die untersuchten Bandgeschwindigkeiten zusammengestellt. Die Zusammenstellung zeigt, daß während der ersten Woche die Geschwindigkeit null, d. h. der ruckweise fortschreitende Betrieb, mit einer Bandgeschwindigkeit von 1 cm/s auf ihre Wirkung auf die Arbeitsleistung verglichen wurde. Während der zweiten Woche ist die Bandgeschwindigkeit 2 und 3 cm/s untersucht worden, usw. In den einzelnen Wochen wechselten die beiden jeweils untersuchten Versuchsbedingungen so, wie es die schematische Tageseinteilung der Versuche in Abb. 8 zeigt. Wenn also am Montag die ersten 100 min, von 6,30 bis 8,10 Uhr, mit der Bandgeschwindigkeit *B* gearbeitet wurde, so hat man nach einer Pause von 10 min die nächsten 100 min mit der Bandgeschwindigkeit *A* gearbeitet usw. Die Bearbeitungszeit für einen Arbeitsgang habe ich in diesen Versuchen auf 40 s festgesetzt. Ich war mir dessen bewußt, daß dies eine durchaus willkürliche Zeit war. Da aber die Untersuchung über den Einfluß der Bearbeitungszeit auf die Leistung erst bevorsteht, mußte ich mich zu einer willkürlichen Zeit entschließen.

Dies Untersuchungsverfahren hat meiner Überzeugung nach den Vorteil, daß die verglichenen Arbeitsarten in das Endergebnis mit ungefähr gleichem Übungswert eingehen und daß auch der Einfluß sowohl der Tages- wie Wochenzeit nach Möglichkeit ausgeschieden wird.

Auch der Forderung nach einer möglichst großen Anzahl von Versuchen bei jeder Arbeitsart wurde weitgehend Rechnung getragen. An jedem Werkstück war jede Arbeitsart zweimal vorhanden, so daß alle untersuchten Arbeitsarten von je zwei Arbeitern durchgeführt wurden, vergl. Abb. 1 bis 4. Auf diese Weise vertritt jeder Ergebnispunkt der im folgenden wiedergegebenen Ergebniskurven einen Durchschnittswert von annähernd 7200 Einzelleistungen.

### Einfluß der Bandgeschwindigkeit

#### Schwerarbeit

Die Ergebnisse der Untersuchung über den Einfluß der Bandgeschwindigkeit auf die Schwerarbeit sind in Abb. 9 wiedergegeben: Bei dem ruckweise fortschreitenden Betrieb ist ein absoluter Bestwert der Leistung zu verzeichnen. Ein zweiter, verhältnismäßiger, allerdings um rd.

[2]) s. *Sachsenberg*, Ausgewählte Arbeiten d. Lehrstuhls für Betriebswissenschaften d. T. H. Dresden Bd. I und III, Berlin 1924 und 1926.

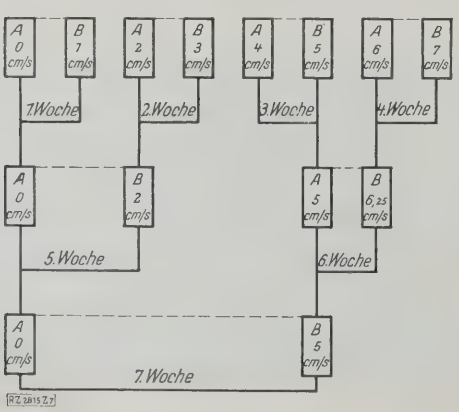



**Abb. 7**
Versuchsschema.

Die in den einzelnen Wochen verglichenen Arbeitsgeschwindigkeiten.

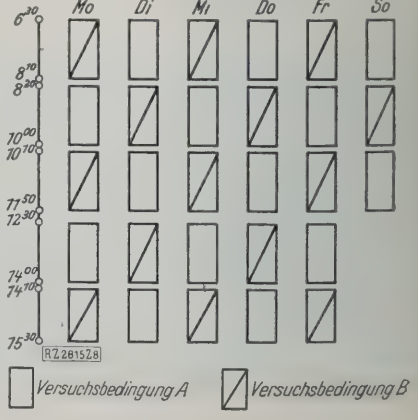



**Abb. 8**
Tageseinteilung der Versuche.

10 vH geringerer Bestwert liegt bei der Geschwindigkeit von 6 cm/s. Die für die Arbeit tatsächlich gebrauchte Zeit nimmt, von kleinen Unregelmäßigkeiten abgesehen, mit der Bandgeschwindigkeit fast verhältnisgleich ab.

Daß die Leistung bei der Schwerarbeit beim ruckweise fortschreitenden Betrieb den absoluten Bestwert zeigt, dürfte wohl damit zusammenhängen, daß durch den Ruckbetrieb sozusagen ein Zeichen für den Anfang und für das

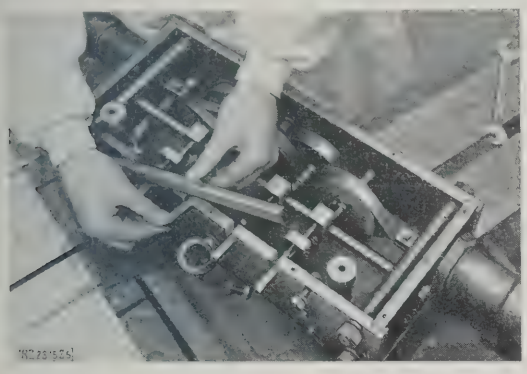


Abb. 5
Innenansicht des Versuchswerkstückes.

Ende der Arbeit gegeben wird. Dadurch wird eine gewisse Zwangläufigkeit in das Arbeitsverfahren eingeführt. Beim dauernd laufenden Band wird im Gegensatz hierzu der Anfang und das Ende des Arbeitsganges vorausgesehen. So lange nun die Geschwindigkeit des Bandes so klein ist, oder gerade so groß, daß man bei 40 s Arbeitzeit den gesamten Platz aus der mittleren Lage eben noch oder beinahe noch erreichen kann, ist der Arbeiter bestrebt, nach Möglichkeit auf seinem Platz stehen zu bleiben und vernachlässigt so unter Umständen den Anfang und das Ende der Arbeit. Dadurch erklärt sich, daß die Leistung gerade bei den mittleren Geschwindigkeiten (3 cm/s) ihren Mindestwert zeigt.

Je größer nun die Geschwindigkeit des Bandes wird, desto größer wird auch die zurückzulegende Platzlänge. Die Arbeiter zeigen hierbei, wie die Zeitkurve beweist, auch weiterhin das Bestreben, möglichst viel von der Laufzeit zu sparen. Eigentlich müßte hierdurch die Verminderung der Leistung bei der höheren Geschwindigkeit noch stärker in Erscheinung treten. Die Leistungskurve zeigt aber, daß dies nicht der Fall ist. Dies hat seinen Grund darin, daß die Arbeitsgeschwindigkeit mit der wachsenden Bandgeschwindigkeit immer schneller wird, Abb. 10.

Wenn nun die Zunahme der Arbeitsgeschwindigkeit nur der Ersparnis an der Laufzeit entsprechen würde, müßte die Arbeitsleistung allerdings eine gleichbleibende Höhe zeigen oder bei der größten Geschwindigkeit noch etwas abnehmen, da die Arbeitsgeschwindigkeit kaum unbegrenzt zu steigern ist. Es zeigt sich aber, daß von der Geschwindigkeit 3 cm/s an die Leistung wiederum größer wird, um bei der Bandgeschwindigkeit 7 cm/s den schon erwähnten zweiten Bestwert zu erreichen. Bei dieser Bandgeschwindigkeit scheint also die Gangbewegung mit der Arbeitsbewegung des Körpers irgendwie im Einklang zu stehen. Die psychomotorische Anregung, die der Arbeiter durch das etwas schnellere Laufen erfährt, überträgt sich scheinbar auch auf die Arbeit selbst und beschleunigt sie. Der Arbeiter hat auch wahrscheinlich bei der Anbahnung der für die Arbeit notwendigen Bewegungskomplexe weniger Hemmungen zu überwinden. Auf diese Weise erscheint es verständlich, warum trotz des Bestrebens möglichst viel am Laufen zu sparen, doch im Verhältnis mehr geleistet wird.

Bei der noch größeren Geschwindigkeit wird allerdings die Zeit, die man nicht mehr laufen will, länger als man durch die Steigerung des Tempos einholen kann, so daß wiederum eine Abnahme der Leistung zu verzeichnen ist.

### Genauigkeitsarbeit

Die Abhängigkeit der Arbeitsgenauigkeit von der Bandgeschwindigkeit gibt ein etwas anderes Bild, Abb. 11. Die Bandgeschwindigkeit 3 cm/s hat allerdings auch

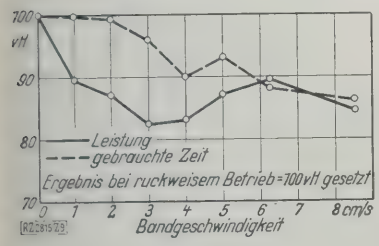



Abb. 9
Abhängigkeit der Leistung bei einer kennzeichnenden Schwerarbeit von der Bandgeschwindigkeit.

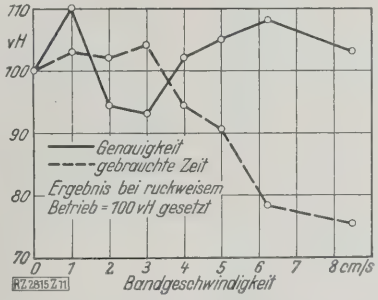



Abb. 11
Abhängigkeit der Arbeitsgenauigkeit von der Bandgeschwindigkeit.

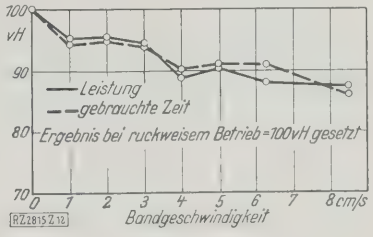



Abb. 12
Abhängigkeit der Leistung bei einer kennzeichnenden Prüfarbeit von der Bandgeschwindigkeit.

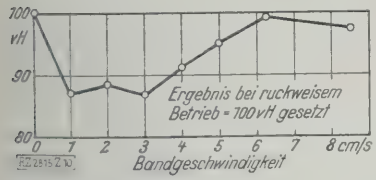



Abb. 10
Abhängigkeit der Arbeitsgeschwindigkeit (Schwerarbeit) von der Bandgeschwindigkeit.

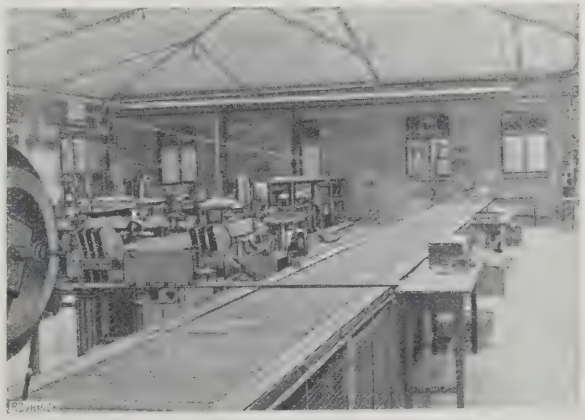


Abb. 6
Die Versuchswerkstatt.

hier das ungünstige Ergebnis. Der ruckweise Betrieb ist aber nicht unbedingt der beste. Wenn wir von dem Ergebnis bei der Bandgeschwindigkeit 1 cm/s zunächst einmal wegen der etwas abweichenden Bedingungen, die hierbei geherrscht haben, absehen, so liegt der absolute Bestwert bei rd. 6 cm/s [3]). Die Genauigkeit der Arbeitsausführung erreicht also bei der untersuchten Arbeit ihren höchsten Wert bei einer verhältnismäßig großen Bandgeschwindigkeit.

[3]) Bei 1 cm/s Bandgeschwindigkeit betrug die Platzlänge 40 cm; das Werkstück ist etwas über 80 cm lang; der gleiche Arbeiter mußte beide Arbeitstellen am Werkstück bedienen und das Band wurde von beiden Seiten belegt, so daß die Arbeiter einander gegenüber standen.

Wie ist dies zu erklären? Die schnelle Abnahme der für die Einstellung gebrauchten Zeit dürfte auch hier für die Erklärung einen Fingerzeig geben. Sie zeigt, daß von der Bandgeschwindigkeit 3 cm/s an die gebrauchte Zeit schnell abnimmt, und zwar sinkt sie bis unter 75 vH der bei dem Ruckbetrieb gebrauchten Zeit. Mit andern Worten, bei der größeren Bandgeschwindigkeit wird der Arbeiter schneller mit der Einstellung fertig; scheinbar aus demselben Grunde wie bei der Schwerarbeit: um nicht soweit laufen zu müssen. Das bringt mit sich, daß er schon ein weites Stück vor dem Ende seines Arbeitsplatzes mit der Einstellung fertig wird und leichter dazu neigt, eine nochmalige Verbesserung der Einstellung vorzunehmen, falls er bei der letzten Messung noch kleine Unstimmigkeit festgestellt hat. Diese Bereitwilligkeit wird durch die schon oben erwähnte, durch die hohe Laufgeschwindigkeit bedingte, Beweglichkeitssteigerung begünstigt, die sich desto leichter auswirken kann, da die eigentliche Arbeit körperlich sehr leicht war. Bei der langsamen Bandgeschwindigkeit ist die Geschwindigkeit für die Einstellung ebenfalls, wie aus der Zeitkurve hervorgeht, langsam. Der Arbeiter wird später fertig. Wenn sich nun das Arbeitsstück bei der letzten Nachprüfung schon am Ende des Arbeitsplatzes befindet, wird der Arbeiter leicht zu der Auffassung verleitet, es lohnt sich nicht mehr nochmal eine Verbesserung vorzunehmen, das Stück sei sowieso schon von dem Arbeitsplatz weg.

Die Steigerung der Genauigkeit durch die Erhöhung der Bandgeschwindigkeit hat sicherlich in der Bandgeschwindigkeit selbst ihre Grenze. Schließlich wird die Geschwindigkeit so groß, daß ein genaues Arbeiten erschwert wird. Diese Grenze, die je nach der Art der verlangten Genauigkeit verschieden liegen mag, scheint in unserem Falle mit der Geschwindigkeit 8,5 cm/s überschritten zu sein.

### Prüfarbeit

Die Ergebnisse bei der Prüfarbeit zeigt Abb. 12. Die Leistung, die Anzahl der gefundenen Kugeln, sinkt hier ziemlich gleichmäßig mit der wachsenden Bandgeschwindigkeit. Zugleich nimmt auch die zu der Arbeit tatsächlich verwandte Zeit in demselben Maße ab. Die Abnahme der Leistung ist hier durchaus verständlich. Es handelt sich doch überwiegend um eine optische Tätigkeit, die in der Ruhe am besten gelingt. Das schnelle Laufen wirkt nur störend; das Herausfinden der kleineren Kugel gelingt um so schwieriger, je schneller sich das Band bewegt. Wenn nun weniger Kugeln gefunden werden, ist auch die Berührungszeit, elektrischer Kontakt, mit den Kugeln kürzer, und so erklärt sich die Abnahme der tatsächlichen Arbeitzeit, obschon die Arbeiter bei dieser Arbeitsart bei jeder Bandgeschwindigkeit die ganze Platzlänge gelaufen sind. Sie haben sich bei der Arbeit mit einem Arm auf das Werkstück gestützt, was das Laufen über die ganze Platzlänge begünstigte, und den Gedanken auf ein Sparen beim Laufen nicht aufkommen ließ.

Das Ergebnis bei der Prüfarbeit verstärkt uns in der Annahme, daß die Steigerung der Genauigkeit bei der zweiten Arbeitsart vor allem durch die Begünstigung des ersten Teiles der Arbeitsaufgabe, des Drehens der Schraube, durch die höhere Bandgeschwindigkeit ihre Ursache hat, wovon natürlich auch die Genauigkeit der Einstellung, auf dem Umwege über die Verlängerung der zur Einstellung zur Verfügung stehenden Zeit, einen Vorteil hatte. Bei einer andern Art der Genauigkeitsarbeit, wo der erste Teil nicht, oder nur in geringem Maße, vorhanden wäre, dürfte das Ergebnis dem bei der Prüfarbeit ähnlich ausfallen. Die Revisionsarbeit war zum Teil auch eine Art Genauigkeitsarbeit.

### Zulaufrichtung der Werkstücke

Noch bevor ich an die Untersuchung der Bandgeschwindigkeit herangegangen bin, habe ich die günstigste Zulaufrichtung des Werkstückes festzustellen versucht: von links nach rechts oder von rechts nach links, vom Arbeiter aus gesehen. Ich bin mir durchaus dessen bewußt, daß die diesbezüglichen Ergebnisse keineswegs jene allgemeine Gültigkeit beanspruchen dürfen, als sie meiner Überzeugung nach den Ergebnissen bei der Bandgeschwindigkeit zukommt. Aus welcher Richtung das Werkstück zweckmäßig ankommt, ist natürlich in weit größerem Maße von der jeweiligen Arbeitsaufgabe abhängig und außerdem werden sich bei den meisten in der fließenden Fertigung ausgeführten Arbeitsarten, z. B. bei der Montage, die tatsächlich links-rechts oder rechts-links bevorzugten Arbeitselemente wahrscheinlich ungefähr die Waage halten. Wenn ich trotzdem diese Versuche durchgeführt habe, so geschah es vor allem in der Absicht, das von mir angewandte Untersuchungsverfahren zuerst an einer andern, wenige wichtigen Frage einer Bewährungsprobe zu unterziehen.

Die Ergebnisse bei den beiden verschiedenen Bandrichtungen sind in Abb. 13 einander gegenübergestellt. Man sieht, daß bei der Genauigkeitsarbeit ein Unterschied kaum vorhanden ist. Bei der Schwerarbeit wäre ein allerdings nur sehr geringer Vorteil bei der Richtung von rechts nach links zu verzeichnen. Der größten Unterschied von 4 vH zeigte die Prüfarbeit. Das Ergebnis bei der Prüfarbeit scheint damit zusammenzuhängen, daß sich die Arbeiter bei dieser Arbeit mit dem Ellbogen auf das Werkstück gestützt haben. Das Stützen geschieht mit größerer Sicherheit bei dem Lauf von rechts nach links.

### Psychologische Beobachtungen

Aus dem Ausgeführten wird man schon deutlich entnommen haben, daß es sich in dem vorliegenden Fall in erster Linie um eine Leistungsuntersuchung handelt, und zwar ausgesprochen vom Standpunkt des Betriebsingenieurs. Die psychologische Seite wurde mit Absicht an die zweite Stelle gerückt. Dies nicht etwa deshalb, daß ich der Meinung wäre, sie wäre weniger bedeutsam, sondern deshalb, weil es geboten erscheint, die Fragestellungen zu trennen und gesondert zu untersuchen. Trotzdem standen die Versuche unter dauernder Überwachung eines ausgebildeten Psychologen. Er hatte aber mehr eine negative Aufgabe: er sollte nach Möglichkeit alle psychologischen Momente (Übung usw.), die das Ergebnis trüben könnten, durch Vorbeugungsmaßnahmen fernhalten und die Versuche so gestalten, daß die zahlenmäßigen Ergebnisse möglichst gut vergleichbar waren.

Außerdem erschien es mir ratsam, laufend mindestens bei jeder Änderung der Arbeitsbedingungen, nachdem diese genügend Zeit hatte, sich auszuwirken, eine Besprechung mit den Arbeitern abzuhalten, in der sie sich zu dem Einfluß der untersuchten Bedingungen auf das Arbeitserlebnis äußern sollten. Natürlich mußte ich dabei meistens selbst Fragen stellen. Von allein bekam ich nur selten Beobachtungen, die sich unmittelbar auf das Arbeitserlebnis bezogen. Es braucht wohl nicht betont zu werden, daß bei der Befragung die größte Sorgfalt darauf gelegt wurde, daß keinerlei Beeinflussung der Arbeiter stattfand.

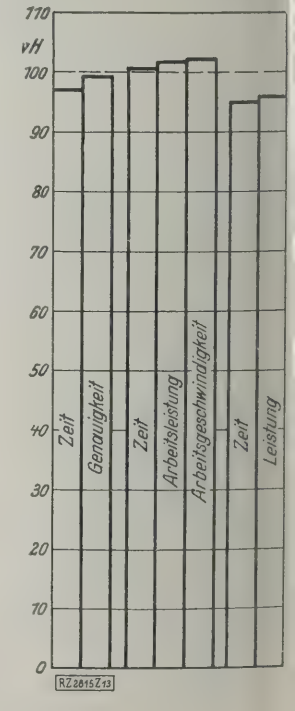



**Abb. 13**
Vergleich der Ergebnisse beim rechts-links mit denen beim links-rechts laufenden Band.

Ergebnisse beim Links-rechts-Lauf = 100 vH gesetzt.

Die beiden linken Werte gelten für die Genauigkeitsarbeit, die drei mittleren für Schwerarbeit, die beiden rechten für Prüfarbeit.

### Ergebnisse der Besprechungen mit den Arbeitern

Eine genaue Wiedergabe der Besprechungen dürfte wohl nur für den Fachpsychologen bemerkenswert sein. Hier möchte ich mich nur auf die Wiedergabe des Ergebnisses beschränken. Bei den Untersuchungen über die zweckmäßige Richtung der Zuführung der Werkstücke haben die Arbeiter keinen Unterschied feststellen können. Es war ihnen ganz gleichgültig, von welcher Seite das Werkstück kam. Bei der Bandgeschwindigkeit haben sich die Arbeiter ausnahmslos für den ruckweise fortschreitenden Betrieb ausgesprochen. Bei dem stetig laufenden Betrieb verlangten sie eine mäßige Geschwindigkeit (2 bis 3 cm/s). Die ganz langsame Bewegung, 1 bis 2 cm/s, haben sie allerdings auch abgelehnt, da dadurch die Arbeit angeblich noch langweiliger würde. Die höheren Geschwindigkeiten, schon von 4 cm/s an, wurden abgelehnt, mit der Begründung, daß man hierbei müde werde. Doch konnte man aus der Unterhaltung deutlich merken, daß zum größten Teil eine rein verstandesmäßige Voreingenommenheit gegen die größere Geschwindigkeit herrschte. Die Arbeiter haben mir immer wieder vorgerechnet, wieviel Kilometer sie am Tage dabei zu laufen haben und daß dies als zusätzliche Belastung die Arbeit erschwere. Es war bezeichnend, daß sie die Größe des zurückgelegten Weges möglichst hoch nach oben abgerundet haben.

### Zusammenfassung

Die günstigste Leistung bei schwerer Arbeit am Fließband wird beim ruckweise fortschreitenden Betrieb erreicht. Wo man aber aus irgend welchen Gründen doch das Band ununterbrochen laufen lassen muß, soll man eine Bandgeschwindigkeit zwischen 4 und 7 cm/s wählen. Darüber und darunter liegende Geschwindigkeiten sind möglichst zu vermeiden.

Leichte Arbeit, bei der ein bestimmtes Ziel genau erreicht werden muß, und die mit lebhaften, sich gleichmäßig wiederholenden Körperbewegungen verbunden ist, kommt unter Umständen auf ihren Bestwert bei einer verhältnismäßig hohen Bandgeschwindigkeit von 5 bis 7 cm/s. Sie gelingt aber auch beim ruckweise fortschreitendem Betrieb noch verhältnismäßig sehr gut. Die Bandgeschwindigkeit unter 4 cm/s und über 7 cm/s ist auch hier unvorteilhaft.

Prüfarbeit, also Arbeitsarten, bei denen überwiegend das Auge tätig ist und bei denen nur wenig regelmäßig sich wiederholende Körperbewegungen vorhanden sind, wird man am besten beim ruckweise fortschreitenden Betrieb ausführen lassen. Beim stetig bewegten Band vermindert sich die Leistung im Verhältnis zur Bandgeschwindigkeit. Dies gilt wahrscheinlich auch für ausgesprochene Genauigkeitsarbeit, sofern sie ähnlich beschaffen ist. [B 2815]

## Wissenschaftliche Staubtechnik

Der Verein deutscher Ingenieure hat im vergangenen Jahre zur Beratung dringender Fragen in der Staubtechnik einen besonderen Fachausschuß gebildet. Zu dessen Arbeitsbereich gehört sowohl die wissenschaftliche Forschung für technische Zwecke bei Nutzstaub, z. B. Kohlenstaub, Zement, Gips, Kalk, Mehl, Zucker usw., als auch die Förderung dringender wissenschaftlicher Aufgaben bei der Bekämpfung lästiger und schädlicher Staube. Zu letzteren gehören insbesondere der Staub in gewerblichen Betrieben, der Straßenstaub und der Staub im Haushalt.

Der Fachausschuß für Staubtechnik hielt im Rahmen der diesjährigen Hauptversammlung in Königsberg eine erste größere wissenschaftliche Tagung ab. Die Vortragsfolge sah einen Vortrag über Gewinnung nutzbaren Staubes und einen zweiten Vortrag über gefährlichen Staub vor. Der unerwartet große Besuch der Fachtagung ist ein Beweis dafür, daß ingenieurmäßiges Denken in immer weitere Zweige gewerblicher Tätigkeit eindringt und auch Gebiete der sogenannten reinen Naturwissenschaften erfaßt, in diesem Falle die Physik. Der erste Vortragende, Dr.-Ing. *Meldau*, Charlottenburg, gab einen Beitrag zu den Eigenschaften und der Verwertung von Holzmehl und Holzstaub[1]). Nach Form und Inhalt war der Vortrag außerordentlich fesselnd; die Ausführungen wurden durch ausgelegte Musterstücke gewerblicher Erzeugnisse aus Holzmehl unterstützt. Durch die sachliche Kritik der Möglichkeiten zur Verwertung der Riesenmengen in Deutschland entfallenden Holzmehles hat sich der Vortragende den Dank aller Beteiligten erworben. Die Aussprache zeigte denn auch, welche Beachtung diesem Gebiete geschenkt werden muß. Bemerkenswert und wichtig wird es sein, insbesondere die Frage der Beförderung und der Aufbewahrung großer Mengen Holzmehles zu fördern. Gerade das Lagern und Befördern großer Mengen staubförmiger Stoffe ohne hohen Einzelwert spielt gegenwärtig eine große Rolle, z. B. bei gemahlenem Kalk, Kalkstickstoff u. a.

Den zweiten Vortrag hielt Gewerbemedizinalrat Dr. *Teleky*, Düsseldorf, über die neueren Anschauungen über Staub und Staubschädigungen und deren Verhütung. Der Vortragende gab in übersichtlicher Weise ein anschauliches Bild des Kampfes gegen diesen heimtückischen Feind. Am gefährlichsten ist für den menschlichen Organismus außer giftigen Stauben der feine Quarzstaub. Beim Naßschleifen von Werkzeugen auf Sandstein z. B. ist die Luft in der Nähe des Arbeitsplatzes mit für das Auge nicht mehr sichtbarem Quarzstaub stark verunreinigt. Der größere sichtbare Staub wird vom Körper im allgemeinen selbst in den Atemwegen festgehalten und wieder entfernt. Die ältere Anschauung, daß der Staub dann besonders gefährlich ist, wenn die einzelnen Teilchen splittrige oder kantige Form haben, hat sich als nicht haltbar erwiesen. Der Vortragende betonte besonders die Notwendigkeit der Schaffung tatsächlich wirksamer Atemschutzgeräte und Absaugeinrichtungen; alle bisher auf den Markt gebrachten Atemschützer sind nicht als vollkommen anzusehen. Hier liegt noch eine dankbare Aufgabe für den Ingenieur in Verbindung mit dem Arzt.

Die Vermeidung des Quarzstaubes beim Schleifen auf Sandstein hat außer der gesundheitlichen auch eine große wirtschaftliche Folge. Der Sandstein nutzt sich wesentlich stärker ab, als ein für die gleichen Zwecke geeigneter Kunststein. Die Unterschiede sind der Menge nach ganz erheblich; besonders wichtig ist es, daß beim Kunststein kein Quarzstaub entsteht. Beim Schleifen auf Sandstein enthält der entstehende Staub 80 vH Quarz, beim Schleifen auf Kunststein 80 vH Eisen. Der Vortragende glaubt, daß die Bemühungen, den Sandstein durch Kunststein zu ersetzen, deshalb so gering sind, weil die Erzeuger von Kunststein seit längerer Zeit aus anderen Gründen sehr beschäftigt sind.

An den Vortrag schloß sich eine lebhafte Aussprache. In ihr handelte es sich um die Absaugeinrichtungen. Die Schuld für ungenügende Absauganlagen liegt nicht immer bei den Erzeugern dieser Einrichtungen, sondern oft auch bei den Besitzern der Fabriken. Die Schwierigkeit der Anpassung einer Absaugeinrichtung an den wechselnden Betrieb, die Festlegung größerer Anlagebeträge für verhältnismäßig kleine Leistungen läßt den Vorschlag beachtenswert erscheinen, überhaupt nicht abzusaugen, sondern Druckluft zuzuführen. Der Vortrag Teleky wird voraussichtlich demnächst im Reichsarbeitsblatt veröffentlicht werden. [N 3256] *Adr.*

[1]) Der Vortrag erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

## Stapellauf des größten und schnellsten holländischen Fahrgastschiffes

Am 3. August ist in Amsterdam das Motorschiff „Johan van Oldenbarneveldt“ für die Stoomv. Mij., Nederland, vom Stapel gelaufen. Das Schiff hat 183 m Länge, 22,73 m Breite und 14,42 m Seitenhöhe. Der Rauminhalt beträgt 19 000 B.-R.-T. und die Verdrängung 25 400 t. Dieses Schiff und das Schwesterschiff „Marnix von St. Aldegonde“ werden nach der Fertigstellung die größten und schnellsten holländischen Fahrgastschiffe sein. Durch Verwendung von Dieselmotoren war es bei dem beschränkten Tiefgang im Suezkanal bei diesen Schiffen für den Indiendienst möglich, die Geschwindigkeit um drei Knoten gegenüber derjenigen der bisherigen Fahrgastschiffe zu erhöhen. Zwei zehnzylindrige einfachwirkende Sulzer-Zweitaktmotoren mit insgesamt 14 000 PS Nutzleistung verleihen beiden Schiffen 18 Kn Dienstgeschwindigkeit. Der Zylinderdurchmesser beträgt 760 mm, der Kolbenhub 1340 mm und die Drehzahl 100 U/min. Die Schiffe sind in zehn wasserdichte Abteile eingeteilt und bieten Raum für insgesamt 771 Fahrgäste, und zwar in der 1. Kl. 366, 2. Kl. 281, 3. Kl. 64 und 4. Kl. 60. Die Mannschaft besteht aus 344 Personen. [N 3434]

# Normung im Textilmaschinenbau

*Von KURT HENTSCHEL, Geschäftsführer des Fachnormenausschusses für Textilindustrie und Textilmaschinen, Berlin*

*Obwohl sich im Textilmaschinenbau zahlreiche Möglichkeiten für die Normung finden, sind die Normungsarbeiten auf diesem Gebiet erst 1925 begonnen worden. Dies erklärt sich dadurch, daß vor diesem Zeitpunkt mehrere wichtige Voraussetzungen für den Beginn der Normungsarbeiten nicht erfüllt waren. Erst im Augenblick eines Konjunkturrückganges wurde das Bedürfnis nach Normen für Textilmaschinen auch in der Textilindustrie größer. Die ersten aus der Praxis kommenden Anregungen wurden zum Ausgangspunkt aller nachfolgenden Arbeiten. Richtlinien für die Durchführung der Arbeiten und das bisher im Spinnerei- und Webereimaschinenbau Erreichte werden eingehend besprochen.*

Die Normung im Textilmaschinenbau ist erst im Jahre 1925, also verhältnismäßig spät, begonnen worden und hat sich in der ersten Zeit unter erheblichen Schwierigkeiten durchsetzen müssen. Wenn diese Schwierigkeiten auch heute durchaus noch nicht als überwunden gelten dürfen und wenn auch weite Kreise der Textilindustrie der Normung noch abwartend oder gar ablehnend gegenüberstehen, haben sich doch maßgebende Verbände der Textilindustrie und des Textilmaschinenbaues zur Normung bekannt, so daß man eine gesicherte Fortführung dieser Arbeiten erhoffen darf. Deshalb kann nunmehr eine zusammenfassende Darstellung der Normung im Textilmaschinenbau an dieser Stelle versucht werden.

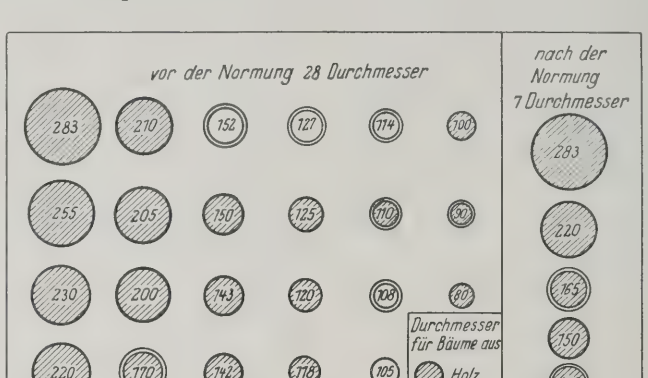



**Abb. 1**
Normung der Kettbaumdurchmesser.

### Vor der Normung

Kommt man als Normeningenieur aus irgendeinem andern Zweige des Maschinenbaues in den Textilmaschinenbau, so ist man überrascht von der Fülle der Aufgaben, die sich der Normung bieten. Nicht allein, daß die Anschlußmaße für den Antrieb der Maschinen zu vereinheitlichen sind, daß eine gesetzmäßige Stufung der Breiten, z. B. von Webstühlen, fehlt, findet man eine große Zahl von Einzelteilen, die sich für eine Massenherstellung eignen, vor allem solche, die starker Abnutzung im Betrieb unterworfen sind und deswegen laufend erneuert werden müssen. Man sollte meinen, daß sich unter solchen Verhältnissen ganz von selbst schon gewisse Normen herausgebildet haben müßten. Das ist jedoch nicht, oder wenigstens nur in bescheidenem Umfange, der Fall gewesen. Man schlage nur irgendeine Firmenschrift auf, die die von einer Firma hergestellten Zubehörteile für Textilmaschinen enthält. Eine Bestellung darnach ist unmöglich, denn auf jeder Seite steht: „Ausführung jeder gewünschten Größe nach Muster oder Zeichnung!“ Es müssen also Verhältnisse vorgelegen haben, die bis vor kurzem eine Normung im Textilmaschinenbau verhindert haben, Verhältnisse, die man kennen muß, ehe man mit der Normung beginnen kann. Dabei genügt die Kenntnis der technischen Grundlagen der Industrie nicht, man muß ihre wirtschaftlichen, geistigen und auch seelischen Grundlagen kennen, sich in sie einfühlen, ehe man mit Aussicht auf Erfolg ans Werk gehen kann.

Textilindustrie und Textilmaschinenbau stehen in steter Wechselwirkung zueinander, vor allem ist die Entwicklung des deutschen Textilmaschinenbaues stets stark durch die Wünsche seiner Abnehmer beeinflußt worden. Daher müssen wir zunächst einige die deutsche Textilindustrie kennzeichnende Züge kennen lernen. Im Rahmen dieses Aufsatzes ist natürlich ein Eingehen auf Feinheiten nicht möglich, nicht einmal eine Berücksichtigung der Unterschiede zwischen Groß-, Mittel- und Kleinbetrieben, und die notwendige Beschränkung bringt es mit sich, daß d nachstehenden Ausführu gen für manchen Einzelfa nicht zutreffen werden, so dern nur für den große Durchschnitt.

Mit dieser Einschrä kung können wir sage daß die Leitung der Texti betriebe in überwiegende Maße kaufmännisch eing stellt ist, das heißt aber i diesem Falle: nicht no mungsfreundlich. Der vie beschäftigte Kaufmann wi sich kaum der Mühe unte ziehen und sich in d Kleinarbeit, wie sie d Normung nun einmal is vertiefen. Er wird dies un so weniger tun in Zeiten d Hochkonjunktur, in denen er durch sein kaufmännische Geschick, durch günstige Rohstoffeinkäufe und vortei hafte Warenverkäufe, leichter und besser verdient al durch betriebstechnische Verbesserungen, die, wie z. I Einführung von Normen, für ihn zunächst nur eine Aufwand von Zeit und Geld bedeuten, ohne daß sich wir schaftliche Erfolge sofort feststellen lassen. Überhaup ist die technische Kleinarbeit, zu der die Normung ge rechnet wird, nicht Sache des kaufmännischen Leiters sondern der Meister.

Der Meister aber ist im allgemeinen nicht normungs freundlicher als der Kaufmann. Gewiß begegnen ihm i seiner Praxis täglich Schwierigkeiten infolge mangelnde Normung. Oft empfindet er sie nicht mehr so stark, wei er sie aus jahrelanger Praxis kennt. Hat er aber ver sucht, dieser Schwierigkeiten aus eigener Kraft und au eigener praktischer Erfahrung Herr zu werden, so is er nicht geneigt, die Ergebnisse seiner Mühe der All gemeinheit preiszugeben oder gar, der Normung oder de Allgemeinheit zuliebe, in Änderungen an seinen Ma schinen einzuwilligen, deren Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung er nicht einsieht, die ihm aber zunächst be stimmt nur Arbeit und Ärger verursachen. Und da die einzelnen Betriebe, zwecks Wahrung von Geschäfts- und Betriebsgeheimnissen, in enger Abgeschlossenheit von einander arbeiten, entsteht so im Laufe der Jahrzehnte eine Unzahl von Ausführungsformen für die gleichen Teile, entstehen Formen, die sich manchmal nur durch Bruchteile von Millimetern voneinander unterscheiden und an denen doch der Besteller mit zäher Beharrlichkeit festhält.

Die Leidtragenden sind zunächst der Textilmaschinenbau und die Industrie der Zubehörteile. Sie müssen jeden Wunsch des Kunden, und sei er noch so abwegig, erfüllen, denn sonst geht der Kunde zum Konkurrenten. Kein Wunder, daß jede Textilmaschinenfabrik erklärt: Wir ersticken unter der Fülle der Ersatzteile, aber wir können nichts machen, wenn der Anstoß zur Normung nicht von der Kundschaft ausgeht. Und außerdem: Der deutsche Textilmaschinenbau mußte in den ersten Jahren seines Bestehens die englischen Maschinen so treu wie möglich nachbauen, wenn er überhaupt ins Geschäft kommen

wollte. Die Kundschaft verlangte anscheinend stets von neuem eine möglichst enge Anpassung an die englischen Vorbilder, wenn auch in Einzelheiten noch so viel Verschiedenheiten vorkommen mögen. Man kann sich also nicht wundern, wenn kein Maschinenfabrikant das Wagnis unternehmen will, hieran etwas zu ändern, Neues zu schaffen, Geld für Normungsarbeiten auszugeben, die ihm zwar eine Erleichterung bringen könnten, aber nur dann, wenn die Kundschaft mitgeht. Ehe das nicht der Fall ist, bleibt alles beim alten, d. h. der deutsche Webstuhlbauer muß in seinem Werk den Bauplan einer ganzen Reihe von ausländischen Fabriken vereinigen, wenn er wettbewerbfähig bleiben will.

### Voraussetzungen für die Normung

Es mußten also zunächst eine Reihe von Voraussetzungen erfüllt werden, ehe Normungsarbeiten im Textilmaschinenbau mit Aussicht auf Erfolg begonnen werden konnten.

1. Die mit kaufmännischen Maßnahmen erzielbaren Gewinne mußten durch einen scharfen Konjunkturrückgang derartig verringert werden, daß der Kaufmann von selbst auf die Notwendigkeit zu wirtschaftlicherer Führung seines Betriebes aufmerksam gemacht wurde und geneigt war, sich mit Normungsfragen zu beschäftigen.
2. Die technische Führung der Textilbetriebe mußte, wenigstens an einigen Stellen, in die Hände von Menschen gelegt werden, die sich der wirtschaftlichen Tragweite ihrer Handlungen bewußt waren und gleichzeitig auch den nötigen Einfluß bei der Oberleitung des Betriebes hatten, um ihre Anschauungen durchzusetzen.
3. Aus dem Kreise der Textilindustrie mußten Anregungen kommen, die dem Maschinenbau zeigten, daß die Kundschaft jetzt selbst zur Normung drängt, und
4. mußte schließlich der Beweis erbracht werden, daß Textilmaschinen auch dann gekauft werden, wenn sie von den bisher eingeführten Modellen abweichen, vorausgesetzt, daß sie besser sind!

Diese Voraussetzungen waren zu Beginn des Jahres 1925 mehr oder weniger erfüllt. Die Stabilisierung der Währung und die mit ihr verbundene Erhöhung der Löhne und Angleichung der Inlandpreise an die Weltmarktpreise brachten einen Konjunkturrückgang für die Textilindustrie, so daß der Ruf nach Rationalisierung der Betriebe immer lauter und dringender wurde. Auch der Kaufmann war nunmehr geneigter als vorher, sich mit dem Normungsgedanken zu befassen oder die Inangriffnahme solcher Arbeiten wenigstens zu dulden.

Zu dieser Zeit war auch schon in einer Reihe namhafter Betriebe die technische Leitung in die Hände jüngerer Herren übergegangen, die ihr Studium nach dem Kriege beendet und in den folgenden Jahren Gelegenheit gefunden hatten, sich in die Praxis der Textilindustrie einzuarbeiten. Aus diesen Kreisen kamen nun die ersten Anregungen, die für allgemeine Normungsarbeiten praktisch verwertbar waren: der Vorschlag, die Durchmesser der Spinnerei-Stahlnadeln zu normen, und die Anregung zur Vereinheitlichung der elektrischen Einzelantriebe für Textilmaschinen. Diese beiden Vorschläge gaben den Anstoß für sämtliche nun folgenden Normungsarbeiten im Spinnerei- und Webereimaschinenbau. Sie zeigten zugleich der Maschinenindustrie, daß es ihren Abnehmern mit der Normung nunmehr ernst wurde. Gerade in dieser Zeit machte sich auch ein schnelleres Vordringen der Schweizer Textilmaschinenfabriken auf dem deutschen Markt bemerkbar, und zwar mit Bauarten, die von den englischen durchaus abwichen, die man aber als hochwertige Erzeugnisse bezeichnen mußte. Die Aufnahme dieser Maschinen durch die deutsche Textilindustrie brachte den Beweis, daß ein Abgehen von den bisherigen Bauarten wohl verantwortet werden konnte, wenn eine Erhöhung der Güte damit Hand in Hand ging.

Für den Normenausschuß blieb unter diesen Verhältnissen als Hauptaufgabe, zu erkennen, daß ein günstiger Zeitpunkt zum Beginn der Normungsarbeiten im Textilmaschinenbau gekommen war. Dann mußten die Beteiligten gesammelt und schließlich die Geldmittel zur Inangriffnahme der Arbeiten bereitgestellt werden. Auch das gelang mit Hilfe des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit. Nun ging die Entwicklung schnell voran. Im Herbst 1925 beschloß der Verband der Spinnerei- und Webereimaschinenfabriken die Aufnahme von Normungsarbeiten, in den nächsten Wochen benannten die Verbände der Spinnereien und Webereien ihre Vertreter für die einzelnen Arbeitsausschüsse, Großhandel und Einzelhandel schlossen sich an, und am 16. April 1926 konnte in Dresden der Fachnormenausschuß für Textilindustrie und Textilmaschinen gegründet werden.

### Richtlinien für die Normung

Für die Durchführung der Arbeiten konnte man sich an die Richtlinien halten, die der deutsche Normenausschuß in den Jahren seiner Arbeit entwickelt hatte: Nur Arbeiten aufgreifen, die von den Beteiligten gewünscht werden, jeden Eingriff in die Konstruktion streng vermeiden, und nur Einzelteile und Anschlußmaße normen.

An und für sich hätte die Normungsarbeit damit beginnen sollen, daß man die bereits vorliegenden allgemeinen technischen Grundnormen wie Gewinde, Schrauben, Passungen, Zeichnungen auf ihre Anwendbarkeit im Textilmaschinenbau untersuchte, eine Auswahl aus ihnen traf und, falls erforderlich, Ergänzungen für die Sonderbedürfnisse des Textilmaschinenbaues vornahm. Frühere Versuche in dieser Richtung hatten jedoch gezeigt, daß damit bei den beteiligten Kreisen keineswegs die nötige Anteilnahme für die Arbeiten zu wecken war. Man mußte mit der Arbeit an Stellen beginnen, wo das Bedürfnis nach Normung besonders kraß zutage trat, also bei den reinen Fachnormen. Die Bearbeitung der technischen Grundnormen wurde erst nach einiger Zeit aufgegriffen, als sich bei der Beratung der Fachnormen ein Bedürfnis hierfür ergab. So wurde z. B. als erstes Normblatt auf diesem Gebiet eine Reihe der „Durchmesser der Wellen und Bolzen für Webstühle" aufgestellt. Zur Zeit werden, um nur die wichtigsten Gebiete zu nennen, für die Bedürfnisse des Textilmaschinenbaues bearbeitet: Gewinde, Schrauben und Muttern, Schraubenschlüssel, Passungen, Keile. Das Bestreben geht dahin, Sondernormen möglichst zu vermeiden, vielmehr durch Auswahl aus den Dinormen dem Konstrukteur im Textilmaschinenbau ihre richtige Anwendung zu erleichtern.

### Spinnereimaschinenbau

Im Spinnereimaschinenbau begannen die Arbeiten, wie bereits erwähnt, mit der Normung der Spinnerei-Stahlnadeln. Zunächst mußten die Durchmesser für die einzelnen Nadelnummern festgelegt werden, und zwar in möglichst enger Anlehnung an die englischen Nadeldurchmesser, jedoch unter Berücksichtigung der in Deutschland genormten Stahldrahtdurchmesser. Um eine Lagerhaltung der Nadeln zu ermöglichen, wurden außerdem die Spitzenlängen im Verhältnis zur Nadellänge sowie die Nadellängen selbst genormt, und zwar zunächst für den Bedarf der Kammgarnspinnereien und der Jutespinnereien.

Außer Nadeln wurden vor allem die Spindeln genormt. Für Selfaktorspindeln, für Kammgarne und für Streichgarne liegen endgültige Normblätter vor, Selfaktorspindeln mit Rollenlager folgen demnächst. Normen für Ringspindeln mit Gleitlager und mit Rollenlager sind seit längerer Zeit in Arbeit; die Einigung war hier sehr schwierig, da stark auseinander gehende Wünsche berücksichtigt werden mußten. Sie ist jedoch vor kurzem gelungen, so daß mit einem Abschluß dieser Arbeiten noch im Laufe dieses Jahres zu rechnen ist. Die weiteren Arbeiten werden sich erstrecken auf Spinn- und Zwirnringe, Spinnkannen, Hülsen und Spulen und weitere Einzelteile, besonders Wechselräder.

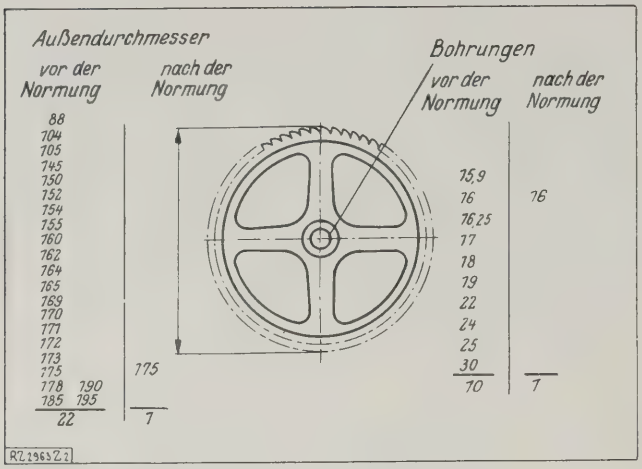



Abb. 2
Normung der Schalträder

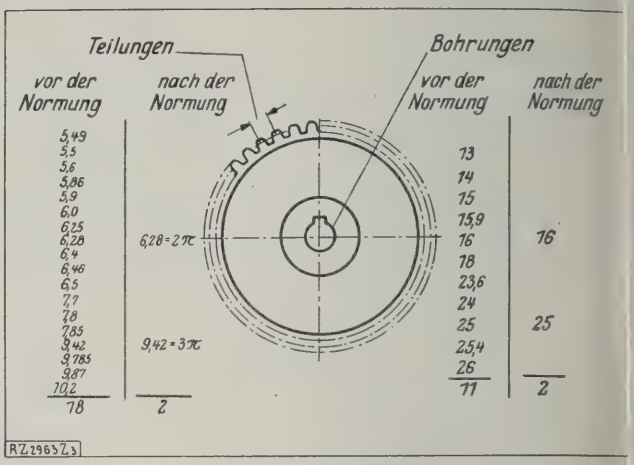



Abb. 3
Normung der Wechselräder

### Webereimaschinenbau

Den größten Umfang haben die Normungsarbeiten im Webereimaschinenbau angenommen[1]). Vereinheitlicht wurden Schußwächtergabeln, Halter und Schußwächtergitter, dann Kettbäume, und zwar die Kettbaumdurchmesser, Abb. 1, und die Durchmesser und Längen der Kettbaumzapfen. Die Normung der Kettbaumlängen kann erst in Angriff genommen werden, wenn die Breiten der Webstühle vereinheitlicht sind. Im Zusammenhang mit der Normung der Kettbäume steht die Normung der Kettscheiben: aus Stahlblech (mit und ohne Bremsring) und aus Temperguß (geteilt und ungeteilt), ferner die Normung der Bremsscheiben und Bremsringe. Die Einführung der genormten Schalträder und Wechselräder, Abb. 2 und 3, die natürlich nur im Lauf einer längeren Übergangzeit erfolgen kann, wird für den Webereibetrieb erhebliche Vereinfachungen bringen. Die Webgeschirre selbst: Geschirrstabquerschnitte, Webelitzen und Jacquardgewichte, wurden unter Mitwirkung des Verbandes Deutscher Stahldraht-Webelitzenfabriken genormt; das Normblatt Webeblätter ist vom Reichsverband Deutscher Webeblattfabriken gezeichnet.

Die sehr schwierige Normung der Webschützen und ihrer Zubehörteile, wie Spitzen und Spindeln, ist unter lebhafter Mitwirkung aller Beteiligten in Angriff genommen und weitergeführt worden; mit der Veröffentlichung von Entwürfen ist noch im Laufe dieses Jahres zu rechnen. Die Picker (auch Treiber oder Webvögel genannt) sind bereits vereinheitlicht, soweit ihre Maße nicht vom Webschützen unmittelbar abhängig sind. Für die Normung der Schlagstöcke werden umfangreiche Versuche in verschiedenen Webereien angestellt, um die günstigsten und für den Verbrauch an Schlagriemen wirtschaftlichsten Formen zu ermitteln. Von erheblicher Bedeutung ist die Vereinheitlichung aller Teile, die zur Schaftbewegung und Musterbildung dienen. Bei den Exzentern für Innen- und Außentritt werden Wellendurchmesser und Teilung genormt. Die Wechselkarten für Revolverstühle sind genormt, ebenso die Karten für Schaufelschaftmaschinen (*Hodgson*), Doppelhubschaftmaschinen (*Hattersley*) und Schemelschaftmaschinen (*Crompton*). Umfangreiche Vorbereitungen erforderte die Normung der Karten für Jacquard- und Verdolmaschinen. Immerhin ist es gelungen, über die Grundlagen dieser Arbeit eine völlige Einigung zu erzielen und Entwürfe, die Aussicht auf baldige Genehmigung haben, zu veröffentlichen.

[1]) Weiteres s. a. „Normung in der Textilindustrie und im Textilmaschinenbau", Aufklärungsschrift des Normenausschusses: Berlin 1929.

Im Bau von Textilveredelungsmaschinen kommen allgemeine Normungsarbeiten erst jetzt in Gang.

### Arbeitsergebnisse

Die Frage nach dem Ergebnis der Normung wird am besten durch Gegenüberstellung der Zahl der Modelle vor und nach der Normung beantwortet. Diese Zahlen sind allerdings meist nur sehr schwer, oft gar nicht zu ermitteln; z. B. dürfte es unmöglich sein, festzustellen, wieviel verschiedene Formen von Spulen für die Bastfaser-Feinspinnerei es vor der Normung gab. Soweit sich Annäherungswerte bisher ermitteln ließen, seien sie nachstehend aufgeführt.

| | vor der Normung etwa | nach der Normung |
|---|---|---|
| Schußwächtergabeln . . . . . | 40 | 3 |
| Schußwächtergitter für Festblattstühle . . . . . | 20 | 1 |
| Kettbaumdurchmesser . . . . . | 28 | 7 |
| Kettbaumscheiben, Größen . . . . | 400 | 37 |
| Picker für leichte Oberschlagstühle (nach der Liste einer Firma) . | 2000 | 55 |

Die Zahl der jetzigen Ausführungen von Webschützen kann nicht einmal schätzungsweise angegeben werden. Als Anhaltspunkt sei erwähnt, daß in einer Webstuhlfabrik 1500 verschiedene Schützen nur als Muster der Stammkundschaft aufgehoben werden, nach denen die Webstühle gebaut werden. Der vor kurzem fertiggestellte Normvorschlag sieht demgegenüber 17 verschiedene Querschnitte für Webschützen vor. Von den Jacquardstichen gibt es allein beim Chemnitzer Grobstich etwa 10 verschiedene Ausführungsarten, die auf eine einzige zurückgeführt werden sollen.

### Einführung der Normen

Für die Einführung der Normen im Textilmaschinenbau muß von vornherein mit einer längeren Übergangzeit gerechnet werden, da die Textilmaschinen eine lange Lebensdauer haben, oder besser gesagt, sehr lange benutzt werden. Einige Normen, z. B. für Webgeschirre und für Picker, könnten trotzdem in vielen Fällen bei Neuanschaffungen oder Ersatzbestellungen sofort eingeführt werden. Unerläßlich ist jedoch eine ständige, zielbewußte Aufklärung aller Beteiligten; denn wenn auch die festgelegten Normen in erster Reihe als Richtlinien für Neubauten zu gelten haben, sollte doch die Verwendung von Normteilen, wo möglich auch in vorhandenen Maschinen erfolgen, da die Vorteile der Normung sich um so stärker auswirken können, je größer der Anteil der Normteile am Gesamtverbrauch ist.

[B 2963]

# Die Hochschultagung Dresden

*Von E. HEIDEBROEK, Darmstadt*[1])

*Die Hochschultagung Dresden am 29. November 1928, deren Verhandlungen jetzt als Band X der Abhandlungen und Berichte über technisches Schulwesen erschienen sind, hatte einen regen Austausch der Erfahrungen und Wünsche zwischen Hochschullehrern und Vertretern der Behörden, der Industrie und der Verbände gebracht. Unter Hinweis auf das Erscheinen des Berichtes werden die hauptsächlichsten, für die weitere Entwicklung der technischen Ausbildung maßgebenden Gesichtspunkte der Verhandlungen erörtert.*

Die am 29. November 1928 unter zahlreicher Beteiligung ıitens der Hochschulen, der Industrie und der Unterrichts-rwaltungen in Dresden abgehaltene Tagung zur Erörte-ng von Fragen des technischen Unterrichts war aus dem ›dürfnis entstanden, den jetzigen Zustand des Unterrichts-esens an den Technischen Hochschulen einer Nachprüfung ı Hinblick auf die veränderten Zeitverhältnisse zu unter-›hen. Durch den außerordentlich starken Andrang, den le Hochschulen in der Nachkriegszeit, namentlich in den in technischen Fächern, zu verzeichnen hatten, sowie an-rseits durch das außerordentlich starke Anwachsen des chnischen Unterrichtstoffes haben sich auf vielen Gebieten ıstände entwickelt, die den Erfolg des Unterrichts in seinen tzten Zielen gefährdet erscheinen lassen mußten. Zahl-iche Klagen aus der Industrie und entsprechende Erfah-ngen der Hochschullehrer ließen erkennen, daß insbe-ndre durch das Hinzutreten immer neuer Unterrichtsfächer ıd durch eine weitgehende Spezialisierung der einzelnen ıchgebiete der von den Hochschulen zu vermittelnde Lehr-off allmählich so in die Breite gewachsen war, daß eine ründliche, allgemeine Durcharbeitung in den vorgesehenen ier Studienjahren nicht mehr möglich war.

Diese Ausdehnung auf viele Sondergebiete war, wenig-ens für die wissenschaftliche Forschung, zweifellos ıs den gesteigerten Bedürfnissen der Technik heraus not-endig. Für den Gesamterfolg des Unterrichts bedeutete sie sofern eine Gefahr, als der einzelne Studierende der Fülle ›s Stoffes nicht mehr gewachsen war und sich dadurch icht in vielerlei Einzelheiten verlieren konnte, während er-hrungsgemäß eine gründliche Beherrschung der mathe-atisch-naturwissenschaftlichen Grundlagen nur noch von enigen erreicht wurde. Äußerlich zeigte sich dieser Zu-and in dem außerordentlichen Anschwellen der Stunden-ıhlen des Unterrichts in den einzelnen Lehrfächern und in nem immer mehr sich verwirrenden Aufbau der Prüf-›rschriften. Besonders eindringlich war die Wirkung der it der gesamten Betriebstechnik und den verwandten wirt-haftswissenschaftlichen Gebieten zusammenhängenden ächer, die mit Recht in dem Gesamtaufbau des Studiums ne immer stärkere Berücksichtigung erforderten. Dem and auf der andren Seite die außerordentlich lebhafte Ent-icklung der naturwissenschaftlichen Lehrfächer gegenüber, nter denen insbesondere die Physik, die Mechanik und die ıemischen Grenzgebiete erwähnt werden müssen. Man kann it Recht verlangen, daß die von den Hochschulen abgehen-en jungen Ingenieure die Grundlagen dieser Wissenschaften › beherrschen, wie sie der derzeitige Stand dieser Wissen-haften darbietet, und gegenüber der inzwischen ebenfalls weiterten Ausbildung an den technischen Mittelschulen ıß die Bedeutung des akademischen Studiums überhaupt erade in dieser Richtung gesucht werden. Alle diese Auf-aben in einem einheitlichen Ausbildungsplan zu vereinigen, ›wies sich immer mehr als unmöglich; die Leistungen, ge-essen an dem Studienerfolg, gingen zeitweise erheblich ırück, und man konnte auf einzelnen Gebieten förmlich ›n einer Krisis des technischen Studiums sprechen.

Aus dieser Lage heraus entstanden in den Nachkriegs-ıhren eine ganze Reihe von Reformvorschlägen, die seiner-›it in den technischen Zeitschriften eifrig erörtert worden nd[2]). Um alle diese Dinge einmal in aller Gründlichkeit ı behandeln, wurden zu der Hochschultagung nicht nur die ochschulen selbst eingeladen, sondern vor allen Dingen ngesehene Vertreter der Industrie und der technischen Praxis, aus deren Munde man bereits des öfteren scharfe Kritiken über den jetzigen Unterrichtserfolg der Hochschulen vernommen hatte. Die Tagung war infolgedessen so aufgebaut, daß zunächst in sechs einleitenden Berichten[3]) die wichtigsten Fragen der Unterrichtsorganisation erörtert wurden, wobei auch ein Vergleich mit den Entwicklungsformen an ausländischen Hochschulen herangezogen werden mußte. Im Anschluß an diese Berichte fand eine sehr ausgedehnte Aussprache statt, an der sich Vertreter aller Fachrichtungen aus der Praxis und Theorie sowie die Unterrichtsverwaltungen der Länder lebhaft beteiligten. Der gesamte, umfangreiche Tagungsbericht erscheint nunmehr als Band X der Abhandlungen und Berichte über technisches Schulwesen, veranlaßt und herausgegeben von dem Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine und dem Verein deutscher Ingenieure in Verbindung mit dem Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen[4]). Diese Veröffentlichung soll allen Kreisen, die mit dem technischen Unterrichtswesen zu tun haben, die Möglichkeit bieten, die aufgeworfenen Fragen zu studieren und dazu Stellung zu nehmen; im Anschluß wird die weitere Aufgabe darin zu suchen sein, daß nunmehr die für den Unterricht verantwortlichen Kreise, insbesondere die Hochschulen und Unterrichtsverwaltungen, wirksame Maßnahmen ergreifen, um den bei der Tagung hervorgetretenen, ziemlich einheitlichen Grundanschauungen für eine wirksame Verbesserung des Unterrichtserfolges gerecht zu werden. Es besteht natürlich, wie immer bei solchen Veranstaltungen, die Gefahr, daß zwar sehr viele und nützliche Gedanken ausgesprochen werden, daß darüber vielerlei geschrieben und geredet wird, daß aber dann, nach kurzer Aufwallung, die Angelegenheit im Sande verläuft und nichts Grundlegendes mehr geschieht.

Es ist klar, daß es sich bei den hier zu erörternden Grundfragen nicht um eine völlige Umwälzung des gesamten Hochschulwesens handeln kann. Auch die in Preußen nunmehr mit großer Wahrscheinlichkeit erfolgende Angliederung einiger technischer Fakultäten an eine Universität wird im allgemeinen im Gesamtaufbau des bisherigen Unterrichtsystems nichts Wesentliches ändern können, sondern sich an die Erfahrungen aus der Entwicklung der Technischen Hochschulen anlehnen müssen. Diese selbst aber haben die verantwortungsvolle Pflicht, unbehindert durch liebgewordene Gewohnheiten und zum Teil erstarrte Methoden des Unterrichts, von neuem die Nachprüfung der Ausbildungsform und die Sichtung des gesamten Unterrichtstoffes im Hinblick auf ihren pädagogischen Endzweck in Angriff zu nehmen. Es können hier natürlich in dieser kurzen Besprechung nur einige der wesentlichsten Ergebnisse der Tagung hervorgehoben werden, über die in allen Lagern eine übereinstimmende und geschlossene Meinung festzustellen war.

## Ergebnisse

### Zusammenfassung der hauptsächlichsten Wünsche und Forderungen

Als wesentlichste Forderung für die Ausgestaltung des Unterrichts ist die ungeheuer schwierige Aufgabe anzusprechen, wie es gelingen kann, aus der großen Fülle des vorliegenden Stoffes und der vielen Sonderrichtungen der Fachgebiete das eigentlich lehrhaft bedeutsame und grundlegende Wissen herauszuschälen. Gewiß können die Richtlinien der geistigen Arbeit des Ingenieurs an fast allen Beispielen herausgearbeitet werden, aber nicht alle sind von gleichem pädagogischem Wert. Die Eignung eines Hochschullehrers ist heute nicht nur darin zu erblicken, daß er auf gewissen Sondergebieten eine bis ins kleinste gehende Kenntnis der Einzelheiten besitzt, sondern daß er es versteht, diesen Stoff so zusammenzuschmelzen, daß daraus grundlegende und allgemein wichtige Erkenntnisse gewonnen werden können. Jede derartige Inangriffnahme des Stoffes kann in der Technik immer nur wieder zurückführen auf die großen grundlegenden Aufgaben der Naturwissenschaften und der zu ihrer Beherrschung not-

[1]) Dieser Aufsatz erscheint anläßlich der Herausgabe des Berichtes ›er die Hochschultagung Dresden 1928 als Band X der Abhandlungen ıd Berichte über Technisches Schulwesen. In Verbindung mit dem eutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine und dem erein deutscher Ingenieure veranlaßt und herausgegeben vom Deut-›hen Ausschuß für technisches Schulwesen. Verlag des Deutschen usschusses für Technisches Schulwesen. Berlin W 35, Potsdamer r. 119b. Preis geh. 1,60 RM, geb. 2,60 RM.

[2]) Vergl. z. Bd. 63 (1919) S. 302 u. f., 710, 1089, 1189, 1319, 1320, Bd. 64 ›20) S. 123, 146, 154, 701, 757, Bd. 65 (1921) S. 137, 327, 758, 828, 1179, Bd. 66 ›22) S. 685, Bd. 67 (1923) S. 716 u. Bd. 68 (1924) S. 313.

[3]) *Nägel*, Lehraufgaben der Technischen Hochschule,
*Matschoß*, Entwicklungsrichtungen an ausländischen Hochschulen,
*Probst*, Die Notwendigkeit der planmäßigen Behandlung der Grenzgebiete an den technischen Hochschulen.
*Zenneck*, Das Prüfungswesen an den Technischen Hochschulen,
*Heidebroek*, Das Konstruieren als systematisches Lehrgebiet,
*Neumann*, Forschung und Lehre, Hochschule und Forschungsinstitut.

[4]) Vergl. Anm. [1]).

wendigen mathematischen Hilfsgebiete. Die allgemeine Anschauung der Tagung ging deshalb dahin, die Wichtigkeit einer grundlegenden allgemeinen Ausbildung in den angewandten naturwissenschaftlich-technischen Fächern besonders zu betonen, dagegen das Spezialistentum nach Möglichkeit einzuschränken. Hiermit wird selbstverständlich nicht verkannt, daß alle die zahlreichen Sondergebiete einer Weiterbearbeitung in der Forschung und Entwicklung an den Hochschulen nach wie vor bedürfen. Daraus folgt aber nicht, daß jedes Gebiet jedem zugänglich gemacht werden müsse, sondern daß es nur dann einen allgemeinen pädagogischen Wert hat, wenn die Persönlichkeit des Lehrers für die Durcharbeitung nach obigen Gesichtspunkten Gewähr bietet. Beschreibende Vorlesungen jeder Art sind unzweckmäßig, da sie nicht zum selbständigen Denken und Mitarbeiten erziehen.

Nach der Seite des Studierenden hin gesehen muß sich diese Erkenntnis in einer wesentlichen Beschränkung der pflichtmäßig anzusetzenden Stunden für Vorlesungen und Pflichtübungen auswirken. Eine Höchststundenzahl von etwa 30 in der Woche muß als diejenige obere Grenze angesehen werden, bei der noch die Möglichkeit des eigenen Studiums und des richtigen Verarbeitens des aufgenommenen Stoffes möglich erscheint. Stundenpläne, wie sie an manchen Hochschulen vorgelegt werden, mit Stundenzahlen, die bis an 50 in der Woche heranreichen, sind ein pädagogischer Unfug und zwingen den Studenten zur Oberflächlichkeit oder zu einer unerträglichen Verlängerung des Studiums. Daß in diesem Punkt innerhalb der einzelnen Lehrkörper große Widerstände zu erwarten sind, ist klar. Man wird aber nicht darum herumkommen, hier ohne Rücksicht auf Gewohnheitsrechte wirksame Schritte zu unternehmen, und es sollte zum mindesten verlangt werden, daß die leidige Honorarfrage in der Ausgestaltung der Unterrichtspläne überhaupt keine Rolle mehr spielt.

Ein solcher, auf das Wesentliche zusammengefaßter Unterricht muß natürlich auf einer entsprechenden Vorbildung der Studierenden von den höheren Schulen her aufbauen können. Die Buntscheckigkeit des Schulwesens, die in manchen Einzelländern zu ungunsten einer einheitlichen und geschlossenen Volkserziehung heute vorliegt, hat zu den lebhaftesten Klagen an den Hochschulen Veranlassung gegeben. Vor allen Dingen empfindet die Hochschule nach wie vor, daß der Unterricht in den Naturwissenschaften und der Mathematik an den höheren Schulen nicht in dem Geist behandelt wird, der zur richtigen Erkenntnis der Problematik der gesamten Technik notwendig ist. Zu diesem Zweck betonen die Hochschulen nachdrücklich ihren oft geäußerten Wunsch, der erst in einzelnen Ländern erfüllt worden ist, daß die Ausbildung der Studienräte in diesen Disziplinen an die Technischen Hochschulen verlegt wird, damit die angehenden Lehrer von vornherein mit dem Geiste technischer Erziehung vertraut werden und die große pädagogische Bedeutung der angewandten Mathematik und Naturwissenschaften kennenlernen. Aus den Kreisen dieser so ausgebildeten Lehrkräfte für die höheren Schulen wird dann auch der geeignete Nachwuchs für die Lehrstühle der Mathematik und der Naturwissenschaften an den Hochschulen heranwachsen.

Wie dem übergroßen Andrang zum Studium aus allen Kreisen der Bevölkerung abgeholfen werden kann, ist ebenfalls Gegenstand einer ernsthaften Erörterung gewesen. Zwangmaßnahmen bei der Auswahl und Beschränkung der Studierenden an Technischen Hochschulen, wie sie bereits in einzelnen Ländern vorliegen, werden sich bei uns zur Zeit kaum durchführen lassen. Die Hochschulen müssen also von sich aus bemüht bleiben, eine geeignete Auslese dadurch herbeizuführen, daß sie in den Diplom-Vorprüfungen besonders scharfe Anforderungen stellen. In das eigentliche Fachstudium sollten aus der grundlegenden Ausbildung nur die wirklich geeigneten Bewerber übernommen werden, und es ist jedenfalls richtiger, einen jungen Menschen nach den ersten Semestern zu einer Änderung seiner Berufswahl zu zwingen, als daß er am Schluß eines langwierigen Studiums doch nur den dürftigsten Anforderungen der Praxis gerecht wird und dadurch sofort von selbst wieder absinkt.

Durch eine solche Betonung der Wichtigkeit der Vorprüfung wird auch den Studierenden deutlich zum Bewußtsein gebracht, daß ein erfolgreicher Besuch der eigentlichen Fachvorlesungen und Übungen nur möglich ist, wenn die grundlegenden Fächer wirklich beherrscht werden. Versäumnisse hierin können oft im ganzen späteren Leben nicht wieder eingebracht werden und bedeuten dann einen bleibenden Verlust. Deshalb müssen auch die von außen kommenden Einwirkungen auf die jungen Studierenden (Sport, Korporationswesen u. dergl.) mit diesen Anforderungen in Einklang gebracht werden. Den Korporationen fällt hier insbesondere eine sehr ernsthafte Verantwortung zu, deren Würdigung geradezu für die Berechtigung ihres Daseins in Zukunft entscheidend sein wird. Die sehr lebhaften Klagen über die mangelnde Beherrschung der vor aufgehenden Fächer beim Eintritt in das Oberstudium ha gezeigt, daß auch in diesem Punkt die Zusammenarbeit de Lehrstühle und der Gesamtaufbau des Studienganges ver besserungsbedürftig sind. Auch hier sollten die Hochschule zur Selbsthilfe greifen und sich nicht zu sehr auf formal Bestimmungen und Vorschriften verlassen. Die Zusammen arbeit innerhalb des Lehrkörpers ist eine wichtige Frag und darf nicht durch persönliche Voreingenommenheit ge stört werden.

Auch mit all diesen Maßnahmen wird, namentlich a den größeren Hochschulen und in den grundlegende Fächern der Andrang nach wie vor sehr groß bleiben. E übersteigt heute an vielen Stellen die physische Leistungs fähigkeit des gewissenhaften Lehrers bereits über alle Gren zen, und die Unterrichtsverwaltungen haben die moralisch Pflicht, durch genügende Bereitstellung von Hilfs kräften, insbesondere Assistenten, diese Ar beit zu erleichtern; nicht in dem Sinne, daß sich der Professo nun selbst nicht mehr um den Einzelunterricht zu kümmern habe, sondern im Gegenteil, um ihm durch die Entlastung von Kleinarbeit gerade die Möglichkeit zu geben, die pe sönliche Fühlung mit den arbeitswilligen Studierenden wi der herbeizuführen. Diese gegenseitige persön liche Berührung ist noch immer das wertvollste Er lebnis für Lehrer und Studierende an unseren Hochschule gewesen.

Trotz aller Bemühungen, die Freizügigkeit an de deutschen und deutsch-österreichischen Hochschulen au rechtzuerhalten, bestehen doch noch große Hemmungen i den Prüfungsplänen und formalen Vorschriften. Die gut Absicht, die Freizügigkeit zu fördern, ist bei allen Beteilig ten vorhanden, aber gerade dadurch, daß man versucht ha dem ungeheuren Stoffandrang durch mehr und mehr ve wickelte Prüfungspläne und Prüfungsformen gerecht zu we den, sind in Wirklichkeit für den Studierenden sehr grof Schwierigkeiten entstanden, die Hochschulen zu wechseln Praktisch ist dies eigentlich nur nach der Vorprüfung ohn Verlust von Semestern möglich. Hierdurch wird aber auc die sehr wünschenswerte Rationalisierung in den Unte richtsfächern im gesamten Reich erschwert. Es ist nicht notwendig, daß alle Sondergebiete, die gerade „moderr sind, immer sofort an allen Hochschulen aufgenommen we den, vielmehr sollte hier die Persönlichkeit des Lehrers au schlaggebend sein. Dem Studierenden muß dann aber auc wirklich die Möglichkeit offen gehalten werden, einem b stimmten Lehrer und einem bestimmten Fach zuliebe d Hochschule zu wählen. Darin kommt bei uns ja gerade d Bedeutung auch der kleineren, im Lande verstreuten Hoc schulen zum Ausdruck.

Daß unter all diesen Gesichtspunkten die Frage der g eigneten Auswahl der Lehrerpersönlichkei ten für die Zukunft der Hochschulen von der allergrößte Bedeutung ist, darüber herrschte innerhalb der Hochschu tagung nur eine Meinung. Die Verantwortung der mit d Berufung neuer Lehrkräfte betrauten Organe kann dah gar nicht hoch genug eingeschätzt werden.

Die Öffentlichkeit und alle an der Weiterentwicklun unseres technischen Unterrichtswesens interessierten Krei werden aus der Veröffentlichung des reichen Verhandlung stoffes der Dresdener Hochschultagung den Eindruck g winnen, daß die Hochschulen selbst und die regsamen Kräf unter ihren Lehrkörpern mit dem größten Ernst, mit G wissenhaftigkeit und Freimut die hier angedeuteten grun legenden Fragen in Angriff genommen haben. Es wäre e freulich, wenn sich aus der Wirkung der Überlegungen un Äußerungen auch in der Industrie und den öffentliche Körperschaften, die das Arbeitsfeld unserer jungen Ing nieure bilden, eine so deutliche und nachhaltige Welle d Zustimmung entwickeln würde, daß der einmal aufgetreten Impuls zur Vorwärtsentwicklung hierdurch eine lebhaf und unwiderstehliche Unterstützung findet und in absehbarer Zeit ein wirklicher Fortschritt in der Entwicklun unseres Unterrichtswesens nach den dargelegten Gesicht punkten erreicht wird. Gewiß sind noch viele Nebenfrage zu erörtern, und es wird das auch mit der bei uns i Deutschland üblichen Gründlichkeit und Ausdauer noch g schehen. Die Hochschulen sind nun aber einmal mit de stürmischen Tempo des technischen Fortschritts auf Gede und Verderb verbunden, und auch die besten Gedanken ve lieren ihre Bedeutung, wenn man nicht auf ihre Zeitgebu denheit Rücksicht nimmt. [N 3441]

# ie Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager

## r Einfluß auf die Biegungsbeanspruchung der Pleuelstangen [1]

*Dr.-Ing. K. SEYDERHELM, Hannover*

*Im Anschluß an die Beobachtung von großen Drehzahlverminderungen und darauffolgendem Anstieg der Drehzahlen beim Heißlaufen von Flugmotoren-Pleuellagern werden Versuche, die an einer größeren Zahl heißlaufender Weißmetallager vorgenommen worden sind, beschrieben. Die Größe der auftretenden Klemm- und Reibungsmomente sind in ihrer Abhängigkeit von Belastung, Drehzahl und Lagerbreite untersucht. Sie ergeben ein gewisses Zusatzbiegungsmoment für die Pleuelstange, das man für genauere Berechnung nicht außer acht lassen darf.*

ie Reibungskräfte im Pleuellager erzeugen ein Drehmoment, das in der Pleuelstange ein Biegungsmoment vorruft. In der Regel ist es unwesentlich, wächst aber, n das Lager heißläuft, unter Umständen zu einer recht eblichen Zusatzbeanspruchung an. Hierauf deutet auch Verhalten von Flugmotoren auf dem Prüfstande beim ißlaufen eines Pleuellagers. Die Drehzahl sinkt dann ächst in kurzer Zeit erheblich und steigt kurz darauf der an. Das Ausmaß der plötzlichen Drehzahlermäßiig läßt vermuten, daß neben der reinen Belastungsbung auch Klemmwirkungen infolge der Erwärmung Welle auftreten.

Solchen Beanspruchungen muß die Pleuelstange gechsen sein, da man mit einem Heißlaufen immerhin hnen muß. Hält sie stand, so läßt sich der Schaden rechtzeitiger Feststellung ohne große Kosten ausern. Geht die Stange zu Bruch, wird in den meisten llen der größte Teil der Maschine zerstört. Es ist daher einer gewissen Bedeutung, Anhaltspunkte für die mögne Größenordnung dieser Reibungs- und Klemmomente finden und ihre Abhängigkeit von den in Frage komnden veränderlichen Begleitumständen durch Versuche tzustellen.

Daneben ergeben sich dann auch die bei der Abnutzung tretenden und für die Berechnung wichtigen Reibungslen für den Fall der vorhandenen zylindrischen Flänkrümmung auch bei halben Schalen.

### Reibung beim Heißlaufen

Gegenüber den bisher beschriebenen Reibungsarten[2]) mt die beim Heißlaufen auftretende Reibung eine ganz ondere Stellung ein. Vergegenwärtigen wir uns zuhst die Vorgänge, die sich in einem heißlaufenden Lager pielen. Bei fehlendem Öl wird infolge der erhöhten bung dem ganzen System an der Berührungsfläche von lle und Weißmetall rasch eine bedeutende Wärmenge zugeführt, die sich zunächst der Welle und der Weißmetall ausgefütterten Rotgußschale mitteilt. Von zterer wird sie dann auf den Lagerkörper übertragen. Betrachtet man die in irgendeinem Zeitpunkt herrschenn Temperaturverhältnisse, so zeigt sich, daß von der llenoberfläche aus radial nach außen und nach innen Temperatur rasch abfällt. Entsprechend der höheren mperatur werden sich die inneren Lagerringschichten hr ausgedehnt haben als die äußeren. Außerdem wird Wärmeabfall im Eisen der Welle kleiner sein als im äußeren Lagerkörper; denn bei ersterer werden zu erwärmenden Volumina nach innen immer kleiner, hrend sie beim Lagerkörper nach außen immer größer rden.

Die der Wellenoberfläche nahe liegenden Schichten n Welle und Lager werden sich infolge ihrer höheren mperatur mehr ausdehnen als die äußeren Teile des gerkörpers, der ständig mit der kühlenden Luft in Berung steht. Die Folge davon ist, daß der Zwischenm zwischen Lager und Welle, der anfangs vorhanden r, vermindert und daß schließlich die Bohrung zu klein d und ein „Klemmen" eintritt.

### Klemmreibung

Auf die Größe der Klemmreibung hat das Lagertall entscheidenden Einfluß. Rotguß bewirkt in diesem Falle bekanntlich ein plötzliches Festbrennen. Weniger große Kräfte treten bei Weißmetall auf, bei dem in diesem Falle die obersten Metallschichten allmählich abschmelzen.

Das Klemmen ruft in beiden Fällen eine bedeutend vermehrte Reibungsarbeit und damit Erwärmung der Lauffläche hervor. Da diese Wärmemenge schnell in der oben beschriebenen Weise fortgeleitet wird, kann die Temperatur an der Wellenoberfläche nicht hoch genug steigen, um die schwer schmelzbare Bronze, wenn auch nur in ganz dünner Schicht, bis über ihren Schmelzpunkt, der etwa bei 900° liegt, zu erhitzen.

Anders bei dem leichter schmelzbaren Weißmetall. Hier wird die Schmelztemperatur, die etwa bei 200° bis 300° liegt, in einer sehr dünnen Schicht der Laufoberfläche in den meisten Fällen erreicht, bevor die Welle bis zum Stillstand abgebremst ist. Infolgedessen beginnt dann ein allmähliches Abschmelzen und Abreiben des Metalls an der Oberfläche. Sobald dieser Vorgang eingeleitet ist, sinken die Reibungskräfte wieder bedeutend, da einerseits das Klemmen aufhört und anderseits das abschmelzende Metall in gewissem Grade eine Schmierung bewirkt. Diesen Zustand könnte man gewissermaßen als „autogene", d. h. selbst erzeugte, Schmierung bezeichnen.

### Flüssigkeitsschmierung infolge des abschmelzenden Metalls

Würde sich der Vorgang des Abschmelzens auf der ganzen Oberfläche in gleicher Weise und mit genügender Schnelligkeit gleichmäßig vollziehen, so wäre vollkommene Flüssigkeitsschmierung vorhanden. Die einzige Ursache der Verflüssigung ist die Reibungsarbeit selbst. Es wird sich sehr bald eine Übergangsform zwischen der trockenen und der Flüssigkeitsreibung einstellen, wobei sich die oberste Weißmetallschicht teilweise in flüssigem Zustande befindet.

Wie aus diesen Erörterungen hervorgeht, kann es sich bei den angestellten Versuchen nicht etwa darum handeln, zwischen den beiden Metallen Reibungswerte im üblichen Sinne des Wortes zu finden. Bei letzteren müssen als erste Grundbedingung für einwandfreie Werte möglichst ebene, nicht angegriffene Oberflächen vorhanden sein. Hier dagegen wird der Zustand der Abnutzung zugrunde gelegt. Es wirken ähnlich wie bei den meisten früheren Reibungsversuchen eine ganze Reihe von Vorgängen nebeneinander, die verschiedenen Gesetzen folgen. Es sei hier außer den bereits mitgeteilten noch die unbekannte Druckverteilung in Richtung und quer zur Achse der Welle erwähnt. Der Zweck dieser Arbeit ist nicht, diese Gesetze im einzelnen klarzustellen, sondern es soll vielmehr die Gesamtwirkung dieser verschiedenen, zusammenwirkenden Vorgänge in ihrer absoluten Größenordnung und in ihrer Abhängigkeit von verschiedenen veränderlichen Größen festgestellt werden. Über das Gebiet der Reibung besteht ein außerordentlich umfangreiches weit zurückreichendes Schrifttum. Die Reibung ist eine der ersten Fragen, die schon seit Anfang des 19. Jahrhunderts zahlreiche Forscher in der vielseitigsten Weise durch Versuche zu ergründen suchten[3]).

### Versuchseinrichtung

Alle bekannten Versuchsergebnisse lassen keine bestimmten Rückschlüsse auf die Größe der beim Heißlaufen auftretenden Reibungskräfte ziehen. Als Belastung

[1]) Auszug aus der gleichnamigen Dissertation des Verfassers Hannover 1920.

[2]) Vergl. a. *E. Falz*, Grundzüge der Schmiertechnik, Berlin 1926; Z. bd. 71 (1927) S. 889.

[3]) s. die Dissertation des Verfassers.

wurden für die Versuche Kräfte zugrundegelegt, die den mittleren Pleuellagerbeanspruchungen eines V-förmigen, zwölfzylindrigen Flugmotors der Fa. Körting entsprechen. Bezüglich ihrer genauen graphischen und praktischen Ermittlungen durch Indizierung sowie des Ausgleichs der Indikatormassenwirkung mit Hilfe der *Fliegnerschen* Bewegungsgleichung sei ebenfalls auf meine ausführliche Arbeit verwiesen.

Es ergab sich, daß die Druckschwankungen des von zwei um 120° versetzten Zylindern beanspruchten Pleuellagers recht gering sind. Bemerkenswert war das Ergebnis, daß bei der vorliegenden V-förmigen Anordnung der Zylinder der eigentliche Zünddruck als Lagerbelastung nicht wesentlich in Erscheinung tritt, sondern lediglich durch den Druckwechsel im Gegensatz zu den Fliehkräften eine kurze Entlastung des Lagers hervorruft. Im übrigen ist die Belastung annähernd gleichbleibend und konnte somit bei den Versuchen unbedenklich als gleich angenommen werden.

Die meisten der zahlreichen früheren Reibungswaagen dienten in der Hauptsache zur Feststellung der Reibung des geschmierten Zapfens. Hierbei handelt es sich nur um verhältnismäßig sehr kleine Werte, die man mit großer Genauigkeit ermitteln mußte. Sie entsprachen der Reibung, die sich bei Dauerzuständen mit annähernd gleichbleibender Temperatur ergab. Der Beobachter hatte also reichlich Zeit, die einzelnen Ergebnisse abzulesen.

Ganz anders liegen die Verhältnisse bei den vorliegenden Messungen. Im Gegensatz zu den geringen Werten der früheren Versuche, die bei *Stribeck*[4]) bis unter 0,002 heruntergehen, ergeben sich bei trockener Lagerreibung und Klemmung bei geringen Belastungen Werte von $\mu$, die bis auf 3,24 und höher anwachsen.

Infolge der starken Erwärmung kann man keine Dauerzustände erhalten. Man muß vielmehr den ganzen Vorgang des Kräftespieles beim Heißlaufen des Lagers

[4]) Vergl. Z. Bd. 45 (1901) S. 28.

Abb. 1
Versuchseinrichtung mit Lager- und Belastungshebel.

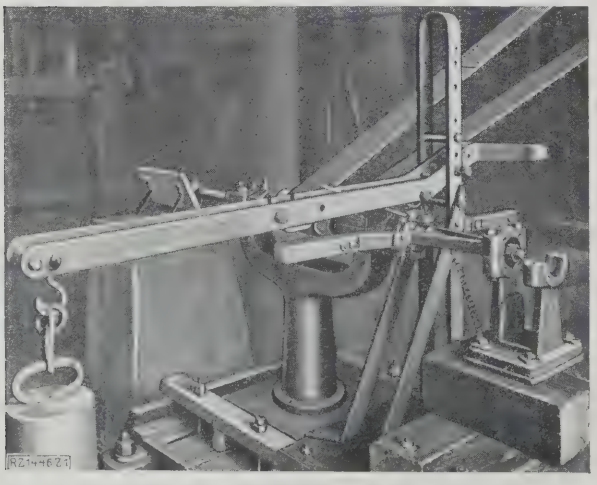


Abb. 2
Lagerhebel, ausgeglichen im indifferenten Gleichgewicht.

ermitteln, der sich verhältnismäßig rasch abspielt u den man deshalb nicht einwandfrei durch Ablesen d Reibungswerte feststellen kann. Deshalb wurde hier ei selbsttätige Schreibvorrichtung verwendet, die in Ve bindung mit einem Dynamometer die Größe der Kraft jedem Augenblick selbsttätig aufzeichnete. Da die Fläch sich bei jedem Versuche abnutzen, konnte man mit jed der zahlreichen die Welle ganz umschließenden und sor fältig touchierten Lagerschalen nur einen einzigen Ve such ausführen.

Die Gesamtversuchsanordnung kann man aus Abb. bis 3 ersehen. Die Versuchswelle war auf einem krä tigen doppelarmigen Bock gelagert und wurde mitte Riemens von einem 20 PS-Motor angetrieben. Der zwe teilige Lagerkörper war als symmetrischer Doppelheb ausgebildet, der von den Versuchen mittels einer sekto förmig ausgeschnittenen Scheibe auf einer Schneide sor fältig so ausgeglichen wurde, daß er sich im indifferent Gleichgewicht befand. Die Kraft wurde durch ein am Heb befestigtes Kugellager auf die äußere Drehfläche des Lage körpers übertragen. Wenn das Lager unter dem Einfluß d Reibungskräfte um einen kleinen Winkel gedreht wurd rollte der äußere Ring des reichlich bemessenen Kug lagers auf der Drehfläche des Lagers ab.

An dem einen freien Hebel des Lagerkörpers war einer Bohrung eine Pfanne eingefeilt, in der ei Schneide ruhte. Mit dieser war die Feder eines Dynam meters verbunden, der mittels Schreibstift auf ein durch Uhrwerk gleichmäßig angetriebenen Trommel m Zeitmarkierung den Kraftverlauf aufzeichnete. Bei d Auswertung der Versuche wird als Reibungskraft $R$ d Gesamtheit der auf dem Zapfenumfang verteilt wirke den Reibungskräfte angesehen. Der Halbmesser $r$ des Za fens beträgt 3 cm; an diesem Hebelarm wirkt die Reibung kraft $R$ und ergibt das Reibungsmoment $R\,r$. Das Ve hältnis zwischen der Reibungskraft $R$ und der B lastung $Q$ ist der Lagerreibungskoeffizient $\mu$. In ihm i somit nicht nur die von der Last selbst erzeugte Reibu enthalten, sondern auch die beim Heißlaufen von voll Schalen durch die Ausdehnung der Welle hervorgerufe Klemmreibung. Die hierbei auftretende Reibungskr wird ebenfalls zu der Belastung $Q$ in Beziehung gese und wird im folgenden als Klemmreibung bezeichnet.

Bei den gefundenen Werten ist zu unterscheid zwischen den Reibungsmomenten, die beim ersten Kle men des warmlaufenden Lagers auftreten und denjenig die sich bei der darauffolgenden weiteren Abnutzu zeigen. Letztere ist bei einer geschlossenen Lagerscha wie auch bei einer Lagerschalenhälfte gleich groß.

### Versuchsergebnisse

Die Kraftkurven, Abb. 4 und 5, wurden selbsttät vom Dynamometer aufgezeichnet. Die Abszisse stellt d Zeit dar. Die Ordinaten geben die Größe der am Dynam

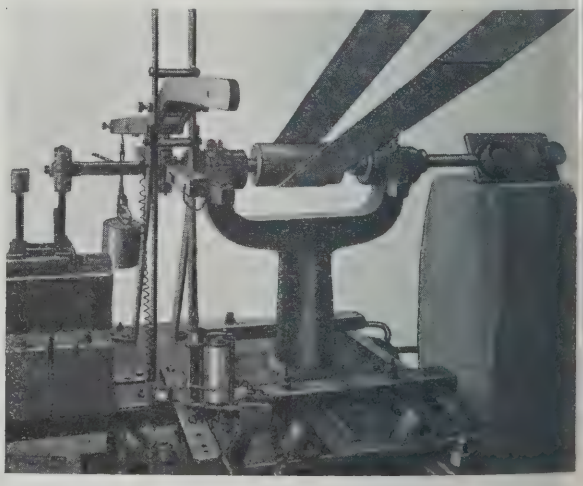


Abb. 3
Versuchseinrichtung mit Schreibvorrichtung.

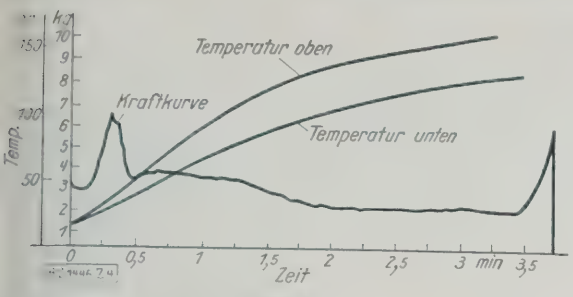



Abb. 4

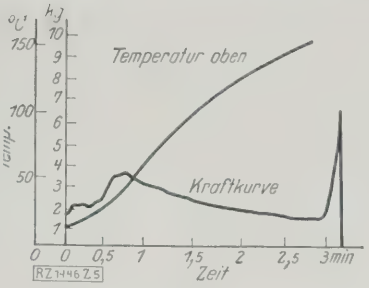



Abb. 5

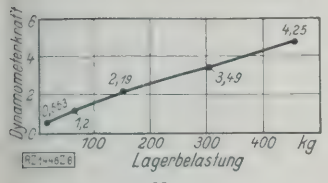



Abb. 6

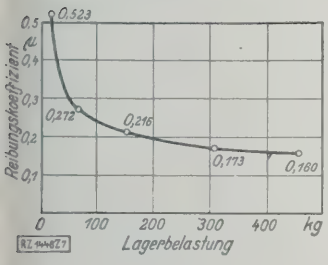



Abb. 7

Kraftverlauf beim Heißlaufen

**Abb. 4** einer vollen Schale. **Abb. 5** einer halben Schale.

**Abb. 6 bis 9**
Abhängigkeit der Dynamometerkräfte und der Reibungswerte von der Lagerbelastung.

**Abb. 6 und 7** bei halben Lagerschalen. **Abb. 8 und 9** bei vollen Schalen.

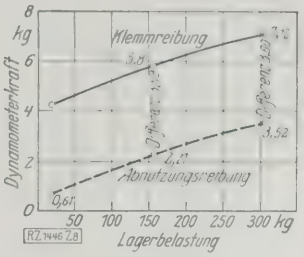



Abb. 8

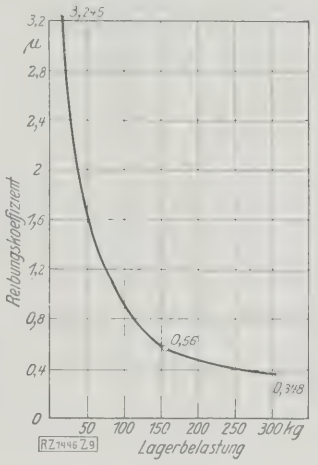



Abb. 9

meter wirkenden Kräfte an. Bei der Dynamometerkurve einer vollen Schale, Abb. 4, steigt die Kraft bald nach Beginn recht erheblich und erreicht bei der eigentlichen Klemmreibung ihren Höchstwert; dieser ist aber nicht von langer Dauer. Die Kurve fällt gleich darauf wieder ab und bleibt bei einem gewissen Werte eine Zeit lang gleichbleibend, um dann nur sehr langsam weiterzusinken.

Die Kurve einer halben Schale, Abb. 5, zeigt unter Fortfall der steilen Spitze fast dieselben Werte wie die volle Schale. Der für kurze Zeit gleichbleibende Wert, der bald erreicht wird und der die Abnutzungsreibung darstellt, sinkt ebenfalls ähnlich wie für die volle Schale.

In die gleichen Abbildungen wurden auch die entsprechenden Kurven für die am oberen und am unteren Thermometer abgelesenen Temperaturen eingezeichnet. Wenngleich diese Kurven nicht die tatsächlich unmittelbar an der Berührungsfläche vorhandenen Temperaturen anzeigen, so sind sie zum Vergleich der einzelnen Versuche doch von Bedeutung.

Das allmähliche Sinken der Größe der Abnutzungsreibung läßt den Einfluß der steigenden Temperatur erkennen. Es kann sich dann mehr Weißmetall verflüssigen oder weich werden. Dies verursacht eine bessere Schmierung der Berührungsflächen, wodurch der Reibungswert sinkt. So sank z. B. bei einem Versuch der Reibungswert der Abnutzung von 0,117 bei 80 ° nach Verlauf von 5½ Minuten bis auf 0,0305 bei 216 °.

Der Einfluß der Lagerbelastung wurde mit 20 mm breiten Lagerschalen bei 1600 U/min ermittelt. Für die einzelnen Belastungsstufen wurden die Einzelergebnisse zu einem Mittelwert zusammengefaßt. In Abb. 6 sind in Abhängigkeit von der Lagerbelastung die Dynamometerkräfte aufgetragen und in Abb. 7 die Lagerreibungswerte.

Die Reibungszahlen von halben Schalen wachsen mit abnehmender Last erst allmählich und dann immer rascher an. Dies kann man damit erklären, daß bei steigender Lagerbelastung die Temperatur der Wellenoberfläche heißer wird; anderseits macht sich bei kleiner werdender Last infolge Abschabens oder Abschmelzens kleiner Teile des Weißmetalls, die dann an einer andern, etwas kälteren Stelle sich wieder festsetzen und erstarren, eine weitere Art von Klemmung in steigendem Maße geltend.

Die Versuche zur Feststellung der Klemmreibung mit derselben Schalenbreite sind in Abb. 8 und 9 zusammengestellt. Wenngleich die Klemmreibung nicht in ihrem vollen Betrage von der Lagerbelastung selbst hervorgerufen wird, wurde sie doch, wie bereits begründet wurde, in Beziehung zu dieser gesetzt.

Bis zu welcher Größe beim Klemmen der Reibungskoeffizient namentlich bei kleineren Belastungen anwachsen kann, zeigen besonders zwei Versuche. Bei der kleinsten untersuchten Belastung, die durch das Eigengewicht des Lagerhebels gegeben war, steigt $\mu$ bis auf 3,24.

Namentlich der Verlauf der Kraftkurve des Dynamometers ließ darauf schließen, daß sich diese Reibungskräfte aus einer gleich großen und einer sich ändernden Größe zusammensetzen. Die Lösung ergab sich durch den Vergleich mit der Kurve für die Abnutzungsreibung, Abb. 6 und 7. Aus dieser wurden die den Belastungen der Klemmungswerte entsprechenden Kräfte entnommen und in Abb. 8 und 9 eingetragen. Der Unterschied je zwei zusammengehöriger Werte war gleich. Hierdurch war die bedeutsame Tatsache erwiesen, daß die durch Klemmwirkung erzeugte Zusatzreibung, d. h. die reine Klemmreibung für diese Versuchsreihe einen Festwert hat und unabhängig von der Lagerbelastung ist.

Die mit verschiedener Lagerbreite angestellten Versuche wurden bei 1600 U/min gemacht. Die Belastung wurde im Verhältnis der Verbreiterung des Lagers vergrößert, so daß der spezifische Lagerdruck annähernd gleich groß blieb. Die Werte für die Abnutzungsreibung finden sich in Abb. 10 und 11 zusammengestellt. Die benutzten Lager waren 9,4, 20 und 36 mm breit.

Die Kurve der Reibungszahlen steigt mit abnehmender Lagerbreite. Dies erklärt sich aus folgendem: Die in der Zeiteinheit erzeugte Wärmemenge, die auch in Richtung der Wellenachse fortgeleitet wird, ist bei dem schmalen und weniger belasteten Lager geringer; infolgedessen ist die Temperatur auch niedriger und der autogene, d. h. selbst erzeugte Schmierzustand schlechter. Ferner kann bei den schmaleren Schalen das einmal verflüssigte Weißmetall auch leichter nach der Seite heraustreten, wodurch das Schmiermittel verloren geht.

Die Ergebnisse über die Größe der Klemmreibung zeigt Abb. 12 und 13. Auch hier steigt der Klemmreibungswert mit abnehmender Lagerbreite und damit auch

die Reibung recht bedeutend. Um auch die Klemmungsverhältnisse beurteilen zu können, wurden die entsprechenden, umgerechneten Abnutzungswerte in die Kraftkurve eingetragen.

Der Unterschied je zwei entsprechender Reibungswerte stellt wiederum die reine Klemmreibung dar. Es zeigt sich, daß sie mit zunehmender Lagerbreite nur sehr langsam ansteigt. Bei einer Breitenänderung von 9,4 auf 36 mm steigt der Wert des Unterschieds von 3,44 kg auf nur 4,2 kg.

Weitere Versuchsreihen wurden ausgeführt, um den Einfluß der Drehzahl festzustellen. Die Grenzen der verfügbaren Drehzahlen waren 1600 und 400 U/min. Die autogene Schmierung wird vermindert. Eine Bestätigung dieser Tatsache ergab sich auch aus fast sämtlichen anderen Dynamometer-Schaulinien. Wurde am Ende des Versuches der Motor abgestellt, so stieg gleichzeitig mit abnehmender Drehzahl auch jedesmal die Größe der Reibungskraft. Die Klemmreibungskräfte nehmen in noch höherem Maße mit abnehmender Drehzahl zu.

In gleicher Weise wie bei den anderen Klemmreibungskurven wurden auch hier in der Kraftkurve, Abb. 14 bis 17, die Werte für die entsprechende Abnutzungsreibung mit eingetragen. Es zeigt sich, daß die reine Klemmreibung, die durch den Unterschied von je zwei zusammengehörigen Werten dargestellt wird, mit kleiner werdender Drehzahl ebenfalls steigt.

Die reine Klemmreibung konnte auch an der den Berechnungen zu Grunde gelegten Pleuelstange selbst festgestellt werden. Sie wurde in gleicher Weise, wie früher der Hebel, durch ein Gegengewicht, Abb. 18, so ausgeglichen, daß sie sich im indifferenten Gleichgewicht befand.

Der sich ergebende Klemmreibungswert war nicht unbedeutend und infolgedessen auch die daraus berechnete, zusätzliche Biegungsbeanspruchung der Pleuelstange. Sie ergab an der höchstbeanspruchten Stelle rd. 450 kg/cm². Die Pleuelstange hat einen I-förmigen Querschnitt und somit in der Bewegungsebene ein sehr günstiges Widerstandsmoment. Stangen mit rundem Querschnitt würden sich hier unter Umständen noch bedeutend ungünstiger stellen.

Abb. 18
Pleuelstange mit Gegenhebel für indifferenten Ausgleich.

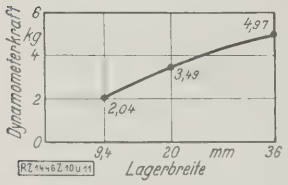
Diese Zusatzbeanspruchung ist keineswegs unbedeutend und kann für genauere Berechnungen unter Umständen einen erheblichen Anteil bilden.

### Zusammenfassung

Die auf diese Weise mit der Reibungswaage aufgenommenen Kraftkurven beim Heißlaufen mit ihrer kennzeichnenden Spitzenerhebung bei eintretendem Klemmen entsprechen vollkommen den in der Praxis beobachteten Begleiterscheinungen beim Heißlaufen eines Flugmotors; diese fanden somit in ihrer Größe, Art und Wirkung ihre Erklärung durch das tatsächliche Vorhandensein einer Klemmung neben der reinen Reibung.

Das im Anschluß an diese Versuche gebrachte Beispiel der Klemmreibung einer Pleuelstange eines Flugmotors, mit dem auch zugleich Anhaltspunkte für ähnliche Verhältnisse gegeben sind, hat allenfalls die in den Versuchsreihen gefundenen Tatsachen bestätigt. Die reine Klemmreibung beträgt im vorliegenden Falle ungefähr zwei Drittel der Belastungsreibung und beide zusammen ergeben eine nicht unerhebliche Zusatzbeanspruchung der Stange, die bei genaueren Berechnungen berücksichtigt werden müßte.

[B 1446]



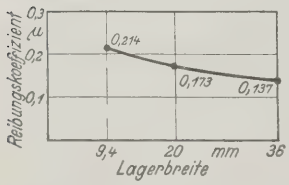
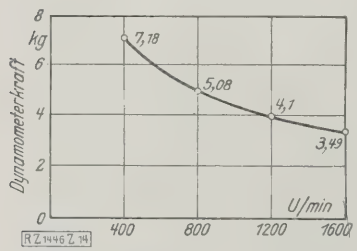




Abb. 10 bis 13
Abhängigkeit der Dynamometerkräfte und Reibungswerte von der Lagerbreite.
$n$ = 1600 U/min
$k$ = konstant

Abb. 10 und 11
Halbe Schalen.



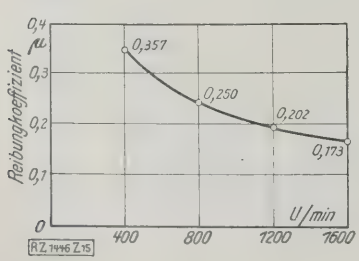
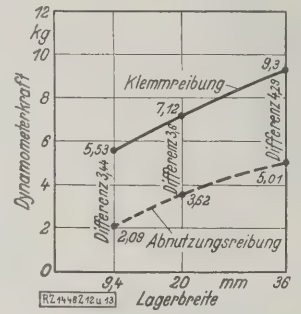
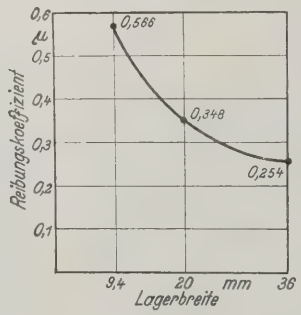
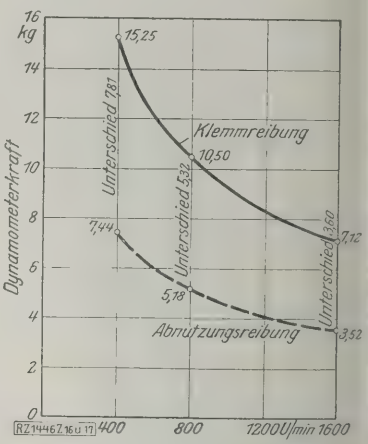




Abb. 12 und 13
Volle Schalen.



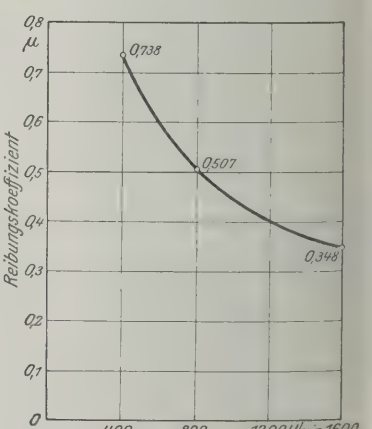




Abb. 14 bis 17
Abhängigkeit der Dynamometerkräfte und Reibungswerte von der Umlaufzahl
$b$ = konstant $Q$ = konstant

Abb. 14 und 15
Halbe Schalen.

Abb. 16 und 17
Volle Schalen.

# Geschwindigkeit der Entzündung brennbarer Flüssigkeiten in der Luft

*Heinrich Mache*[1]) unterscheidet drei Arten der Ausbreitung einer Entzündung über die Oberfläche einer brennbaren Flüssigkeit.

1. Die der Flüssigkeit unmittelbar benachbarte Gasschicht enthält so wenig Flüssigkeitsdampf, daß sie gar nicht brennbar ist. Erst die Flamme selbst erzeugt von ihrem Rand aus durch Wärmeleitung und Strahlung das brennbare Gemisch. Diese Art der Entzündung tritt in der Regel bei den festen Brennstoffen oder bei Flüssigkeiten dann ein, wenn sie am Docht brennen und durch Strömen der Erhitzung nicht ausweichen können. Die im allgemeinen sehr niedrige Entzündungsgeschwindigkeit dürfte sich mit der Temperatur mäßig steigern.

So können Nitrobenzol, Tetralin, Dekalin, Amylazetat, Petroleum und andre bei Temperaturen zwischen 0 und 20 ° an der freien Oberfläche, also ohne Docht, überhaupt nicht entzündet werden, da die Strömungen in der Flüssigkeit die zur genügenden Dampfentwicklung nötige Erhitzung verhindern.

2. Besteht die der Oberfläche benachbarte Gasschicht bereits aus einem brennbaren Gemisch, so steigt die Entzündungsgeschwindigkeit mit der Temperatur zuerst rasch, dann aber immer langsamer und bleibt schließlich nahezu unverändert, wenn das Gemisch an der Oberfläche überreich an Brennstoffdampf wird.

3. Dieser Zustand kann bei sehr flüchtigen Brennstoffen schon vor der Entzündung bestehen. Das Gasgemisch an der Flüssigkeitsoberfläche enthält dann Brennstoffdampf im Überschuß, und die darüber befindlichen Gasschichten werden durch Diffusion zwischen Dampf und Luft mit zunehmender Entfernung von der Oberfläche rasch dampfärmer.

[1]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, mathem.-naturw. Klasse, Abt. IIa, Bd. 137 (1928).

**Zahlentafel 1**
Entzündungsgeschwindigkeiten

| Alkohol — Wasser (Mittlere Temperatur 18,5°) | | Benzin (0,745)-Tetrachlorkohlenstoff (Mittlere Temperatur 10,8°) | |
|---|---|---|---|
| Wasser Raumteile | $c$ m/s | Tetrachlorkohlenstoff Raumteile | $c$ m/s |
| 0,79 | 0,92 | 0,00 | 1,18 |
| 2,72 | 0,85 | 0,99 | 1,19 |
| 4,58 | 0,56 | 3,85 | 1,13 |
| 5,72 | 0,51 | 7,41 | 1,07 |
| 6,70 | 0,48 | 9,09 | 1,00 |
| 7,52 | 0,42 | 13,0 | 0,91 |
| 8,43 | 0 34 | 16,7 | 0,89 |
| 10,3 | 0,36 | 20,0 | 0,79 |
| 11,8 | 0,30 | 23,1 | 0,77 |
| 13,5 | 0,20 | 35,0 | 0,52 |
| 17,1 | 0,16 | 40,0 | 0,43 |
| 20,6 | 0,12 | | |
| 23,8 | 0,10 | | |
| 26,6 | 0,04 | | |
| 29,4 | 0,03 | | |
| 36,4 | 0,01 | | |
| 40,4 | 0,01 | | |

**Zahlentafel 2**
Einfluß der Temperatur auf die Entzündungsgeschwindigkeit

| Benzol | | Benzin (0,730) | | Äther | | Azeton | | Pentan | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$ °C | $c$ m/s | $t$ °C | $c$ m/s | $t$ °C | $c$ m/s | $t$ °C | $c$ m/s | $t$ °C | $c$ m/s |
| 3,5 | 1,35 | 6,2 | 1,21 | 3,3 | 1,41 | 4,2 | 1,12 | 2,9 | 1.25 |
| 8.9 | 1,37 | 10,1 | 1,21 | 10,3 | 1,43 | 14,5 | 1,23 | 3,7 | 1.26 |
| 13,9 | 1,35 | 14,1 | 1,23 | 18,9 | 1,46 | 25,5 | 1,17 | 6,4 | 1,29 |
| 21,1 | 1,43 | 25,8 | 1,31 | | | | | 16,6 | 1,31 |
| 23,5 | 1,46 | | | | | | | | |
| 28,5 | 1,52 | | | | | | | | |

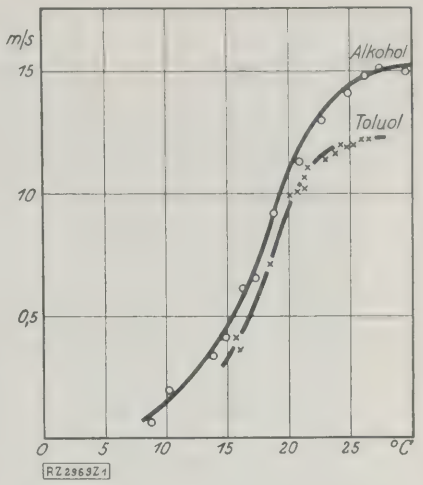



**Abb. 1** Abhängigkeit der Entzündungsgeschwindigkeit von der Temperatur in der Flüssigkeitsoberfläche.

Die Entzündung eilt immer in derjenigen Schicht voran, in der das Mischverhältnis der größten Brenngeschwindigkeit entspricht. Steigt die Temperatur, so liegt diese Schicht etwas höher; aber die Entzündungsgeschwindigkeit erhöht sich nur in dem geringen Ausmaß, in welchem die Brenngeschwindigkeit mit der Anfangstemperatur des Gemisches steigt und vor allem mit dem Abheben der Flamme von der Flüssigkeit die Verzögerung kleiner wird, die das Ausbreiten der Entzündung durch die kühlende Wirkung der Flüssigkeitsoberfläche erfährt.

Zur Nachprüfung dieser Erwägungen wurde eine Rinne mit der betreffenden Flüssigkeit gefüllt und das Durchbrennen zweier in 1,5 m Entfernung über die Rinne gespannter Haare, das auf einer berußten Trommel vermerkt wurde, zum Messen der Entzündungsgeschwindigkeit benutzt. Für Toluol und Alkohol (99 vH), zeigt Abb. 1 die Abhängigkeit dieser Geschwindigkeit $c$ von der Temperatur in der Flüssigkeitsoberfläche. Den Einfluß des Zumischens von Wasser zu Alkohol und von Tetrachlorkohlenstoff zu Benzin zeigt Zahlentafel 1.

Während für Alkohol $c = 0$ wird, wenn die Brennbarkeit durch Wasserzusatz aufhört, bleibt $c$ für Benzin bei Zusatz von Tetrachlorkohlenstoff bis zur Grenze der Brennbarkeit groß.

Die dritte Art der Entzündung und die geringe Zunahme ihrer Geschwindigkeit mit der Temperatur zeigt Zahlentafel 2.

Das Aufhören des starken Anstieges der Entzündungsgeschwindigkeit, also der Übergang von der zweiten zur dritten Art der Entzündung beginnt bei Toluol und Alkohol bei einem reicheren Mischungsverhältnis als dem chemischen. Dieses Verhalten würde dem vieler andrer Brennstoffe entsprechen, deren größte Verbrennungsgeschwindigkeit bei Brennstoffüberschuß[2]) auftritt; anderseits steigt die Entzündungsgeschwindigkeit noch weiter, wenn die Schicht, in der sich die Entzündung fortpflanzt, die Flüssigkeit nicht mehr berührt und dadurch die Wärmeverluste kleiner werden. Die der Flüssigkeit benachbarte Schicht, für die das Mischverhältnis an der Oberflächentemperatur berechnet wurde, ist dann reicher an Dampf als das höher liegende Gemenge, in dem die Flamme tatsächlich voreilt.

Der langsame Anstieg der Entzündungsgeschwindigkeit im dritten Fall dürfte sich zum Teil erklären durch das Wachsen der größten Brenngeschwindigkeit mit der Temperatur, das sich aus den Bombenversuchen *Nägels* ergibt[3]) zum Teil dadurch, daß sich die Schicht mit dem Gemisch höchster Brennbarkeit mit steigender Temperatur von der Flüssigkeitsoberfläche entfernt.

Daß die Entzündungsgeschwindigkeit kleiner als die Brenngeschwindigkeit ist, mit der das verbrannte Gas von dem Innenkegel einer Bunsenflamme abströmt[4]), kann man hauptsächlich auf die Wärmeableitung an die Umgebung zurückführen. [M 2969] *Richter*

[2]) „Hütte" 25. Aufl. Bd. 2 S. 550.
[3]) Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. in Wien, math.-naturw. Klasse Bd. 132 (1923), S. 215.
[4]) *Mache*, Physik der Verbrennungserscheinungen, Leipzig 1918.

# Ein neues Trio-Block- und Brammenwalzwerk

$a$ Walzgerüst
$b$ Kammwalzgerüst
$c$ Schwungrad
$d$ Spindelstuhl
$e$ Wipptisch vor der Walze
$f$ Wipptisch hinter der Walze
$g$ Zufuhrrollgang
$h$ Abfuhrrollgang
$i$ Kanthebel
$k$ Verschieberahmen
$a_1$ Unterwalze
$b_1$ Mittelwalze
$c_1$ Oberwalze
$d_1$ Zwischenwelle
$e_1$ Hauptkupplung
$f_1$ Kammwalzen
$g_1$ Spindeln
$h_1$ Gegengewichte der Mittelwalze $b_1$
$i_1$ Schnecken
$k_1$ Anstellmotor
$l_1$ Elektromotor für Wipptisch-Rollgang

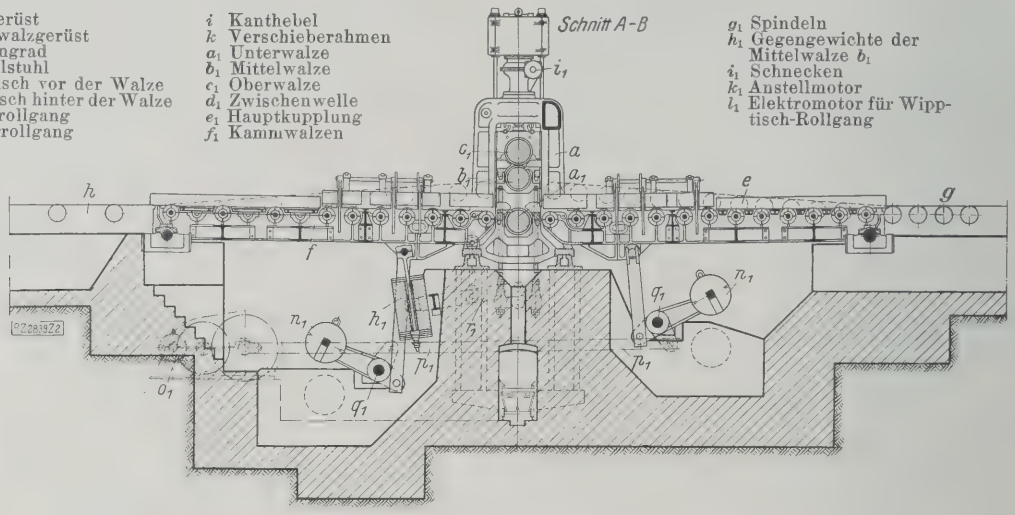



**Abb. 2 bis 6** Grundriß und Schnitte.

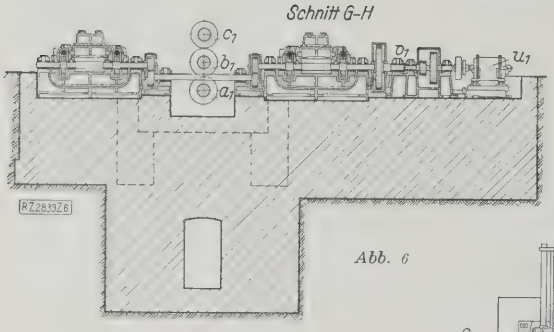



Abb. 6

$m_1$ Elektromotor für Wipptisch-Rollgang
$n_1$ Gegengewichte der Wipptische
$o_1$ Antriebmotor für Heben und Senken der Wipptische
$p_1$ Schubstangen
$q_1$ Zwischenwellen
$r_1$ Doppelhebel
$s_1$ Elektromotor für Kanter
$t_1$ Schneckenvorgelege
$u_1$ Elektromotoren für Verschiebevorrichtung
$v_1$ Stirnrädervorgelege
$w_1$ Sinterwagen

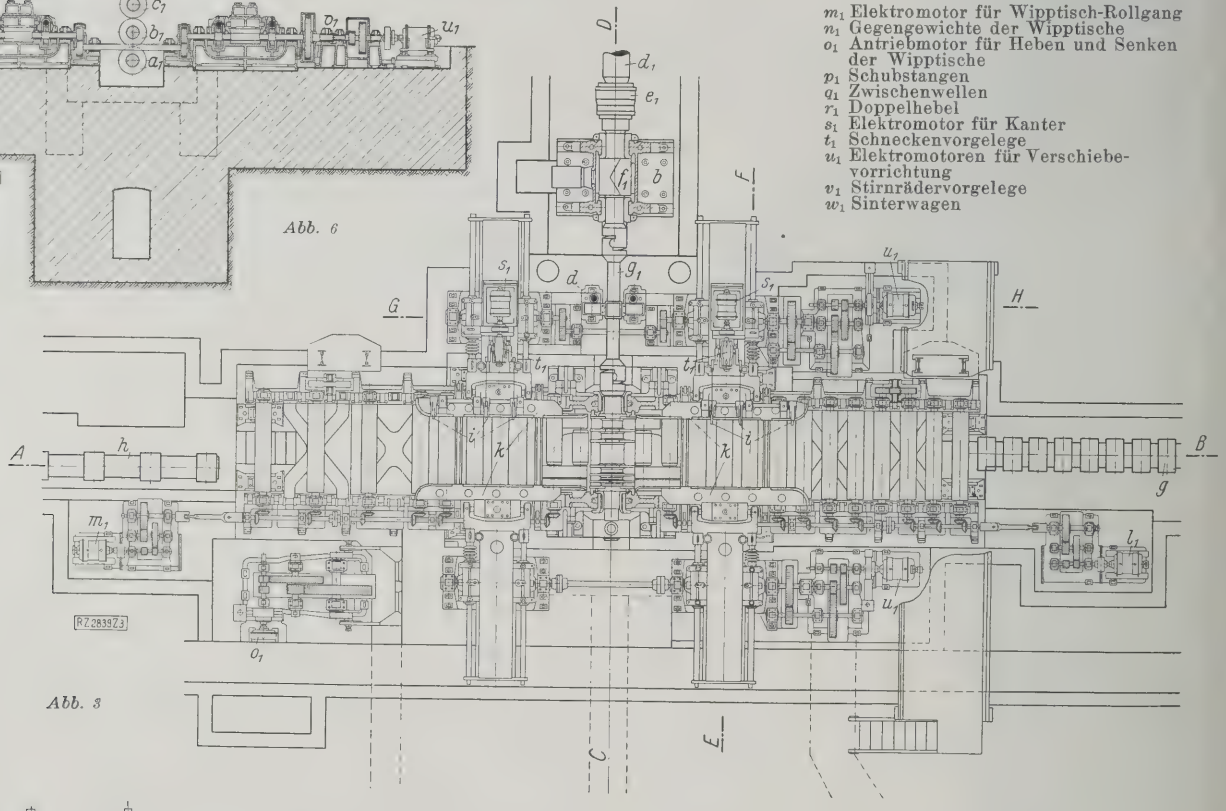



Abb. 3

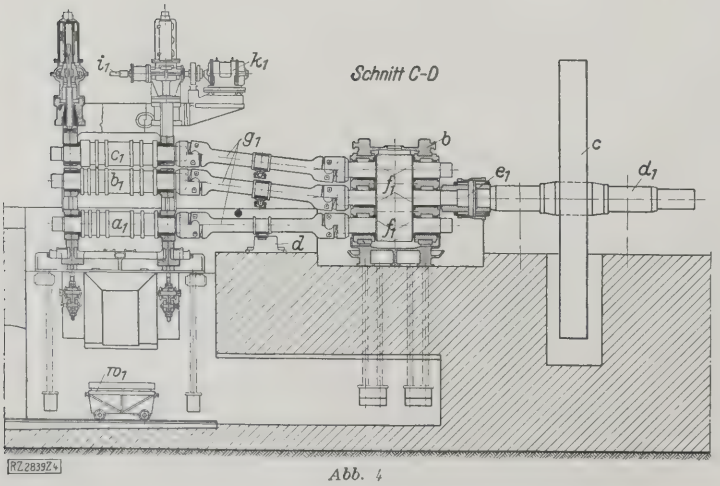



Abb. 4

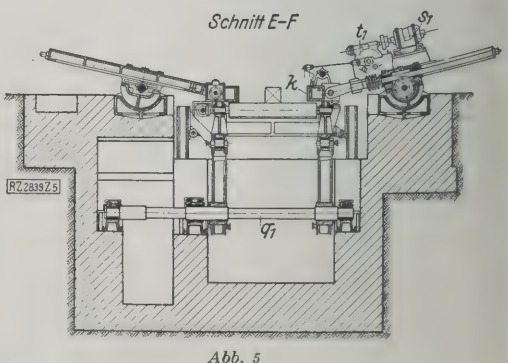



Abb. 5

# *R U N D S C H A U*

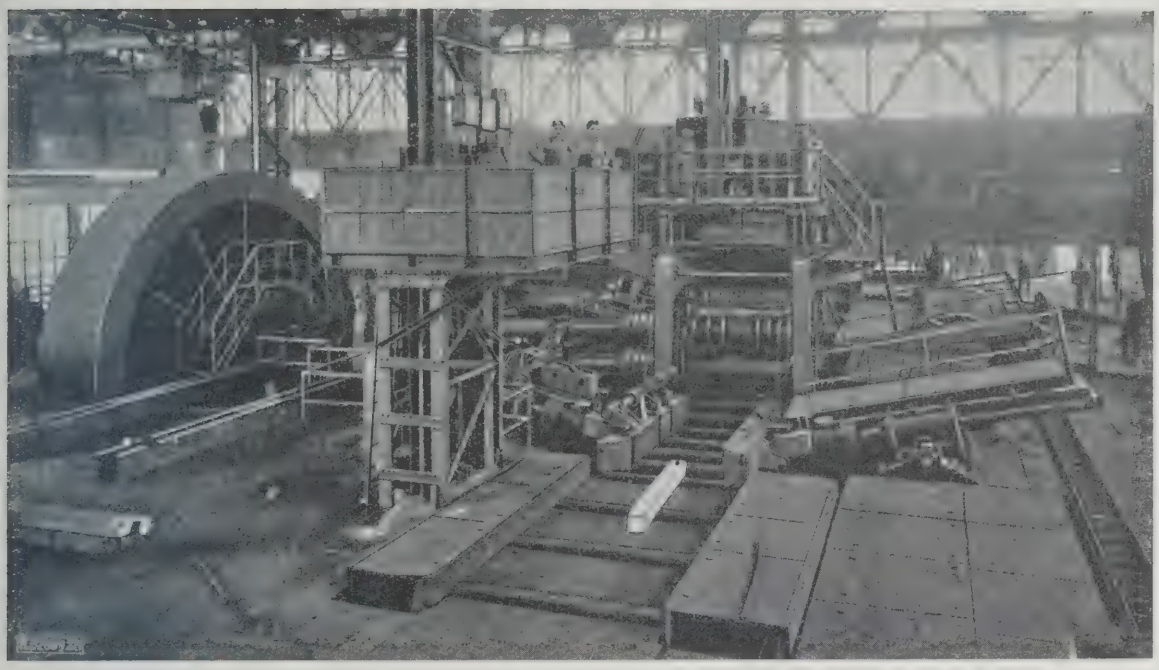


**Abb. 1.** Trio-Block- und Brammenwalzwerk für die Società Italiana Ernesto Breda, Mailand, erbaut von der Demag A.-G., Duisburg.

## *Eisenhüttenwesen*

### Ein neues Trio-Block- und Brammenwalzwerk

Block- und Brammenwalzwerke werden bei Blockgewichten von mehr als 2 t in der Regel als Umkehr- oder Reversier-Duostraßen[1]) mit festliegender Unterwalze und einer verstellbaren Oberwalze ausgeführt. Ein solches Walzwerk vermeidet im Vergleich mit dem nur in einer Richtung umlaufenden Triowalzwerk das Heben und Senken des Walzgutes durch Wipptische. Für den Walzplan eines italienischen Werkes jedoch, der das Verwalzen schwerer Blöcke von 2 t neben leichteren Blöcken von etwa 1 t Gewicht vorsieht, hat sich ein Triowalzwerk wegen des einfachen und niedrige Anlagekosten erfordernden elektrischen Antriebes als das wirtschaftlichste erwiesen.

Das Triowalzwerk, Abb. 1, kann ohne Auswechslung der Walzen Blöcke von 420 × 420 mm und 250 × 250 mm in Knüppel von 180 × 180 bis 100 × 100 mm sowie in beliebige rechteckige Querschnitte in diesen Grenzen und außerdem noch Brammen von 550 mm Breite erzeugen. Das Walzgerüst *a*, Abb. 2 bis 6, hat eine festgelagerte Unterwalze $a_1$, eine heb- und senkbare Mittelwalze $b_1$ und eine nach jedem Stich anzustellende Oberwalze $c_1$. Wegen der großen Verstellbarkeit der Oberwalze, die 400 bis 450 mm beträgt, erforderten die Brammenbahn in der Mitte der Walzen und auch die rechts und links von ihr eingeschnittenen Blockkaliber nur eine geringe Tiefe. Da die Brammenbahn auch für die ersten Blockstiche verwendet werden kann, führte man die Walzen bei 2000 mm Ballenlänge mit dem verhältnismäßig kleinen Walzendurchmesser von 750 mm aus. Gewöhnliche Triowalzwerke mit einer festgelagerten und zwei einstellbaren, aber während des Betriebs nicht verstellbaren Walzen hätten dagegen 850 bis 900 mm und mehr Walzendurchmesser erfordert, die für Triowalzwerke unzweckmäßig sind. Nicht verstellbare Walzen mit bestimmter Kalibrierung können außerdem nur für einen sehr beschränkten Walzplan benutzt werden, so daß man bei erheblich abweichendem Walzgut die Walzen auswechseln muß.

Zum Antrieb des neuen Triowalzwerkes dient ein Drehstrommotor, der 1200 bis 2400 PS bei 115 U/min leistet. Die Umlaufzahl kann durch Einschaltung von Widerständen unter entsprechender Leistungsverminderung auf 90, im Notfalle sogar auf 80 U/min heruntergesetzt werden. Die Zwischenwelle $d_1$ zwischen Kammwalzgerüst *b* und Elektromotor trägt ein Schwungrad *c* von 7 m Dmr. und 70 t Gewicht. Die Hauptkupplung $e_1$ zur Verbindung der Zwischenwelle mit dem mittleren Kammwalzzapfen ist eine mit der Hand ausrückbare *Ortmann*-Kupplung, die bei Walzenbrüchen, selbst wenn sie schräg erfolgen, axialen Schub vom Motor fernhält, da sie sich nach Sprengung eines Arretierringes ineinanderschiebt. Die Muffe der Kupplung ist so bemessen, daß sie bei einem bestimmten Höchstdrehmoment bricht, um Maschinenteile zu schützen, die schwer auswechselbar sind und hohe Ersatzkosten beanspruchen.

Die Kammwalzen $f_1$ sind mit zwei Zahnkränzen versehen, die gerade, um eine halbe Teilung gegeneinander versetzte Zähne tragen. Die Verzahnung ist so gewählt, daß mehrere Zähne gleichzeitig im Eingriff sind. Die Kammwalzen sind in den Einbaustücken des vollkommen geschlossenen, mit einem abnehmbaren Deckel versehenen Kammwalzgerüstes *b* gelagert, das unmittelbar auf der Gründung breitfüßig verankert ist. Die Lagerstellen sind mit Weißmetall ausgegossen, seitlich abgedichtet und für Fettschmierung eingerichtet. Die Treffer der Kammwalzen und der Walzen des Triogerüstes sind miteinander durch Spindeln $g_1$ und Muffen, Bauart *Kennedy*, verbunden. Die Spindeln sind in einem aus zwei gußeisernen Böcken bestehenden Spindelstuhl *d* gelagert. Das Unterspindellager wird durch eine federnde Platinenbrücke gebildet, die mittlere und obere Spindel dagegen sind in Bügeln gelagert, die von Hebeln mit Gegengewichten gehalten werden.

Zur Regelung des Abstandes der Walzen, der Maulweite, sind die Ober- und Mittelwalze verstellbar angeordnet. Die Mittelwalze $b_1$ wird durch Gegengewichte $h_1$ ausgeglichen und zwangläufig vom Wipptisch *f* bewegt. Die Oberwalze $c_1$ wird durch eine elektrische Anstell- und Ausbalanziervorrichtung verstellt und ihr Gewicht ausgeglichen[2]).

Die Schnecken $i_1$ beider Ständer sind durch eine zweiteilige Welle mit Klauenkupplung und mit dem 60 PS-Anstellmotor $k_1$ durch eine Scheibenkupplung verbunden, deren eine Hälfte zum genauen Einstellen als Bremsscheibe ausgebildet ist, so daß der Motor mittels einer elektromagnetischen Lüftbremse abgebremst werden kann. Von der Schneckenwelle werden zwei Zeiger angetrieben, von denen der eine vor einer emaillierten Skala auf und ab geht und die Hunderter anzeigt, während der andre sich vor einer emaillierten Skala dreht und die Zehner erkennen läßt. Aus beiden Ablesungen kann genau die jeweilige Entfernung zwischen Mittel- und Oberwalze oder zwischen

[1]) *Funke*, Neuzeitliche Umkehrblockwalzwerke, Z. Bd. 72 (1928) S. 197 und 311.

[2]) s. *Funke*, Z. Bd. 72 (1928) S. 197 Tafel 3 und S. 313 Abb. 10.

Mittel- und Unterwalze festgestellt werden. Brechtöpfe oder Brechkapseln zwischen den Druckschrauben und den Einbaustücken der Oberwalze sind zur Sicherung der Walzenständer und Walzen gegen Bruch eingebaut; sie sind aus Gußeisen hergestellt.

Die Wipptischanlage besteht aus zwei Wipptischen $e$ und $f$, die vor und hinter dem Walzwerk angeordnet sind und je etwa 9 m Länge haben. Die Wangen der Wipptische mit 10 und 13 Stahlrollen aus Stahl von 400 mm Dmr. und 2250 mm Länge sind an den äußersten Enden in kräftigen Böcken mit durchgehenden Wellen drehbar gelagert. Die Rollen werden angetrieben durch je einen 40 PS-Elektromotor $l_1$ und $m_1$, Abb. 3, mit doppeltem Zahnradvorgelege auf gemeinsamer Grundplatte, die durch gelenkige Spindeln an den Tischrahmen gelagerte Wellen antreiben. Von diesen aus wird der Antrieb der einzelnen Rollen durch Kegelradgetriebe abgeleitet. Die Wipptische sind durch Gegengewichte $n_1$ so ausgeglichen, daß in ihrer höchsten und tiefsten Lage ein gewisses Übermoment vorhanden ist, das dem Anlauf des gemeinsamen 100 PS-Antriebmotors $o_1$ zugute kommt. In der tiefsten Stellung wird das Übermoment durch das Gegengewicht und in der höchsten Stellung durch das Tischgewicht erzeugt. Der Motor $o_1$ mit geschlossenem doppeltem Vorgelege arbeitet über zwei Stirnkurbeln, Schubstangen $p_1$ und einarmige Hebel auf zwei im Fundament gelagerte Zwischenwellen $q_1$, auf denen je zwei Doppelhebel mit den Tischausgleichgewichten $n_1$ zum Antrieb der Tischhubstangen sitzen. Die Kupplung zwischen Elektromotor und Räderkasten ist mit einer elektrischen Lüftbremse ausgerüstet.

Die Mittelwalze $b_1$ wird durch den Wipptisch $f$ hinter dem Walzgerüst gehoben und gesenkt. Zwei mit $f$ gelenkig verbundene federnde Schubstangen mit Ausgleichgewichten $h_1$ wirken durch den Doppelhebel $r_1$ mit beweglichem Drehpunkt und Lenker auf Querbalken, von denen aus je zwei Stangen zu den Einbaustücken der Mittelwalze führen. Die Stangenbefestigungen mit dem Querbalken enthalten Pufferfedern, damit das ganze Gestänge nachgeben kann.

In die Wipptische $e$ und $f$, die an den Zufuhrrollgang $g$ und den Abfuhrrollgang $h$ anschließen, sind elektrisch betriebene Blockkant- und Verschiebevorrichtungen eingebaut, die die verwalzten Blöcke noch gut erwärmt über den Abfuhrrollgang $h$ zu einer angeschlossenen 600 mm-Triostraße zum Weiterverwalzen leiten.

Die Vorrichtung besteht aus zwei Verschieberahmen $k$, die mit Linealen aus Schmiedestahl bewehrt sind, und aus der auf einem Verschieberahmen aufgebauten Kantvorrichtung mit drei auf einer Welle aufgekeilten Kanthebeln $i$. Die Zacken der Kanter treten zwischen den Rollen des Wipptisches hervor, fassen den Block an der unteren Kante, heben und kippen ihn, worauf er durch Verfahren des Verschieberahmens vor das nächste Kaliber gebracht wird. Zwei 20 PS-Elektromotoren $s_1$ mit Schneckenvorgelege $t_1$ treiben den Kanter, zwei 40 PS-Motoren $u_1$ mit Stirnrädervorgelegen $v_1$, Abb. 3 und 6, die Verschiebevorrichtungen an.

Das Walzwerk wird demnach ausschließlich durch Elektromotoren angetrieben. Sämtliche Triebwerkteile sind öl- und staubsicher gekapselt und seitlich über Flur angeordnet, so daß sie leicht zugänglich sind. Nur die Hubvorgelege für die Wipptische und die Hubwellenlager liegen unter Flur, jedoch seitlich vom Kanal, damit der herabfallende Walzensinter keine Ursache zu Betriebsstörungen geben kann. Im Hauptkanal fahren daher auf Gleisen Sinterwagen $w_1$, die gefüllt zum Aufziehschacht gebracht werden.

Mülheim-Ruhr [M 2839] *Ernst Immerschütt*

## Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen

Während über den Walzdruck und die Walzarbeit beim Warmwalzen umfangreiche theoretische und experimentelle Untersuchungen vorliegen, fehlen ähnliche planmäßige Untersuchungen an Kaltwalzwerken fast vollkommen. In der vorliegenden Arbeit[1]) sollten daher die theoretischen Grundlagen für die Berechnung des Kraft- und Arbeitsbedarfes beim Kaltwalzen erörtert und durch Walzversuche Angaben beschafft werden, die eine einwandfreie Ermittlung von Walzdruck- und Walzarbeit gestatteten.

Beim Niederpressen des Walzgutes setzt dies der Formänderung in der Druckrichtung einen bestimmten Widerstand je Flächeneinheit entgegen, den wir mit Formänderungswiderstand $K_f$ bezeichnen wollen. Bei einer Länge des mit dem Walzgut in Berührung stehenden Walzspaltes $l_d$, einer Breite $b$ und einer gedrückten Fläche $F_d = l_d\, b$ ergibt sich der vom Walzgut auf die Walzen ausgeübte Reaktionsdruck $D$ zu

$$D = F_d\, K_{f_{\text{Mittel}}} \quad \text{und entsprechend} \quad K_{f_m} = \frac{D}{F_d} \quad \ldots (2$$

Die Ermittlung der gedrückten Fläche bietet bei glatten Walzen keine Schwierigkeiten, da sich die Beziehung ableiten läßt:

$$l_d = \sqrt{r\,\Delta h - \frac{\Delta h^2}{4}} \approx \sqrt{r\,\Delta h}\,; \quad F_d = b\, l_d \approx b\sqrt{r\,\Delta h} \quad (3$$

wenn mit $r$ der Walzenhalbmesser und mit $\Delta h$ die Höhenänderung des Walzgutes bezeichnet wird. Es läßt sich also bei bekanntem mittlerem Formänderungswiderstand der Walzdruck $D$ und bei bekanntem Walzdruck die Größe des mittleren Formänderungswiderstandes $K_{f_m}$ berechnen.

Die von den Walzen an das Walzgut abgegebene reine Walzarbeit ergibt sich als Produkt aus verdrängtem Volumen $V \ln \frac{h_0}{h_1}$ ($V$ = Volumen, $h_0$ und $h_1$ Dicke des Walzgutes vor und nach dem Stich) und mittlerem Formänderungswiderstand $K_{f_m}$ zu

$$A = V\, K_{f_m} \ln \frac{h_0}{h_1} \quad \ldots\ldots\ldots (3$$

die theoretische Walzarbeit für den verlustfreien Walzvorgang aber bei Geltung der Schubspannungshypothese zu

$$A_{\text{theor.}} = V\, k_{f_m} \ln \frac{h_0}{h_1} \quad \ldots\ldots\ldots (4$$

worin $k_{f_m}$ die mittlere Formänderungsfestigkeit bedeutet, die sich mit genügender Annäherung als arithmetisches Mittel der Zugfestigkeit des Walzgutes vor und nach dem Stich bestimmen läßt. Der Formänderungswirkungsgrad des Walzvorganges ergibt sich alsdann zu

$$\eta_{\text{Form}} = \frac{A_{\text{theor.}}}{A} = \frac{k_{f_m}}{K_{f_m}} \quad \ldots\ldots\ldots (5$$

und ist demnach durch Walzdruckmessungen in Verbindung mit Zerreißversuchen leicht zu bestimmen. Umgekehrt läßt sich nach experimenteller Bestimmung aller Einflüsse auf den Formänderungswirkungsgrad die jeweils erforderliche Walzarbeit und der Walzdruck aus den theoretischen Werten mittels Division durch den Formänderungswirkungsgrad errechnen.

Bei den Versuchen, die an einem normalen Kaltwalzwerk mit 180 mm Walzendurchmesser mit Bandstahl von verschieden hohem C-Gehalt und mit Kupferbändern von 60 mm Breite zur Durchführung kamen, wurde der Walzdruck mit Hilfe von Meßzylindern, Abb. 7 und 8, gemessen, die in die Walzenständer an Stelle der Brechtöpfe eingebaut waren. Die bei weichem Flußstahl ermittelten Wirkungsgrade sind in Abb. 9 in Abhängigkeit von der jeweiligen Banddicke nach dem Stich und von dem Verhältnis der

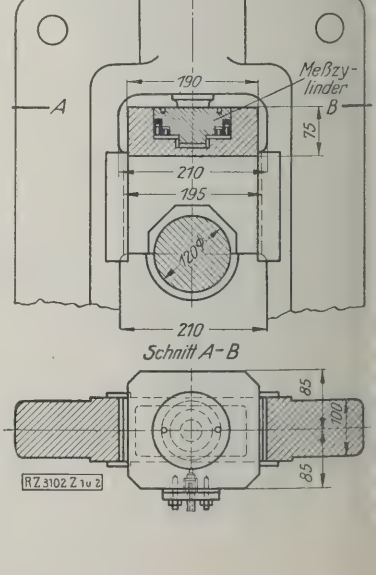



**Abb. 7 und 8** Walzenständer mit Meßzylinder.

[1]) *Siebel* und *Pomp*, Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen. Mitt. d. Kaiser Wilhelms-Inst. f. Eisenforsch. Bd. 11 (1929) S. 71.

Bandstärke zum Walzendurchmesser wiedergegeben. Der Formänderungswirkungsgrad sinkt schnell mit abnehmendem Stärkenverhältnis. Wurde das Walzgut mit Rüböl geschmiert, so ergaben sich bedeutend günstigere Formänderungswirkungsgrade, die auch bei niedrigem Stärkenverhältnis des Walzgutes sich nur wenig verschlechterten. Die günstigsten Bedingungen werden hier erreicht, wenn der Reibungsbeiwert zwischen Walzen und Walzgut durch Schmierung soweit herabgedrückt wird, daß ein Greifen und Durchziehen des Bandes noch eben gewährleistet ist.

Außer dem Formänderungswirkungsgrad wurde bei diesen Versuchen auch der Gesamtwirkungsgrad ermittelt, der als Quotient aus der theoretischen Walzleistung und aus der vom Motor abgegebenen Leistung berechnet werden konnte, die durch ein selbstschreibendes Wattmeter gemessen wurde. Obgleich bei der Berechnung des Gesamtwirkungsgrades die Leerlaufleistung von etwa 2 kW von der Motorleistung abgezogen war, erreichte der Gesamtwirkungsgrad beim Walzen von weichem Flußstahl nur 10 bis 40 vH und sank beim Walzen von härterem Stahl noch unter die genannten Werte. Berücksichtigt man die bei der eigentlichen Formänderung infolge der Reibung des Walzgutes an den Walzen und zusätzlicher innerer Werkstoffverschiebungen entstehenden Verluste, so ergibt sich, daß 20 bis 80 vH der dem Motor zugeführten Energie, abgesehen von den Leerlaufverlusten, im Antrieb der Walzen verloren gehen. Als Hauptverlustquelle konnte die Lagerreibung der Walzenzapfen nachgewiesen werden, indem die Walzen leer aneinander gedrückt und die Motorleistung bei Leerlauf als Funktion des Walzdruckes aufgenommen wurde.

Die Versuche zeigen, welche Bedeutung einer Weiterentwicklung der Walzenlager gerade bei Kaltwalzwerken zukommt. Konstruktiv ist bei der Verwendung von Gleitlagern die Möglichkeit gegeben, durch große Lagerflächen und damit durch niedrigen Flächendruck sowie durch gute Schmierung und Kühlung der Lager die mechanischen Verluste klein zu halten. Bei gewöhnlichen Zweiwalzengerüsten ist man aber mit der Ausbildung der Lagerung bei gegebenem Durchmesser der Arbeitswalzen beschränkt. Ganz andre Möglichkeiten bietet in dieser Hinsicht das Vier- und Sechswalzengerüst. Besonders kann man bei diesen Anordnungen dünne Arbeitswalzen verwenden, wodurch sich der Walzdruck und damit die Lagerreibungsverluste verringern, der Formänderungswirkungsgrad aber und die Streckwirkung der Walzen verbessern. Die Stützwalzen vermögen außerdem beim Abwalzen dünner Bänder ohne Schädigung des Formänderungswirkungsgrades so bemessen zu werden, daß man Rollenlager einbauen und damit die Lagerreibungsverluste auf ein Mindestmaß beschränken kann. [M 3102]

Düsseldorf-Clausthal *Siebel*

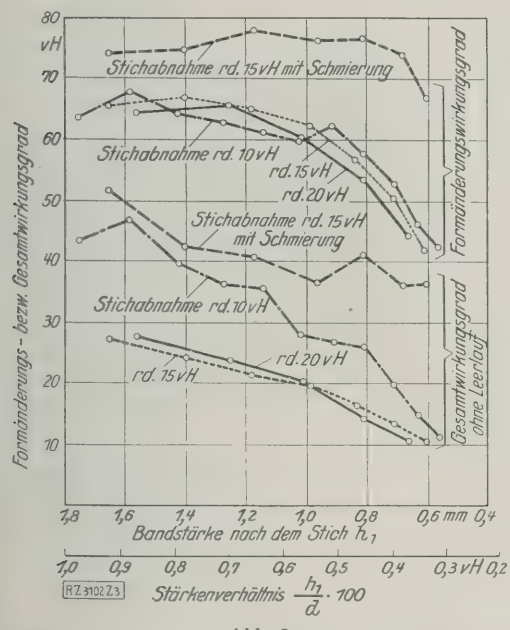



**Abb. 9**
Einfluß des Stärkenverhältnisses, der Stichabnahme und einer Schmierung des Walzgutes auf den Wirkungsgrad beim Kaltwalzen.

## *Werkstoffe*

### Aus neueren Versuchen über die Widerstandfähigkeit von Eisenbetonbalken gegen Schubkräfte[1])

Die Konstruktionsregeln für die Bewehrung der Eisenbetonbalken gegen Schubkräfte sind nach zahlreichen Versuchen für die Firma Wayss & Freytag, A.-G., und insbesondere für den Deutschen Ausschuß für Eisenbeton entwickelt worden[2]). Man hat dabei — wie bei der Bemessung der Eisen in der Zugzone — als grundlegend vorausgesetzt, daß die Übertragung von Zugkräften durch den Beton möglichst nicht in Rechnung gestellt werden soll. Weiter ist angestrebt worden, die zur Aufnahme der Schubkräfte bestimmten Eiseneinlagen so anzuordnen, daß die Verankerung standhält, bis die Streckgrenze des Eisens erreicht ist, ganz entsprechend den Forderungen für die Eisen der Hauptbewehrung im Zuggebiet. Diese Bedingung ist nötig, weil die Verankerung des Eisens (wozu auch die Abbiegestellen gehören) von der Widerstandfähigkeit des Betons abhängig ist und weil wegen der weniger zuverlässigen Herstellung des Betons für diesen eine höhere Sicherheit gegen Zerstörung zu fordern ist als für die Streckgrenze des Eisens.

Ein Balken, der das gewollte Bruchbild lieferte, ist in Abb. 10 dargestellt; er war gemäß Abb. 11 und 12 bewehrt. Die aufgebogenen Einlagen hatten die schiefen Zugkräfte rechnungsmäßig voll aufzunehmen. Bei solchen Balken wird im Zuggebiet mit abnehmendem Biegungsmoment genügend Eisen frei, um die schiefen Zugkräfte durch Aufbiegung zu übernehmen. Damit wird eine gute Verteilung der schrägen Eisen gewonnen, die alle zu erwartenden schiefen Risse kreuzen und am Öffnen unmittelbar hindern. Überdies erweist sich dieses Vorgehen vorteilhaft, weil späteres und gedrängteres Aufbiegen des Eisens zu ungenügen-

[1]) Heft 58 des deutschen Ausschusses für Eisenbeton, 1928; (Versuchsbericht von *Graf*, Auswertung von *Mörsch*); 2. Internationale Tagung für Brücken- und Hochbau in Wien 1928 S. 230 u. f. (Bericht von *Mörsch* über neue Versuche für Wayss & Freytag, A.-G.)

[2]) Die heute übliche Bemessung der Zug- und der Druckzone der Eisenbetonbalken ist durch Versuch und Erfahrung gut begründet. Für die Bewehrung ist die Streckgrenze maßgebend; der Beton kann mit der Würfelprobe beurteilt werden. (Vergl. *Mörsch*, „Der Eisenbetonbau", 6. Aufl. 1. Band; Handbuch für Eisenbetonbau, 3. Aufl. 1. Band, 4. Auflage S. 73 u. f. (Beitrag von *Graf*). Die für die Verankerung der Bewehrung zu beachtenden Maßnahmen sind von den führenden Konstrukteuren entwickelt worden. Die Verankerung wird unter der Annahme gestaltet, daß der Haken in der Lage sein soll, die Zugkräfte aus dem Eisen in den Beton zu übertragen. Diese Annahme bedingt Beziehungen zwischen Hakenpressung und Betonfestigkeit, die weiterer Klarstellung bedürfen.

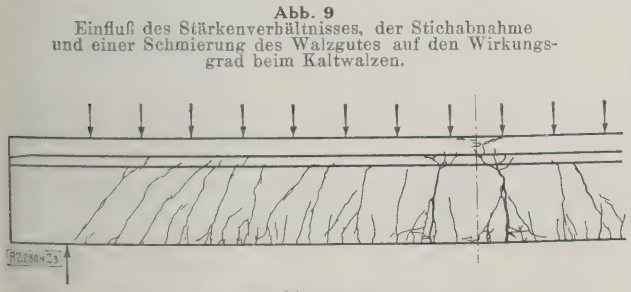



**Abb. 10**
Balken 1026 mit Bewehrung nach Abb. 11 und 12.

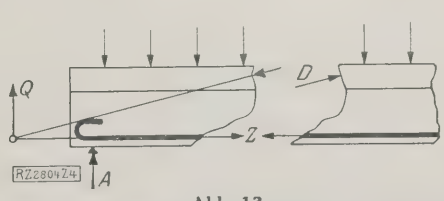
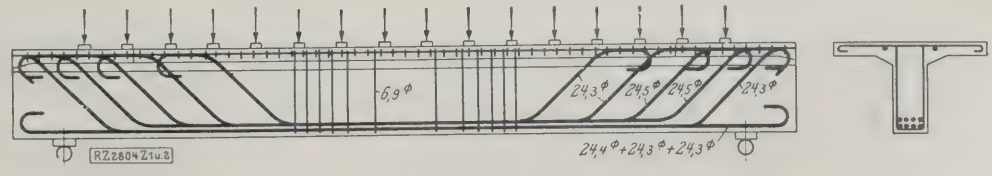



**Abb. 13**
Kraftübertragung in Eisenbetonbalken mit schiefen Rissen nach *Mörsch*.

**Abb. 11 und 12**
Balken 1026 mit voller Schubsicherung.



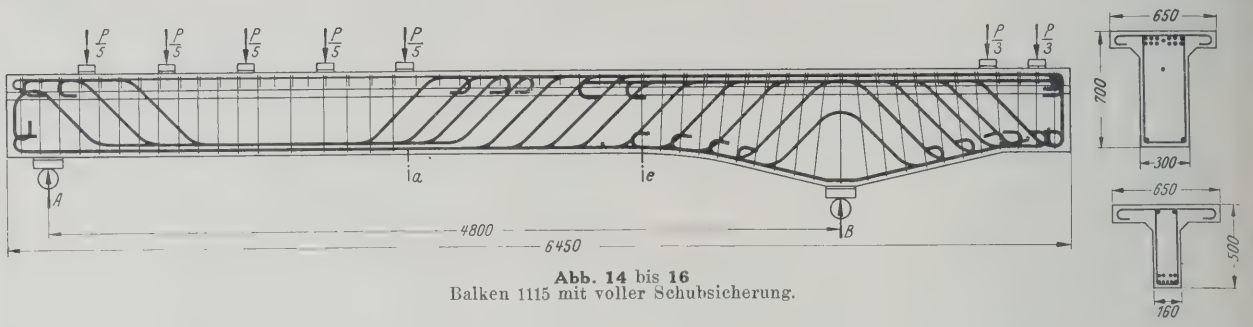



**Abb. 14** bis **16**
Balken 1115 mit voller Schubsicherung.

der Deckung gegen schiefe Risse, auch zu Anhäufungen der Haken der Bewehrung führen kann; beides beeinflußt die Rißbildung und die Bruchlast ungünstig[3]).

Frei aufliegende Balken aus gutem, sorgfältig behandeltem Beton mit zweckmäßig angeordneten Einlagen lieferten das Bruchbild Abb. 13, auch wenn die aufgebogenen Eisen nur halb so dick bemessen waren, als sie mit den bezeichneten Konstruktionsregeln ausgeführt werden, allerdings ohne daß damit eine Ersparnis an Eisen eintrat. Hierzu hat *Mörsch* hervorgehoben, daß in solchen Balken die Kraft im Druckgurt gegen die Widerlager hin eine Richtung annehme — in Abb. 13 mit *D* bezeichnet —, die zur Entlastung der aufgebogenen Eisen führe; auch hat er bemerkt, daß die Verhältnisse bei durchlaufenden Balken weniger günstig zu erwarten seien.

Es sind deshalb Balken nach Abb. 14 bis 16 und ähnlicher Bauart geprüft worden[4]). Der Balken nach Abb. 14 bis 16 (Balken 1115) erhielt schräge Eisen für sogenannte volle Schubsicherung, d. h. die schiefen Zugkräfte waren rechnerisch voll den Eisen zugewiesen. Das Gebiet der größten schiefen Zugkräfte lag zwischen den Querschnitten *a* und *e*. Die Momenten-, und die Querkraftlinien, Abb. 17, zeigen, daß die schiefen Eisen im maßgebenden Gebiet ohne weiteres durch Aufbiegen der unten frei werdenden Zugeisen gewonnen werden konnten. Die Zerstörung trat infolge Überschreitens der Streckgrenze der Bewehrung des Zuggebietes im Gebiet der größten Biegungsmomente ein, wie ein Vergleich von Abb. 17 und 18 lehrt. Wurden die aufgebogenen Eisen in der Anordnung nach Abb. 14 bis 16 nur halb so stark gewählt (Balken 1116), so trat die Zerstörung unter kleinerer Last im Gebiet der größten Schubkräfte ein gemäß Abb. 19. Das Bruchbild Abb. 19 entspricht nicht den Erfordernissen, die oben gestellt sind. Dazu tritt, daß der Balken mit halber Schubsicherung nur etwa 2 vH weniger Eisen erforderte als der Balken nach Abb. 14 bis 16.

Die Versuche geben keinen Anlaß, von der vollen Schubsicherung abzusehen.

[3]) Vergl. u. a. Handbuch für Eisenbetonbau 3. Aufl. Bd. 1 S. 266 Zusammenstellung 50.

[4]) Vergl. *Graf* und *Mörsch*, Heft 58 des Deutschen Ausschusses für Eisenbeton, 1928.

Noch eindringlicher wird diese Folgerung begründet durch Versuche, die im vergangenen Jahr mit Mitteln der Firma Wayss & Freytag, A.-G., ausgeführt worden sind[5]).

Zunächst zeigte die Wiederholung der Versuche mit den Balken nach Abb. 11 und 12 mit geringerwertigem Beton, daß bei voller Schubsicherung Betonfestigkeiten von mindestens 125 kg/cm² nötig sind, um die beabsichtigte Wirkung zu erreichen, vergl. Abb. 20. Wird die Bewehrung nur für halbe Schubsicherung bemessen, so ist für die Balken nach Abb. 11 und 12 zu schließen, daß sie an den äußeren Balkenteilen brechen, solange die Betonfestigkeit unter rd. 200 kg/cm² bleibt. Bei voller Schubsicherung genügte hier Beton mit etwa 120 kg/cm² Würfelsicherheit.

Auch hier zeigt sich, daß es z. Zt. nicht angezeigt ist, auf die rechnungsmäßige volle Schubsicherung der Eisenbetonbalken zu verzichten, um so mehr, als sich wieder herausstellte, daß die Verringerung der Querschnitte der aufgebogenen Eisen bei sachgemäß angeordneter Bewehrung keine Eisenersparnis lieferte.

Die Versuche ließen erkennen, daß mit den von *Mörsch* entwickelten Konstruktionsregeln Eisenbetonbalken entstehen, die ohne wirtschaftliche Behinderung die Ausnutzung der Bewehrung bis zur Streckgrenze mit einem Beton ermöglichen, der die heute geltenden Mindestfestigkeiten nur wenig überschreitet.

Selbstverständlich deckt sich der Rechnungsweg nicht voll mit den wirklichen Verhältnissen; die Kraftübertragung weicht nach dem Auftreten der schiefen Risse um so mehr von den Voraussetzungen der Rechnungen ab, je weniger zweckmäßig die Bewehrung angeordnet ist. Ob dieser Umstand Vereinfachungen und Erleichterungen in den Konstruktionsregeln vertreten läßt, ist weiteren Untersuchungen vorbehalten.

In bezug auf die Gestaltung der Bewehrung ist erneut verfolgt worden, ob die Verankerung der geraden Eisen der Zugzone v o r dem Auflager angängig ist, wie dies oft geschieht, von führenden Konstrukteuren aber abgelehnt wird mit der Forderung, daß die Eisen in der Druckzone oder im Balkenende zu verankern seien. Im Balken 1129 nach Abb. 21 waren die Zugeisen so gekürzt, daß die Deckung der Zugkräfte durch die Biegemomente nach üblicher Auffassung eben noch als erreicht zu betrachten wäre; er lieferte die Bruchlast zu 52 t ($K = 123$ kg/cm²) gegen 73,5 t ohne Kürzung der Eisen (Balken 1124, $K = 117$ kg/cm²). Von den Haken ausgehend, entstanden vorzeitig kräftige Risse durch die Unstetigkeit der Kräfteverteilung.

Sehr ungünstig verhielten sich Balken, die sogenannte schwimmende Eisen enthielten, das sind schiefe Eisen, die un-

[5]) Vergl. *Mörsch*, Internationaler Kongreß für Brücken- und Hochbau, Wien 1928, S. 230 u. f.

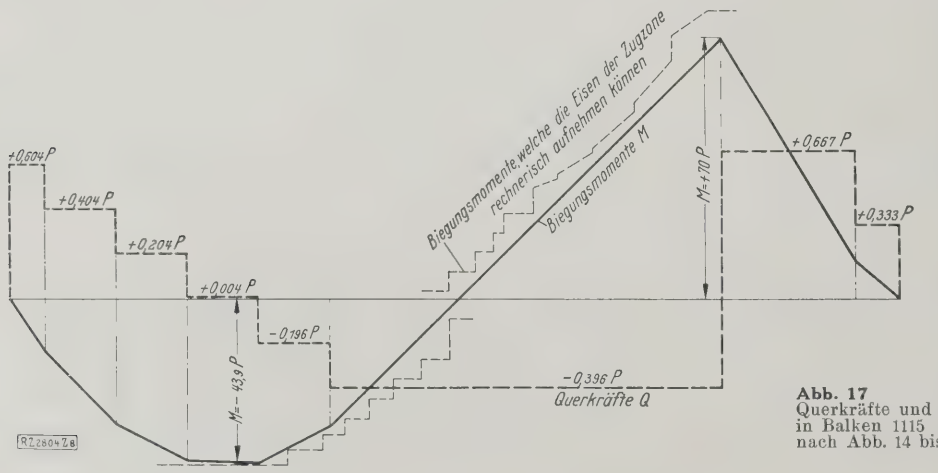



**Abb. 17**
Querkräfte und Biegungsmomente in Balken 1115 nach Abb. 14 bis 16.

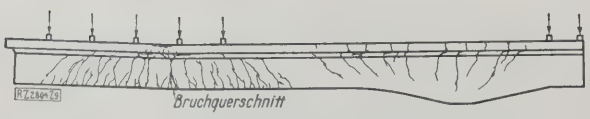



**Abb. 18**
Seitenflächen des Balkens 1115 nach dem Versuch.

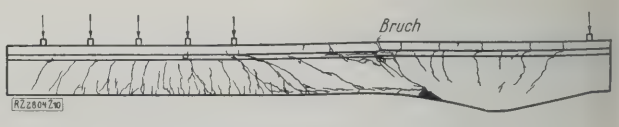



**Abb. 19**
Seitenflächen des Balkens 1116 mit halber Schubsicherung, sonst etwa wie Abb. 14 bis 16.

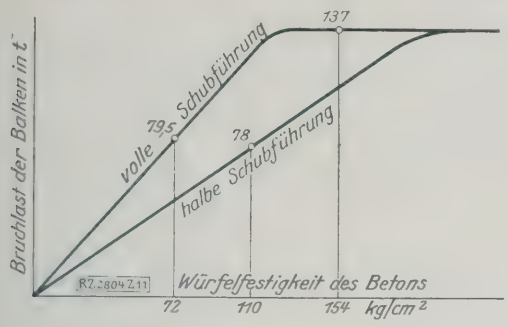



**Abb. 20**
Einfluß der Festigkeit des Betons auf die Widerstandfähigkeit am Balken 1026 nach Abb. 11 und 12.

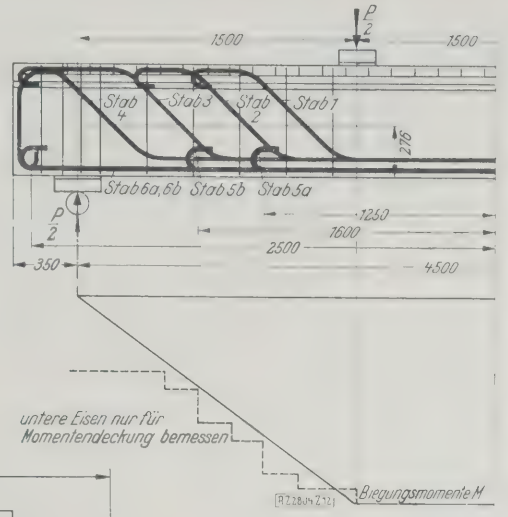



**Abb. 21**
Versuchsbalken 1129 mit halber Schubsicherung.

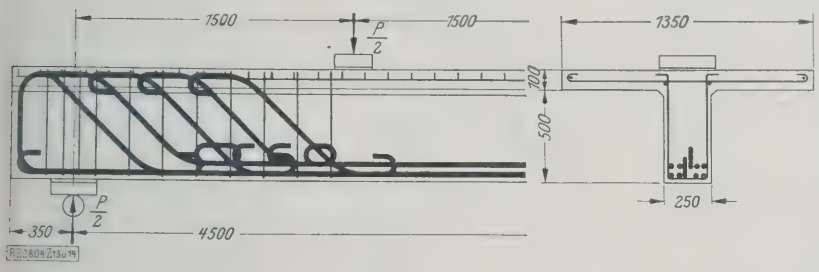



**Abb. 22 und 23**
Versuchsbalken mit sogen. schwimmenden Eisen als Bewehrung gegen Schubkräfte.

abhängig von der Hauptbewehrung, gemäß Abb. 22 und 23 umgelegt waren. Die Bruchlast des Balkens 1130 mit Bauart nach Abb. 22 und 23 betrug 63 t gegen 73,5 t bei dem Balken 1124 mit durchlaufenden Aufbiegungen; dazu trat ein erheblicher Mehraufwand an Eisen für die Balken nach Abb. 22 und 23.

Die erörterten Versuche bringen in Erinnerung, daß neben der Bemessung der Bewehrung die Verankerung der Eisen und damit auch die Verteilung der Eisen sehr wichtig ist. Die z. Zt. geltenden Vorschriften für Eisenbeton verlangen hierzu, daß die Haken eine gewisse Größe haben müssen, und daß die Kraft, die über die Oberfläche der Eisen in den Beton tritt, rechnungsmäßig eine bestimmte Größe nicht überschreite. Diese Vorschriften gelten unter der Voraussetzung, daß der Beton nach 28 Tagen mindestens 100 kg/cm² Würfelfestigkeit aufweist. Ob diese Forderung ausreichend ist, wird zur Zeit geprüft[6]).

Stuttgart [M 2804] *Otto Graf*

[6]) Die bis jetzt vorliegenden Versuche zeigen selbstverständlich, daß die zulässige Pressung der Eisen in den Abbiegungen und Haken von der Betonfestigkeit abhängt; eine unter vereinfachten Voraussetzungen durchgeführte Rechnung liefert für die Fälle, bei denen die Betonfestigkeit an den Haken maßgebend war, Zahlen, die das ein- bis zweifache der Würfelfestigkeit betragen.

## *Elektrotechnik*

### Neue elektrische Großmaschinen

#### Kraftwerk Handeck

Die von den Bernischen Kraftwerken, A.-G., und andern schweizerischen Elektrizitätsgesellschaften gegründeten Oberhasli-Kraftwerke, A.-G., nutzen das Wasser des durch mächtige Speicher geregelten oberen Aaregebietes in drei Gefällstufen aus, und zwar in den drei Kraftwerken Handeck, Boden und Innertkirchen. Die oberste Staustufe wird von dem 1875 m hoch gelegenen Grimselsee gespeist[1]). Bei vollem Ausbau umfaßt das etwa 1400 m hoch gelegene Kraftwerk Handeck vier lotrechte Maschinensätze mit Drehstromerzeugern von je 28 000 bis 32 000 kVA, cos $\varphi = 0{,}75$, 11 000 V, 500/900 U/min, 50 Hertz und einem Schwungmoment $G\,D^2 = 200$ tm², am unteren Ende unmittelbar gekuppelt mit einem fliegend angeordneten Peltonrad. Die zwei ersten von der Maschinenfabrik Oerlikon gebauten elektrischen Maschinen, deren Aufbau in allen Einzelheiten aus Abb. 24 ersichtlich ist, sind Anfang 1929 in Betrieb gekommen. Der Stromerzeuger ist ganz in einem Zwischenboden des Kraftwerkes eingebaut, so daß nur das Traglager und die Erreger über den Maschinensaalboden hinausragen. Die Maschinenwelle mit den warm aufgeschrumpften Läuferringen ist in der Mitte unterteilt und mit Flanschen wieder zusammengefügt, um die Beförderung zum Kraftwerk zu ermöglichen, weil die Einzelgewichte 20 t nicht überschreiten durften. Aus demselben Grunde mußte auch der Ständer in vier Teile zerlegt werden. Die zwölf Pole sind je mit Hilfe von mehreren hakenförmigen Klauen und Keilen in runden Kanälen der Jochringe[2]) befestigt.

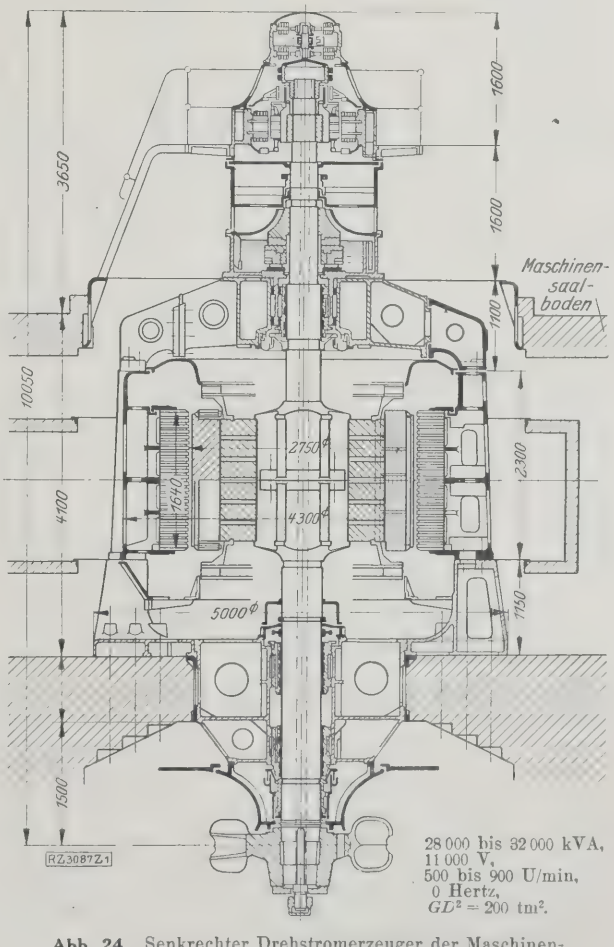
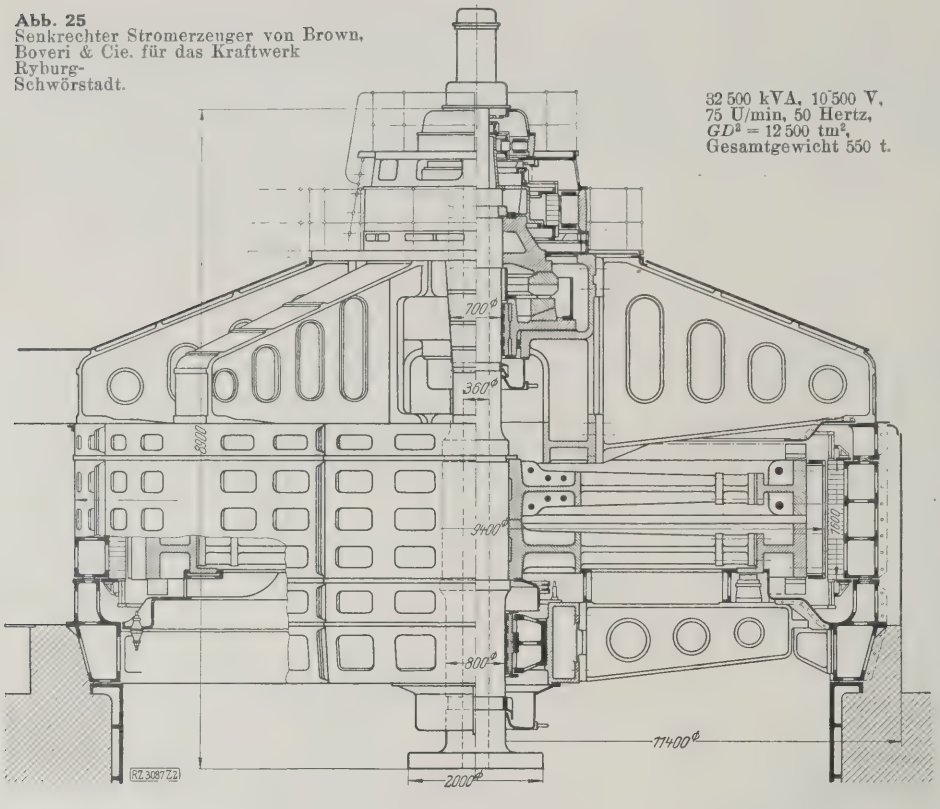



**Abb. 24.** Senkrechter Drehstromerzeuger der Maschinenfabrik Oerlikon für das Kraftwerk Handeck (Schweiz).

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 427.

[2]) Z. Bd. 72 (1928) S. 207 Abb. 45.

**Abb. 25**
Senkrechter Stromerzeuger von Brown, Boveri & Cie. für das Kraftwerk Ryburg-Schwörstadt.




Bei der Durchgangsdrehzahl kommt das Polrad auf eine Umfangsgeschwindigkeit von nahezu 130 m/s. Die Leistungszahl ist $C = N_s/D^2\,l\,n \approx 5$[3]). Um auch bei kapazitiver Belastung durch die langen Fernleitungen stabile Regelung zu erzielen und Selbsterregung zu vermeiden, haben die Stromerzeuger einen einseitigen Luftspalt von 40 mm und außer dem Haupterreger noch zwei Hilfserreger.

### Ryburg-Schwörstadt

Das am Oberrhein an der badisch-schweizerischen Grenze im Bau befindliche Wasserkraftwerk Ryburg-Schwörstadt[4]) erhält vier lotrechte Kaplanturbinen in unmittelbarer Kupplung mit vier Drehstromerzeugern, Abb. 25, von je 32 500 kVA, 10 500 V, 50 Hertz, 75 U/min, $G\,D^2 = 12\,500$ tm². Zwei davon werden von Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim, die beiden andern von deren Werk in Baden (Schweiz) gebaut. Die Maschinen haben je zwei Führungslager und ein Segmentspurlager; oberhalb des letzteren sitzt der Haupt- und der Hilfserreger. Das Gesamtgewicht des Stromerzeugers wird mit 550 t angegeben. Bei der Eisenlänge $l = 1600$ mm ist es notwendig, zwei mehrfach geteilte Läuferkörper übereinander anzuordnen; am untern ist eine Bremse angebracht. Im Ständer ist eine Zweischichtwicklung vorgesehen, in den Polschuhen steckt eine Dämpferwicklung. Zwecks guter Lüftung ist die Maschine halb geschlossen, der Läufer trägt beiderseits Lüftflügel. Die Umfangsgeschwindigkeit beträgt 37 m/s, bei der Durchgangsdrehzahl über 80 m/s; die Leistungszahl $C$ beträgt rd. 3.

### Kembs

Das Kraftwerk Kembs nutzt die erste Rhein-Staustufe unterhalb von Basel mit 16,5 m Gefälle durch fünf lotrechte Propellerturbinen aus, deren Laufrad-Dmr. außen 5600 mm mißt und deren Propellerflügel 1190 mm lang sind. Die unmittelbar gekuppelten Drehstromerzeuger der Société Alsacienne, Belfort, leisten bei 93,7 U/min und cos $\varphi = 0{,}75$ 31 000 kVA mit 8800 V und 50 Hertz.

[3]) $N_s$ = Scheinleistung in kVA, $D$ = Ständerbohrung in m, $l$ = axiale Eisenlänge samt Lüftkanälen in m, $n$ = Drehzahl in der Minute. Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 129 u. f. Gl. (1) u. (4).

[4]) Z. Bd. 72 (1928) S. 81.

### Zschornewitz

Die leistungsfähigsten Stromerzeuger Europas sind die bei den von den Elektrowerken A.-G., für das Großkraftwerk Zschornewitz bestellten, mit Dampfturbinen gekuppelten Drehstromerzeuger für 100 000 kVA, cos $\varphi = 0{,}85$, 150 U/min, 50 Hertz, 13 000/6500 V. Der eine, in Abb. 26 dargestellte, wird von Brown, Boveri & Cie., A.-G., Mannheim, der zweite von den Siemens-Schuckertwerken, A.-G., Berlin-Siemensstadt, gebaut. Die Kühlluft des Stromerzeugers, Abb. 26, läuft im Ständer radial von außen nach innen und durch den Luftspalt wieder nach außen im geschlossenen Kreislauf; auf der Maschinenachse sitzt ein besonderer Blas- und Sauglüfter für 70 m³/s. Der Läufer mit 1680 mm Dmr. ist aus einer großen Zahl Stahlplatten aufgebaut, bei einem einseitigen Luftspalt von 35 mm; die Eisenlänge $l$ beträgt 4000 mm, die Umfangsgeschwindigkeit 132 m/s; die Leistungszahl $C$ erreicht rd. 5,5. Außer dem Haupterreger ist ein Hilfserreger vorgesehen.

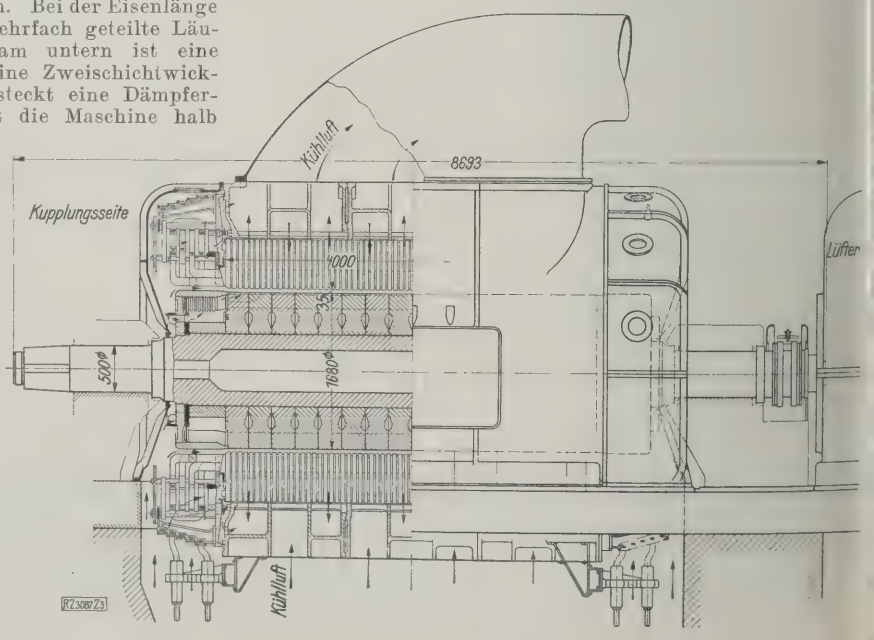
### St. Dénis

Während bisher die Leistung der zweipoligen Turbostromerzeuger für 50 Hertz und 3000 U/min knapp an 50 000 kVA herangekommen ist, baut die Maschinenfabrik Oerlikon[5]) für das Pariser Kraftwerk St. Dénis einen Dampfturbosatz von 50 000 kW bei cos $\varphi = 0{,}7$ oder rd. 71 500 kVA bei 3000 U/min und 10 500 V. Die Dampfturbine für 75 000 PS hat vier Gehäuse auf einer Welle mit vier Kondensatoren, die unter den bei den Niederdruckgehäusen stehen. Der Dampfdruck wird 60 bis 66 at, die Dampftemperatur 480 bis 500 °C betragen.

Prag [M 3087] Prof. Dr. *F. Niethammer*

[5]) „Electrician" Bd. 103 (1929) S. 139.

**Abb. 26**
Drehstromerzeuger für das Großkraftwerk Zschornewitz der Elektrowerke, A.-G., unmittelbar gekuppelt mit einer Dampfturbine.
100 000 kVA, 13 000/6500 V, 1500 U/min, 50 Hertz



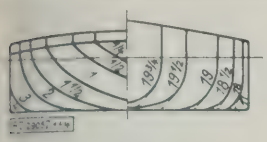


Abb. 27
Olga.

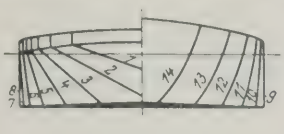


Abb. 28
Berta.

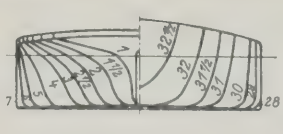


Abb. 29
Emma.

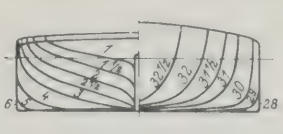


Abb. 30
Hulda.

**Abb. 27 bis 33**
Untersuchte Schiffsformen und Widerstand im Kanalprofil.

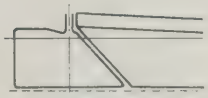


Abb. 31
Ruderanordnung Berta, Olga.

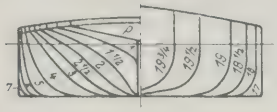


Abb. 32
Amanda.

Abb. 33
Vorgeschriebene Ruderanordnung.

## *Schiffs- und Seewesen*

### Wirtschaftliche Binnenschiffe

#### Vergleichende Modell-Schleppversuche

Nach der Vollendung des Mittellandkanals und seines Anschlusses über das Gebiet der Märkischen Wasserstraßen an das östliche Schiffahrtnetz werden die günstigen Schiffsformen der westlichen Wasserstraßen, insbesondere der Kahn für den Dortmund-Ems-Kanal, in Mittel- und Ostdeutschland den Wettbewerb stark beeinflussen. Die auf den Kanälen und Flüssen Mittel- und Ostdeutschlands heimische Schiffahrt wird nur dann dem Wettbewerb begegnen können, wenn sie über entsprechend leistungsfähige Kahnformen verfügt. Das Bestreben der Schiffahrtkreise und der Verwaltung der Märkischen Wasserstraßen geht zweckmäßig auf Vereinheitlichung (wichtig auch im Hinblick auf Schleusenabmessungen und -betrieb) und Entwicklung einer günstigen Schiffsform mit verhältnismäßig geringem Schleppkraftbedarf bei größter Tragfähigkeit — günstigster Völligkeit — bei 67 m Länge (bisher höchstens zulässig 65 m), 8,2 m Breite (8,0) und etwa 700 t Tragfähigkeit bei 1,75 m Tiefgang. Die Heckform soll ein Unterdrehen des Ruders gestatten und die Kimm zur Schonung der Kanalwandungen unter Wahrung der Kursbeständigkeit bei schlepperloser Talfahrt möglichst stark gerundet sein.

Die Preußische Versuchsanstalt für Wasserbau und Schiffbau, die seinerzeit den Kahn für den Dortmund-Ems-Kanal im zugehörigen Kanalprofil durch systematische Versuche entwickelt hat, war in der für die Entscheidung der vorliegenden Fragen maßgebenden Zeit gerade im Umbau[1]). Daher sind die von der Verwaltung der Märkischen Wasserstraßen angeregten neuen Modellschleppversuche in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt ausgeführt worden. Die Untersuchungen waren nach dem Programm im Maßstab 1 : 12,5 in einem unbegrenzten Strom von 2,25 m Tiefe und im Profil des Hohenzollern-Kanals (3 m) durchzuführen. Das Ergebnis liegt jetzt vor[2]).

[1]) Die große Schleppriune ist auf rd. 190 m verlängert worden; die Stadtbahnbogen werden verstärkt.

[2]) *Koch-Förster:* Wirtschaftlichere Binnenschiffe! Bericht über Untersuchungen des Schiffsmaterials der mitteldeutschen Ströme und Kanäle; mit einer Nachfügung von *Kempf*, Werft, Reederei, Hafen Bd. 10 1929) Nr. 3 S. 41.

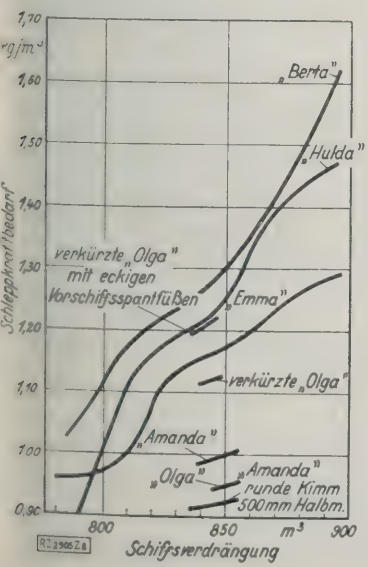



**Abb. 34**
Schleppkraftbedarf im Profil des Hohenzollernkanals auf 1 t Wasserverdrängung bei 5 km/h Geschwindigkeit.

**Zahlentafel 1**

| Schiff | Verdrängung t | δ | Längen des Vorschiffs m | Längen des Hinterschiffs m | Schiffswiderstand Schiffsverdrängung bei 5 km/h |
|---|---|---|---|---|---|
| Olga | 849,4 | 0,896 | 10,4 | 13,4 | 0,00095 |
| Berta | 893 | 0,939 | 5,0 | 6,5 | 0,00161 |
| | 870 | 0,918 | 7,5 | 9,0 | 0,00142 |
| | 843 | 0,892 | 10,0 | 11,5 | 0,00127 |
| | 816 | 0,866 | 12,5 | 14,0 | 0,00120 |
| | 790 | 0,840 | 15,0 | 16,5 | 0,00105 |
| Emma | 883 | 0,949 | 5,0 | 6,5 | 0,00127 |
| | 857 | 0,922 | 7,5 | 9,0 | 0,00119 |
| | 831 | 0,894 | 10,0 | 11,5 | 0,00104 |
| | 805 | 0,866 | 12,5 | 14,0 | 0,00098 |
| | 779 | 0,841 | 15,0 | 16,5 | 0,00096 |
| Hulda | 890 | 0,953 | 5,0 | 6,5 | 0,00146 |
| | 865 | 0,927 | 7,5 | 9,0 | 0,00138 |
| | 840 | 0,900 | 10,0 | 11,5 | 0,00121 |
| | 816 | 0,874 | 12,5 | 14,0 | 0,00115 |
| | 791 | 0,841 | 15,0 | 16,5 | 0,00091 |
| Amanda | 840,6 | 0,897 | 10,4 | 15,0 | 0,00099 |

Die untersuchten Formen und wichtige Daten zeigen Abb. 27 bis 33 nebst Zahlentafel 1. Die Formen sind in Anlehnung an die z. Z. auf den mitteldeutschen Gewässern verkehrenden Kähne („Berta"), aus einem andern Kahn durch Verbesserung der Spantfüße („Emma"), aus dem erwähnten Kahn für den Dortmund-Ems-Kanal („Hulda"), einem modernen Oderkahn („Olga") und einem Kompromißentwurf aus Vorschiff der „Olga" und Hinterschiff der „Emma" entsprechend den konstruktiven und sonstigen Bedingungen („Amanda") entwickelt worden. Wichtig ist, daß „Hulda" nicht der günstige Dortmund-Ems-Kahn selbst ist, sondern gemeinsam aus diesem und einem Entwurf des Vereins der Flußschiffswerften Deutschlands neu entstanden ist; für das Endergebnis kann dieser Umstand vielleicht ausschlaggebend sein. Die günstigste Völligkeit liegt nach den Versuchen etwa in der Gegend von 0,9, Abb. 34. Bei dieser günstigsten Völligkeit ergab sich im freien Profil und auch im Kanalprofil die Gütefolge: „Berta", „Hulda", „Emma", „Amanda", „Olga". Da aber die Form der „Olga" die Anbringung eines unterdrehbaren Ruders nicht gestattet, anderseits eine um 2 m „verkürzte Olga" mit aufgehängtem Balanceruder und dadurch gleicher Schleusenlänge wie die längeren Modelle mit unterdrehbarem Ruder, aber entsprechend höherer Völligkeit ungünstiger als „Amanda" war, muß die „Amanda" als günstigste Form bezeichnet werden.

Besondere Versuche betrafen den Einfluß gerundeter Spantfußformen im Vorschiff und einer Abrundung der Kimm des Mittelschiffes mit 0,5 m Halbmesser. Letztere verringert den Schleppkraftbedarf gegenüber eckiger Kimm um 12 bis 5 vH im Kanal, um 5 bis 8 vH im unbegrenzten Wasser (im Geschwindigkeitsbereich 4 bis 7 km/h). Die größere Neigung des rundkimmigen Kahnes zur Abtrift und zum Gieren ist auch im Modell nachweisbar, erreicht aber keine unzulässigen Beträge. Empfohlen wird daher sowohl in der Denkschrift der Hamburgischen Anstalt wie in der Aussprache vom 19. Dezember 1928 zwischen den beteiligten Reichsstellen und Vertretern der praktischen Schiffahrt und der Theorie ein Kimmhalbmesser von rd. 250 mm.

In einem Anhang zu den vorstehenden Mitteilungen hat *Kempf* den Versuch unternommen, die Ergebnisse mit denen der 1910 durchgeführten Untersuchungen der Berliner

Versuchsanstalt (s. Absatz 2) zu vergleichen. Es ist natürlich schwierig, den Schiffswiderstand des „Berninghaus" im Rhein-Weser-Kanal mit dem der „Amanda" im Hohenzollernkanal einwandfrei auf gleicher Grundlage einander gegenüberzustellen. *Kempf* findet nach mehreren Umrechnungen, daß „abgesehen von der Wassertiefe" die „Amanda" gegenüber „Berninghaus" einen „praktisch geringen Vorteil von etwa 6½ vH" zeigt. Aus dem Nachlaß des verstorbenen *H. Krey*[3]), eines allerersten Fachmannes auf diesem Gebiete, wird in Kürze eine diesbezügliche neue Arbeit veröffentlicht werden. Durch die hier vorgenommene Aufteilung des Gesamtwiderstandes im „beschränkten" Wasser in mehrere Anteile gelingt es, eine solche Vergleichserscheinung auch unter Berücksichtigung der Wassertiefe, d. h. unter Umrechnung auf den andern Kanalquerschnitt, durchzuführen. Es wird sich dann zeigen, ob das Ergebnis der *Kempfschen* Überschlagrechnung hierbei erhalten bleibt. [M 2905]

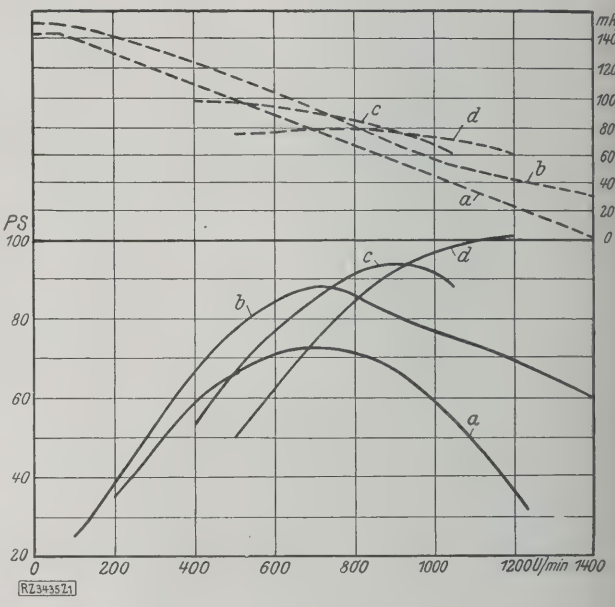
Berlin Dr.-Ing. *Fr. Eisner*

[3]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1456.

# Kleine Mitteilungen

### Eignung des schnellaufenden Dieselmotors für Maschinenantriebe

Aus der vergleichenden Darstellung der Kennlinien verschiedener Kraftmaschinenanlagen, s. Abb., ist zu ersehen, in wie hohem Maß sich der schnellaufende Dieselmotor namentlich in Verbindung mit der elektrischen Kraftübertragung für Maschinenantriebe mit stark veränderlichen Widerständen, z. B. Antriebe von Baggern oder andern Baumaschinen, Fahrzeugen usw., eignet. Die günstigste Antriebmaschine ist allerdings, rein vom Standpunkt des Maschinenbetriebs aus betrachtet, die Dampfmaschine mit ihrem bei fallender Drehzahl gleichmäßig zunehmenden Drehmoment und ihrer niedrigen Mindestdrehzahl. Diese Eigenschaften werden jedoch beim Dieselmotor mit elektrischer Übertragung noch überboten, insofern, als die Leistungen bei hohen Drehzahlen verhältnismäßig höher sind und kleinere Mindestdrehzahlen erreicht werden. Gegenüber dem Vergasermotor bietet der Dieselmotor von gleicher Zylinderzahl und gleichen Hauptabmessungen als Vorteile das Ansteigen des Drehmoments bei abnehmender Drehzahl sowie die niedrigere Mindestdrehzahl. Diesen Vorteilen gegenüber tritt der Umstand, daß der Vergasermotor bei hohen Drehzahlen verhältnismäßig höhere Leistungen erreicht, in der Bedeutung zurück. Wichtig für solche Antriebe ist namentlich der Umstand, daß der Dieselmotor noch bei etwa ⅛ der Nenndrehzahl nutzbare Arbeit abgeben kann, während der Vergasermotor stecken bleibt, sobald seine Drehzahl unter etwa die halbe Nenndrehzahl sinkt. („Mechanical Engineering" August 1929 S. 571/75*) [N 3466 a] *H.*




Kennlinien verschiedener Kraftmaschinenanlagen.

*a* Umsteuerbare Zwillingsdampfmaschine für Auspuffbetrieb ohne Regler. 165 mm Zyl.-Dmr., 178 mm Hub. 10,75 at Betriebsdruck, 75 vH Füllung
*b* Diesel-elektrische Kraftanlage mit Vierzylinder-Dieselmotor von 152 mm Zyl.-Dmr. und 203 mm Hub
*c* Vierzylinder-Dieselmotor von 152 mm Zyl.-Dmr. und 203 mm Hub
*d* Vierzylinder-Vergasermotor von 152 mm Zyl.-Dmr. und 203 mm Hub

——— Leistungen – – – – Drehmomente

### Starkstromkabel auf Masten

Die Detroit Edison Co. hat ein dreiadriges Kabel für 24 kV auf Masten verlegt. Das Kabel hat 178 mm² Kupferquerschnitt und 8 mm dicke Papierisolierung, die Adern haben 3,6 mm dicke Mäntel aus Blei mit 1 vH Antimon. Der Außendurchmesser des Kabels beträgt 80 mm, das Gewicht 18,68 kg/m. Die Spannweite zwischen den Masten beträgt 37 m. („Electrical World" 3. August 1929 S. 234*) [N 3466 b] *Pa.*

### Stählerne Stauklappen

Für das Kraftwerk in Saxton in der Nähe des Juniatastromes, das 1922 erbaut ist und 55 000 kW leistet, hat man jetzt im Strom einen Damm mit Stauklappen errichtet, der das Wasser den Kondensatorpumpen des Werkes zuleiten und während der Sommermonate aufspeichern soll. Die am Kopf des Dammes beweglichen Stauklappen haben den Zweck, bei niedrigem Wasserstand für Stauwasser zu sorgen und bei Hochflut einen freien Wasserdurchfluß zu gewährleisten. Der Damm und die Stauklappen sind stark genug, um einem Stauwasser bis zu 2½ km Länge zu widerstehen; bei Hochflut werden die Klappen heruntergelassen.

Die Stauklappen sind in 6 m langen Einzelteilen mit 183 m Gesamtlänge gebaut, jeder Teil besteht aus zwei aneinander geschweißten Platten von 1,8 m × 2,7 m. Zum Versteifen der Platten dienen senkrechte Winkel, an der Unterkante ein einfacher Winkel und an der Oberkante ein I-Balken. Die Stauklappen sind an kleinen Knieblechen aufgehängt und lassen sich um ein mittleres schweres Knieblech mit Hilfe von Wasserdruckzylindern drehen. Man hat durch guten Wasserumlauf dafür Sorge getragen, daß man die Stauklappen auch bei kaltem Wetter betätigen kann. („Electrical World" 3. August 1929 S. 224*) [N 3466 c] *Bl.*

### Vereinigter Lokomotivmeß- und Gleisprüfwagen

Die brasilianische Zentralbahn hat sich neuerdings einen Meßwagen bauen lassen, der gleichzeitig zu Lokomotivversuchsfahrten und zu Untersuchungen des Gleiszustandes benutzt werden kann. Außer den gebräuchlichen Einrichtungen zum Aufzeichnen von Zugkraft, Leistung, Geschwindigkeit usw. sind Vorrichtungen zum Prüfen der Spurweite und der Gleisunebenheiten vorhanden. Die Spurweite wird mittels Rollen gemessen, die von Federn an die Schienen angedrückt werden, Gleistäler werden von einer am Achslager angebrachten Vorrichtung, Erhebungen von einem Gyroskop angezeigt. Dabei werden Stellen mit unregelmäßiger Spurweite und Gleistäler durch Farbspritzer auf den Schienen kenntlich gemacht. Der Wagen ist 16,3 m lang und ruht auf zwei Drehgestellen. (Engineering News-Record 8. August 1929 S. 208) [N 3466 d] *Ro.*

### Schaufellader beim Untergrundbahnbau

Bei der Erweiterung des Netzes der New Yorker Untergrundbahn muß in Brooklyn ein rd. 235 m langer Tunnel von 5,5 m Dmr. durch festen Fels getrieben werden. Zum Verladen der losgesprengten Felsstücke verwendet man mit gutem Erfolg einen Schaufellader, den man sonst nur im Bergbau[1]) antrifft. Das Gewicht des Schaufelladers beträgt 13 t. Die Schaufel faßt 0,38 m³, sie kann in dem engen Tunnel um 360 ° geschwenkt werden.

Von den drei eingebauten Elektromotoren dient einer zum Heben und der zweite zum Vor- und Rückwärtsstoßen der Schaufel, während der dritte den Oberwagen schwenkt und das Raupenfahrwerk antreibt. (Engineering News-Record 1. August 1929 S. 193*) [N 3466 e] *Sd.*

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 1315 und Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 381.

### Erweiterung des Schnellbahnnetzes in Paris

Zwei neue Untergrundbahnstrecken von Porte d'Auteuil und Porte de St. Cloud nach Vincennes sollen bis zur Internationalen Kolonial-Ausstellung 1931 fertiggestellt sein. Von Vincennes führen beide Strecken bis zum Platz der Republik unter den großen Boulevards entlang, wo sich die

beiden Strecken in zwei übereinanderliegenden eingleisigen Tunneln trennen. Mit Rücksicht auf den starken Verkehr während der Ausstellung wird außerdem die elektrisch betriebene Strecke der Ostbahngesellschaft vom Bahnhof Bastille aus in den Betrieb der Schnellbahn einbezogen werden. („The Engineer" 16. August 1929 S. 185)
[N 3466 f] *Ro.*

**Straßenbau in den Vereinigten Staaten**

Der amerikanische Straßenbau hat bei der Wahl der Bauweise, insbesondre in den oft von Unwettern und Stürmen heimgesuchten Gegenden, außer auf die Anforderungen des Verkehrs auch auf folgenden Umstand Rücksicht zu nehmen: Man hat in den letzten Unwetterjahren häufig Gelegenheit gehabt, das Verhalten und die Widerstandfähigkeit verschiedener Bauweisen gegen Stürme und Überschwemmungen zu vergleichen. Offenbar haben sich Betonstraßen am besten bewährt. So hat das Straßenbauamt Vermont, das 1926 Straßen von 1680 km Gesamtlänge verwaltete, darunter 64 km Betonstraßen, auf Grund der Erfahrungen nach dem Hochwasser 1928 weitere 80 km als Betonstraßen ausgeführt. Bis 1931 sollen 440 km und bis 1936 weitere 450 km Straßen für einen Tagesverkehr von 800 Fahrzeugen gebaut werden, außerdem 128 km mit starker Decke. Von dem rd. 1400 km langen Straßennetz Marylands hat man rd. 50 vH für schweren Verkehr umgebaut, davon fast die Hälfte als Betonstraßen; in Zukunft will man 90 vH aller neuen Straßen in Beton ausführen.
[N 3466 g]

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Die Abwärmetechnik.** Von *Hans Balcke*. 1. bis 3. Bd. München und Berlin 1928 und 1929. R. Oldenbourg. 1. Bd. 290 S. m. 147 Abb. Preis 15 *RM*; 2. Bd. 198 S. m. 125 Abb. Preis 11,50 *RM*; 3. Bd. 242 S. m. 169 Abb. Preis 13,50 *RM*.

Die warme Aufnahme, die das VDI-Taschenbuch über den gleichen Gegenstand gefunden hatte, dürfte auch den vorliegenden Büchern zuteil werden. Der 1. Band befaßt sich mit den Abwärmequellen, der 2. Band mit dem allgemeinen Aufbau von Abwärmeverwertungsanlagen, der 3. Band mit Sondergebieten der Abwärmeverwertung.

Der Verfasser erblickt mit Recht in der Abwärme eine wesentliche Quelle für Energie und Wärmeversorgung, ob es sich um Abdampf oder Anzapfdampf, Abgase, Abwässer oder elektrische Abfallenergie handelt; er bespricht die Grundglieder einer Verwertungsanlage wie Wärmeaustauscher, Wärmespeicher, Wärmefortleitungsnetz und Armaturen ausführlich. Da die Abwärmeverwertung den Zweck hat, einen Gewinn zu verbuchen, so klärt der Verfasser im 2. Bande die allgemeinen wirtschaftlichen Gesichtspunkte, zeigt die Verfahren zur Feststellung des Abwärmeanfalls und die Grundschaltungen für Anlagen ohne und mit Speicher. Dann werden die Heizungskraftmaschinen, die Verheizung hochwertiger Abfallgase und die zweckmäßige Verwertung der Abwärme besprochen.

Der 3. Band enthält die Abwärmeverwertung für das Vorwärmen von Speisewasser, das Eindicken von Flüssigkeiten, Trocknen von Gütern, Erzeugen von Kälte, ferner die Abwärmeverwertung auf Schiffen und bei Lokomobilen und die Verwertung elektrischer Überschußenergie. Selbst den Meßgeräten wird im Zusammenhang ausreichende Beachtung gezollt.

Die drei Bände enthalten nichts Überflüssiges; aus allen Abschnitten spricht reiche Erfahrung des Verfassers auf diesem Gebiete, so daß das, was sie enthalten, auch brauchbar ist. [E 3324] Dr. *de Grahl*

**Diagramme und Tabellen zur Berechnung der Absorptions-Kältemaschinen.** Von *Fr. Merkel* und *Fr. Bošnjakovič*. Berlin 1929, Julius Springer. 43 S. m. 30 Abb. u. Taf. Preis 12 *RM*.

Die Berechnung von Absorptions-Kältemaschinen wurde bisher besonders dadurch erschwert, daß sich der Einfluß der sehr vielen verschiedenen Möglichkeiten des thermischen Prozesses nur auf dem Umweg über langwierige Rechnungen ermitteln ließ. Mit der Veröffentlichung der vorliegenden Diagramme und Tabellen haben die Verfasser hier eine wesentliche Erleichterung geschaffen. Analog dem *i-s*- oder *i-p*-Diagramm für Einstoffsysteme wurde für das Gemisch Ammoniak-Wasser ein *i-ξ*-Diagramm aufgestellt, das den Wärmeinhalt des Gemisches als Ordinate, seine Ammoniakkonzentration als Abszisse hat. Die Berechnung erfolgte auf Grund der Untersuchungen von *H. Mollier* und *Th. A. Wilson* unter Heranziehung der *Plankschen* Theorie der Absorptions-Kältemaschinen. Die Grundlagen dazu sind im zweiten Teil des Heftes von *Bošnjakovič* dargestellt, während *Merkel* im ersten Teil die Berechnung der in den einzelnen Apparaten umgesetzten Wärmemengen mit Hilfe der Diagramme zeigt.

Der bedeutende Vorteil, den die Benutzung der Diagramme bietet, liegt einmal darin, daß die Berechnung der Wärmemengen nun mit Hilfe von Wärmebilanzen erfolgen kann, daß also die oft verwickelten Vorgänge im Innern der Apparate nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Weiterhin aber gestattet die schaubildliche Darstellung des Prozesses, den Einfluß veränderlicher Betriebsbedingungen ohne langwierige Rechnungen zu übersehen und so die günstigsten Bedingungen aufzusuchen. Die Diagramme wurden auf Millimeterpapier gezeichnet und machen das Ablesen sehr leicht; die Ausstattung ist vorbildlich.
[E 3280] *Tamm*

**ADB-Werkzeugmaschinen-Blätter.** Entw. und bearb. von *T. Toussaint*. Herausgeg. von der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure im Verein deutscher Ingenieure. Berlin 1928, Beuth-Verlag. Mappe mit 40 Blättern. Preis 9 *RM*; Einzelblätter 0,30 *RM*, Doppelblätter 0,45 *RM*.

Die ADB-Werkzeugmaschinenblätter geben in gemeinverständlicher Weise schaubildliche Darstellungen des mechanischen Aufbaues der hauptsächlichsten Arten von Werkzeugmaschinen. Sie zeigen an der Hand einer großen Reihe einfacher, grundlegender Beispiele richtige und falsche Bauarten und verweisen ferner auf die Zusammenhänge zwischen dem Aufbau und der Zerspanung. Die Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure (ADB) hat mit der Herausgabe dieser Blätter eine vielen Betriebsbeamten bekannte Lücke in zweckmäßiger Form ausgefüllt. Wenn auch dem neuzeitlich geschulten Betriebsingenieur die Blätter nichts Neues sagen, so bieten sie doch den dem Werkzeugmaschinenbau Fernerstehenden, den Betriebsbeamten, den Werkmeistern und Vorarbeiten eine gute Hilfe zum Studium der in ihrem Betrieb laufenden Maschinen.

Die elementare Form der Darstellung ist dem Zwecke der Aufklärung besonders dienlich. Sie vermitteln zunächst einmal bei dem Leser eine grundsätzlich klare Anschauung, auf Grund deren er auch verwickelte Maschinen ohne weiteres verstehen lernt. Jeder geschulte Betriebsmann weiß, welche Fülle von Untersuchungen nötig ist, um ein genaues Bild über die Brauchbarkeit der Werkzeugmaschinen zu gewinnen, wenn es sich darum handelt, solche zu kaufen oder vorhandene Maschinen für andre Zwecke zu verwerten. Mit der Herausgabe der Blätter ist der Werkzeugmaschinenindustrie zu gleicher Zeit ein Dienst erwiesen, insofern als durch das gründliche Studium der Werkzeugmaschinenblätter der Ankauf älterer oder schlechter Bauarten vermieden wird. Weiter bilden die Werkzeugmaschinenblätter ein gutes technisches Lehrmittel.
[E 3368] *Forkardt*

**Die Bäckereimaschinen und Backöfen,** ihre Konstruktion und Anwendung. Bearb. von *A. Zimmermann*. Wilhelmshaven 1929, August Stecker & Co. 544 S. m. 523 Abb. Preis 15 *RM*.

Das Buch vermeidet schwierige technisch-wissenschaftliche Erörterungen grundsätzlich, damit es auch dem einfachsten Leser verständlich ist. Es wendet sich nicht an den Ingenieur, sondern im wesentlichen an den Bäckermeister.

Der Inhalt gliedert sich in:
1. die Entwicklung der Bäckereimaschine bis zum heutigen Stand,
2. Maschinen für Bäckereigewerbe und -industrie,
3. Maschinen für Zweiggewerbe und -industrie,
4. Kraftmaschinen.

Dem Titel nach hätte dem umfangreichen Gebiet des Backofens ein Hauptabschnitt gewidmet werden können. Leider sind die Erörterungen über Backöfen auf die ersten drei Abschnitte verteilt. Auch die weitere Einteilung der Abschnitte zeichnet sich nicht durch Planmäßigkeit aus. Backöfen mit Gasheizung sind gegenüber den elektrischen zu knapp behandelt. Wichtige neuere Bauarten, die zum Teil schon auf der Bäckereifachausstellung, Essen 1927, zu sehen waren (Paternosteröfen, Drehbacköfen), sind nicht erwähnt.

Teigknetmaschinen versucht der Verfasser planmäßig zu ordnen. Die Darstellungen zeigen, daß es an der Typung und Normung auf diesem Gebiete fehlt. Zu den Maschinen der Zweiggewerbe gehören nicht Speiseeismaschinen und Kühlanlagen, da sie weder vorbereitende Arbeiten noch Nacharbeiten eines Backprozesses übernehmen. Sie lassen sich in einem solchen Buche stets nur knapp und dürftig behandeln. Der Verfasser behandelt ganz einseitig den Auto-Frigor, was bei der Fülle der Kühlanlagen und Kältesysteme, die es gibt, sachlich nicht zu rechtfertigen ist.

Anzuerkennen ist, daß das Werk einen verhältnismäßig guten und schnellen Überblick über die meisten zur Zeit üblichen Bäckereimaschinen und Backöfen gibt und vor allem auch die geschichtliche Entwicklung dieser Gebiete sehr anschaulich behandelt.

[E 3269] Dipl.-Ing. *Kapp*

**The Geology of petroleum and natural gas.** Von *Ernest Raymond Lilley.* London 1928, Chapman & Hall, Ltd. 524 S. m. 173 Abb. Preis 30 sh.

Der Verfasser hat seinem Werk über die Ölindustrie nunmehr eine Geologie des Erdöls und der Naturgase zugefügt, die wertvoll ist, weil die wichtigsten amerikanischen Arbeiten der letzten Jahre berücksichtigt sind. Neue Erkenntnisse in der Auffindung von Erdöllagerstätten häufen sich, so daß ein zusammenfassender Überblick über diese neuesten Forschungen und Untersuchungen gerechtfertigt ist. Nach Besprechung der Eigenschaften des Erdöls und des Erdgases sowie der Geschichte der Theorie vom Ursprung des Erdöls und ihm verwandter Stoffe behandelt der Verfasser die geologischen Bedingungen der Erdölvorkommen. Eine große Anzahl von Karten und Profilen von älteren und erst kürzlich entdeckten Erdölfeldern, nicht nur des amerikanischen Festlandes, bieten dem Leser Gelegenheit zu selbständigen Studien. Das Buch dürfte allen, die mit geologischen Fragen in dem Bereiche von Erdöl und Erdgas in Berührung kommen, nicht nur viel Neues, sondern auch viel Anregung geben. [E 3267] *Schwenninger*

Wissenschaft und Wirtschaft, 5. Bd.: **Vorträge der VII. Ingenieur-Tagung, Brünn 1928.** Zusammengest. von der Vereinsleitung des „Hauptvereines deutscher Ingenieure in der Čsl. Republik". Brünn 1929, Verlag des HDI. 398 S. m. 172 Abb. Preis 55 K., für Mitglieder des HDI 40 K.

Innerhalb der fachwissenschaftlichen Vorträge waren dem Maschinenbau (einschl. Elektrotechnik) Berichte über Hochdruckdampf, Phototelephonie und die tschechoslowakischen Normvorschriften für Aufzüge gewidmet. In der Abteilung Flugtechnik wurden die neuen Probleme und Fortschritte im Flugwesen und Prof. *Georg Wellners* flugtechnische Arbeiten gewürdigt. Vorträge über Werkstoffe führten die Bedeutung der Edelstähle im gesamten Maschinen- und Hochbauwesen vor Augen, so über Silizium-Baustahl und seine Anwendung im Brücken- und Eisenhochbau, über den Siliziumstahl der Witkowitzer Eisenwerke, die Bedeutung des Elektroofens für die Erzeugung von Edelstahl und für das Schmelzen der Metalle und Metallegierungen sowie über die Stahlqualität unter besonderer Berücksichtigung hochwertiger Stähle für den Flugzeug- und Automobilbau.

Kulturelle Neuerungen auf den Grenzgebieten der Landwirtschaft und Biochemie wurden in Vorträgen über Arbeiten des Technikers auf dem Gebiete der Pflanzenzüchtung und die Verwertung von städtischen Kanal- und Abwässern besprochen.

Es ist erfreulich, daß durch die Veröffentlichung dieser Vorträge auch weitere Kreise von den Arbeiten deutscher Ingenieure in der Tschechoslowakei Kenntnis erhalten.

[E 3300] *Leitner*

**Dieselmaschinen IV.** Sonderheft der VDI-Zeitschrift. Berlin 1929, VDI-Verlag. 103 S. m. 260 Abb. Preis 6 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Inhalt: *R. Stribeck,* Der Luftspeicher-Dieselmotor von Robert Bosch, A.-G. *K. Neumann,* Untersuchungen an der Dieselmaschine: Die Dieselmaschine als Kraftfahrzeugmotor. *P. Langer,* Kritische Betrachtungen über die Wertung von Verbrennungsmaschinen. *L. Richter,* Probleme des Zündermotors für flüssige Brennstoffe. — Fachsitzung Verbrennungsmotoren gelegentlich der 66. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Mannheim-Heidelberg 1927. — *R. Mayer,* Kompressorlose Viertakt-Dieselmotoren mit Strahlzerstäubung. *Fr. Saß,* Neuere Anschauungen über Zünd- und Verbrennungsvorgänge in Dieselmotoren. *V. Heidelberg,* Auspufftemperaturen und Leistungsgrenzen von Dieselmaschinen mit ungekühlten Grauguß-Tauchkolben. *A. Stodola,* Leistungsversuche an einem Dieselmotor mit Büchischer Aufladung. *A. Reinsch,* Schnellauf bei Dieselmotoren. Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der schnellaufenden, namentlich der kompressorlosen Motoren. — Verbrennungsmotoren. Fachsitzung gelegentlich der 67. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Essen 1928. — *K. Neumann,* Untersuchungen an der Dieselmaschine: VII. Die Vorkammermaschine. *O. Klüsener,* Untersuchungen zur Dynamik des Zündvorgangs. *L. Richter,* Versuche an einem Junkers-Fahrzeug-Dieselmotor. *F. Romberg,* Großdieselmotor für Schiffsantrieb mit luftloser Einspritzung, Bauart AEG-Hesselmann.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 320. H.: **Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen.** Von *H. Nippert.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 67 S. m. 141 Abb. Preis 9 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 8 *RM*.

**Die Förderung von Massengütern.** Von *Georg v. Hanffstengel.* 2. Bd. 2. T. 3. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 330 S. m. 431 Abb. Preis 24 *RM*.

**Aluminium.** Die Leichtmetalle und ihre Legierungen. Von *Paul Melchior.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 280 S. m. 82 Abb. Preis 15 *RM*.

Sammlung Vieweg, 100. H.: **Die wissenschaftlichen Grundlagen der Preisbildung für die elektrische Arbeit.** Von *W. Kummer.* Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg & Sohn. 52 S. m. 18 Abb. Preis 4 *RM*.

**Die Elektrizitätsversorgung Sowjetrußlands.** Von *G. Dettmar.* Berlin 1929, Julius Springer. 19 S. m. 31 Abb. Preis 2,40 *RM*.

**Jahrbuch 1929 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof.** Herausgeg. von *Wilhelm Hoff, Ottfried von Dewitz, Georg Madelung.* 480 S. m. Abb. Preis 49 *RM*.

AEG. **Elektrizität in der Textilindustrie.** 2. Ausg. Berlin 1929, Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft. 310 S. m. Abb.

**Lehrbuch der analytischen Geometrie.** 3. Bd. Von *Lothar Heffter.* Karlsruhe 1929, G. Braun. 71 S. m. 14 Abb. Preis 4,50 *RM*.

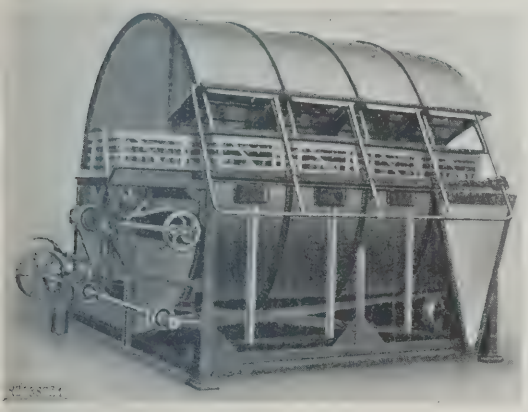
**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Die neuere Entwicklung des Lokomotivkessels bei der Deutschen Reichsbahn. Von *R. P. Wagner* | 1217 |
| Untersuchungen an Bremsdruckreglern (Nachtrag) | 1226 |
| Leistungsuntersuchungen bei der Fließarbeit. Von *E. Sachsenberg* | 1227 |
| Wissenschaftliche Staubtechnik | 1231 |
| Stapellauf des größten und schnellsten holländischen Fahrgastschiffes | 1231 |
| Normung im Textilmaschinenbau. Von *K. Hentschel* | 1232 |
| Die Hochschultagung Dresden. Von *E. Heidebroek* | 1235 |
| Die Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager. Ihr Einfluß auf die Biegungsbeanspruchung der Pleuelstangen. Von *K. Seyderhelm* | 1237 |
| Geschwindigkeit der Entzündung brennbarer Flüssigkeiten in der Luft | 1241 |
| Rundschau: Ein neues Trio-Block- und Brammenwalzwerk — Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen — Aus neueren Versuchen über die Widerstandfähigkeit von Eisenbetonbalken gegen Schubkräfte — Neue elektrische Großmaschinen — Wirtschaftliche Binnenschiffe — Kleine Mitteilungen | 1242 |
| Bücherschau: Die Abwärmetechnik. Von *H. Balcke* — Diagramme und Tabellen zur Berechnung der Absorptions-Kältemaschinen. Von *F. Merkel* und *F. Bošnjaković* — ADB-Werkzeugmaschinen-Blätter. Von *E. Toussaint* — Die Bäckereimaschinen und Backöfen. Von *A. Zimmermann* — The Geology of petroleum and natural gas. Von *E. R. Lilley* — Vorträge der VII. Ingenieurtagung, Brünn 1928 — Dieselmaschinen IV — Eingänge | 1251 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß,* in Vertr. *K. Meyer,* Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 73 SONNABEND, 7. SEPTEMBER 1929 Nr. 36



# Neuzeitliche Flaschenkellereimaschinen

*Von Dipl.-Ing. ERICH RAUSCH, Berlin-Karlshorst*

*Beschreibung der hauptsächlichsten Arten von Flaschenkellereimaschinen, insbesondere hinsichtlich kinematischer Sonderheiten. Leistung und Kraftbedarf, Wasser- und Wärme- oder Dampfverbrauch bei Reinigungsanlagen.*

**Abb. 1**
Selbsttätige Flascheneinweichtrommel,
Enzinger-Union-Werke A.-G., Mannheim.

Zur Versendung flüssiger Güter (Bier, Wein, Milch usw.) werden diese in Flaschen gefüllt, sofern nicht größere Einzelmengen Faßversand erfordern. Die Flaschen müssen vor dem Füllen gründlich gereinigt werden. Nachher werden die Flaschen verschlossen und gegebenenfalls etikettiert. Die zur Behandlung von Flaschen notwendigen Maschinen werden zusammenfassend Flaschenkellereimaschinen genannt. Sie werden als Hochleistungsmaschinen für mehrere Tausend Flaschen Stundenleistung vorwiegend in den Abfüllkellereien größerer Brauereien und Molkereien, sowie ferner in der Mineralwasser- und Fruchtsaftindustrie, in Weinkellereien usw. angewandt.

### Reinigungsmaschinen

#### Einweichtrommeln

Die Reinigung der Flaschen muß je nach deren Verschmutzungszustand mehr oder weniger gründlich erfolgen. Bei auszuführenden und weit zu verschickenden Flüssigkeiten (z. B. natürliches Mineralwasser, Exportbier usw.) werden mitunter neue Flaschen verwandt, so daß einfache Spritzreinigung genügt. Vorwiegend werden, besonders in Brauereien, die aus der Kundschaft meist in stark verschmutztem Zustand zurückkommenden Flaschen zur neuen Füllung benutzt. Das erfordert eine sehr gründliche Reinigung. Zunächst wird der anhaftende Schmutz losgelöst oder in Einweichvorrichtungen geweicht.

Eine selbständig arbeitende „Weiche" dieser Art ist in Abb. 1 dargestellt. Auf einer zwangläufig ruckweise angetriebenen Achse sind nebeneinander vier sogenannte Weichräder befestigt, die sich in vier voneinander getrennten Bädern drehen. Ein fünfarmiger, maschinell betätigter Greifer wird heruntergeklappt, so daß die einzelnen Arme die Kasten umfassen, wodurch gleichzeitig die Maschine eingerückt wird. Mittels dieses Greifers, der sogenannten Durchschubgabel, werden die fünf auf dem Aufgabetisch und z. T. bereits in Bearbeitung befindlichen oder fertig behandelten Kasten nach rechts gedrückt. So gelangt der erste Kasten in das erste Weichrad und jeder weitere Kasten in die nächste Trommel; der in der letzten Zelle befindliche Kasten wird auf eine Rollbahn ausgestoßen. Es werden vier verschiedene Größen hergestellt, die je nach Flaschengröße und Verschmutzungsgrad etwa 2000, 3000, 4000 oder 6000 Flaschen in 1 h weichen können. Die Maschine wird von einem Elektromotor mit 1 bis 2 PS angetrieben.

Die Flaschen wurden bis vor kurzer Zeit mittels Bürstenmaschinen weiter gereinigt und dann nachgespült. Die mit dem Bürsten verbundenen Nachteile, besonders das gelegentliche Zurückbleiben von Borsten in der Flasche, führten dazu, mittels Druckspritzen die vollkommene Reinigung der Flaschen zu versuchen. Diese Aufgabe kann heute als gelöst betrachtet werden.

#### Bürstenlose Flaschenreinigung

Eine bürstenlose Flaschenreinigungsmaschine für mittlere Mengenleistungen ist in Abb. 2 im Aufbau als Halbautomat und in Abb. 3 im Schnitt als Vollautomat gezeigt. Die Maschine besteht aus einem Einweichtrog und einem darin umlaufenden speichenlosen Rade mit Zellen zur Aufnahme der Flaschen. Diese werden in Reihen zu je acht, zehn oder zwölf auf den Aufnahmetisch gelegt, durch einen mechanisch hin und her bewegten Rahmen in die Zellen des Rades eingeschoben und durchlaufen bei der Drehung im Pfeilsinn die Weich- und Spritzstellen. Während bei der kleineren, halbselbsttätig arbeitenden Maschine das Abnehmen der Flaschen mit der Hand geschehen muß, werden bei den größeren Vollautomaten die Flaschen selbsttätig auf ein Förder-

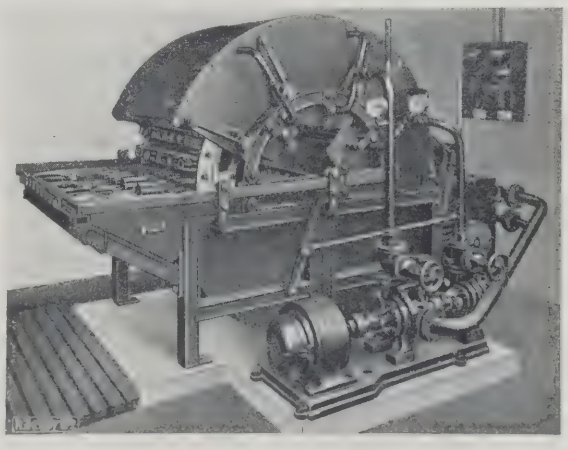


**Abb. 2 und 3**
Halbselbsttätige bürstenlose Flaschenreinigungsmaschine für mittlere Mengenleistungen.

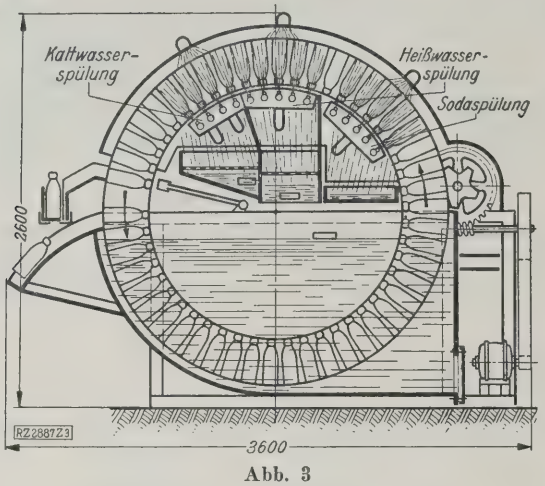



**Abb. 3**
Vollselbsttätige bürstenlose Maschine.

band ausgestoßen. Die heißen Spritzflüssigkeiten werden mittels Abdampf erwärmt.

Die Maschinen arbeiten normal mit 6 min Weich- und 5 min Spritzdauer. Die für die Reinigung benutzten Flüssigkeiten werden in Sammelbecken aufgefangen, in Reinigungsbottiche geleitet, dort gereinigt und z. T. wieder umgepumpt. Die Maschine wird für die Reinigung von 1500, 2500 und 3000 Flaschen in 1 h gebaut.

Während bei den beiden bisher beschriebenen Maschinen der Antrieb noch verhältnismäßig einfach gestaltet werden kann, ist bei größeren Anlagen eine stoßfreie, ruckartige Bewegung nicht immer ganz leicht durchzuführen. Diese Frage ist in der Flaschenreinigungsmaschine der Firma Holstein & Kappert, Dortmund, gut gelöst[1]). Auf einer Achse sind mehrere Trommeln angeordnet, die jede einzeln in Wannen eintauchen und somit voneinander getrennte Zellen bilden. Die Trommeln sind am Umfang mit den Aufnahmekörben für die Flaschen, den Flaschenträgern, versehen. Bei Drehung der Trommeln gelangen die Flaschen zuerst in das in den Wannen befindliche Weichbad und werden dann beim Durchlaufen der oberen Hälfte der Kreisbahn gespritzt. Dieser Vorgang wiederholt sich so oft, wie Einzeltrommeln, meist vier, in der Maschine vorgesehen sind. Die Reinigungswirkung wird also hier durch ab wechselndes Weichen und Spritzen erzielt. Das Auf nehmen der Flaschen, deren Weitergabe von einer Zell zur andern und das Ausgeben geschieht mittels eines a der Längsseite hin und her bewegten Tisches.

Der Reinigungsvorgang geht meist folgendermaße vor sich: in den ersten beiden Abteilungen durch Wei chen (unten) und Spritzen (oben) mit heißer Sodalösun von + 40 und + 60 °C, in der dritten Zelle durc Weichen und Ausspritzen mit warmem, und in de vierten schließlich mit kaltem Wasser; dabei werde die Flaschen gleichzeitig abgekühlt. Diese vollkomme selbsttätig arbeitenden Maschinen können stündlich bi zu 12 000 Flaschen reinigen. Der Kraftbedarf beträg 4 PS zum Antrieb der Maschine selbst und 22 PS für di Pumpen.

Eine andere Art von Flaschenreinigungsmaschine mit Weich- und Spritzreinigung arbeitet nicht mit Trom meln oder Rädern, sondern mit Ketten, wie die in Abb. dargestellte bürstenlose Reinigungsmaschine. Eine An zahl von reihenförmigen Flaschenhaltern, die sogenann ten Flaschenkörbe *a*, sind zu einer endlosen, auf Rolle laufenden Kette vereinigt, die durch fünf Kettenräder angetrieben wird. Zur weiteren Führung der Kett dienen noch zwei Leiträder *c* sowie einige Schienen fü die Rollen. Der Antrieb der fünf Kettenräder erfolg vollkommen gleichmäßig durch ein aus Klinken *e* un Verbindungsgestänge *d* bestehendes Getriebe.

Die Kette selbst dient lediglich als Verbindung de Flaschenträger, sie hat während des Ganges der Ma schine keinerlei Zug- und Druckkräfte aufzunehmen.

Die zu reinigenden Flaschen werden in Reihen z 7 bis 9 oder 14 bis 18, je nach Leistung der Maschine nebeneinander auf den Aufgabetisch gelegt und selbst tätig in die Flaschenkörbe geschoben, die selbsttätig s verschlossen werden, daß die Flaschen nicht herausfalle können. Sie werden zunächst für kurze Zeit in den so genannten Vorweichbehälter gebracht, in dem sic Wasser von + 45 ° befindet. Die Flaschen füllen sic dabei und entleeren sich nachher wieder in die Vor weiche zurück. Dabei werden gleichzeitig etwa noch i den Flaschen enthaltene Reste mit ausgegossen und di Flaschen selbst soweit vorgewärmt, daß sie ohne Bruch gefahr in die mit Sodalauge von 70 °C gefüllte Haupt weiche befördert werden können, in der alle Schmutzteil gelöst werden. Im Anschluß daran werden die Flasche mehrmals unter Hochdruck mit heißer Lauge ausgespritz und dann, ganz oben rechts in der Maschine, noc mehrfach gründlich mit heißer Lauge überflutet (60 m

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 23 S. 790, Abb. 12 und 13; s. auch die Beschreibung einer selbsttätig arbeitenden Flaschenspülmaschine mit Weich-, Bürst- und Spritzeinrichtungen in der Zeitschrift „Engineering" Bd. 126 (1929) S. 834.

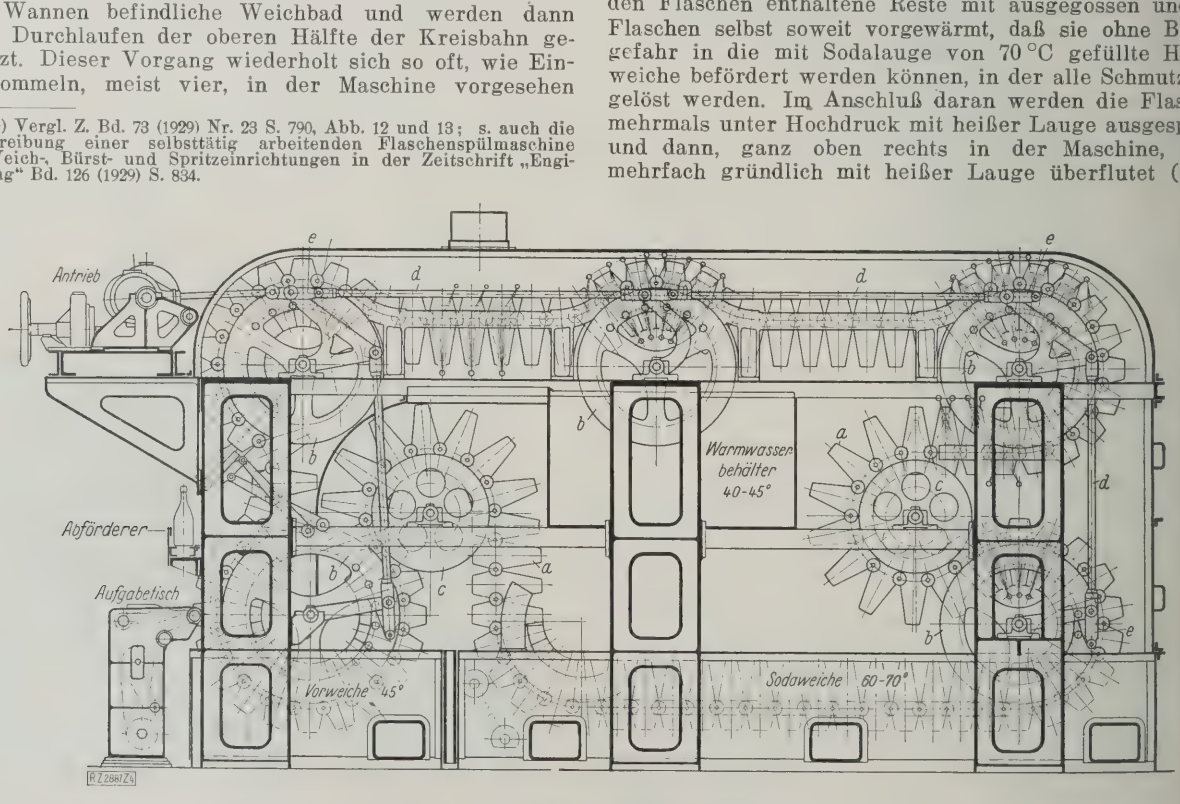
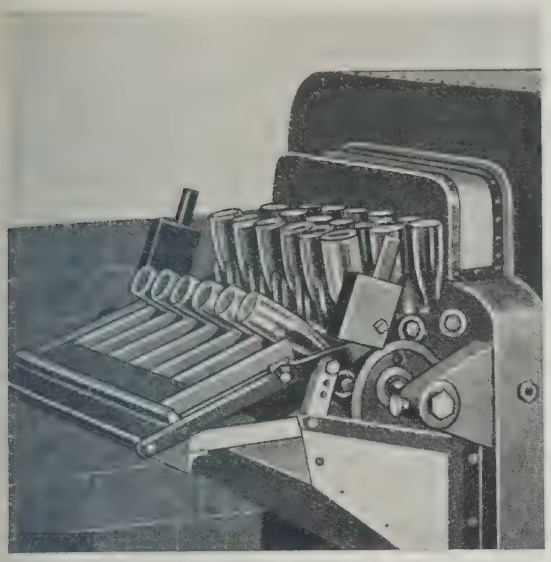



**Abb. 4.** Bürstenlose Reinigungsmaschine, Enzinger-Union-Werke A.-G., Mannheim.

*a* Flaschenkörbe *b* Ketten- oder Antriebräder *c* Leiträder *d* Getriebegestänge *e* Schaltung



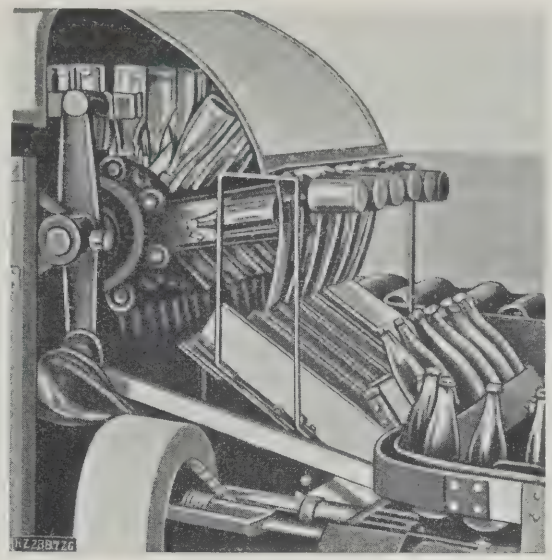


**Abb. 5 und 6.** Aufgabe- und Abgabevorrichtung einer Hochdruckspritzmaschine.

**Abb. 5 bis 7**
Hochdruckspritzmaschine.

1 h für 5000 bis 6000 Flaschen). Bei weiterem Durchlauf erden die Flaschen an den Warmwasserspritzdüsen vorigeführt, wo sie innen mit warmem Druckwasser ausespritzt und überschwemmt werden, um die Sodareste zu ntfernen. Unmittelbar im Anschluß an drei Innen- und wei Außenspritzungen werden die Flaschen mit kaltem Wasser abgekühlt, durchwandern dann noch, um auszutopfen, einen genügend langen Weg bis zur Abgabeelle, wo sie selbständig auf das zur Füllmaschine ührende Förderband aufgestellt werden. Die Maschine einigt, je nach Breite und Anzahl der Flaschenkörbe, 000 bis 8000 Flaschen in 1 h. Der Krafbedarf beträgt 2 bis 75 PS für die Maschine selbst und 10 bis 20 PS für die umpen. Jede Flasche bleibt etwa 20 min in der Maschine und wird 24 bis 36 Ausspritzungen unterworfen.

Bei anderen Reinigungsmaschinen wird vollständig uf das Einweichen der Flaschen verzichtet und die einigung lediglich mittels Hochdruckspritzung erreicht. in Beispiel dafür ist die Maschine „Delta" der Enzin-er-Union-Werke A.-G., Mannheim[2]). Aufgabe und Ababe der Flaschen sind in Abb. 5 und 6 besonders darestellt. Die schmutzigen Flaschen werden auf die pultörmige Aufgabevorrichtung gelegt. Diese wird mit er Hand hochgeklappt, so daß die Flaschen durch ihr igengewicht in die auf einer Kette reihenweise angeordneten Flaschenhalter rutschen und dort zentrisch aufenommen werden. Die Abgabe, Abb. 6, erfolgt ebenalls selbsttätig dadurch, daß die Flaschen auf einer chrägen Rutsche heraus in eine mechanisch betätigte ufrichtvorrichtung rutschen und von dieser auf das örderband gestellt werden. Die die Flaschen aufehmenden Halter, Abb. 7, sind reihenweise auf gepreßn Blechtrögen befestigt, die gelenkig miteinander verunden sind und so eine endlose Kette bilden. Die einelnen Halter sind durch feste Anschläge so gegeneinnder abgestützt, daß ihr gleichmäßiger Abstand voninander und somit die richtige Lage der Flaschen über en Spritzdüsen gewahrt ist. Zwei hin und her gehende ugstangen schieben mittels Sperrklinken die Flaschenahn schrittweise vor.

### Spritzmaschinen mit Drehtisch

Ganz andere Antriebweise und Aufbau ergeben sich, enn bei den reinen Spritzmaschinen von der Kette abesehen und auf die Drehtischbauart übergegangen wird, bb. 8. Die Maschine besteht aus einem runden Geäuse, in dem die Spritzdüsen unten angeordnet sind,

[2]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 23 S. 790, Abb. 14.

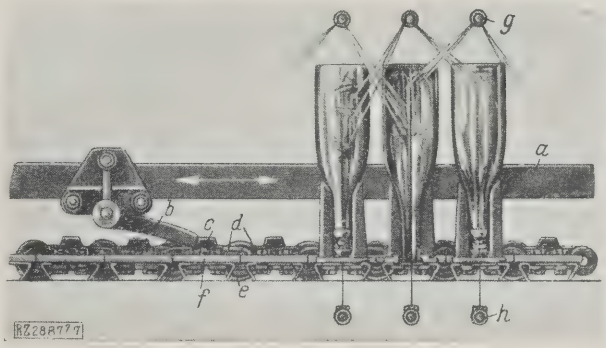



**Abb. 7**
Zwangläufige Zentrierung der Flaschen über den Spritzdüsen.

*a* Steuerstange *b* Schaltklinke *c* Schaltnocken *d* Gelenkglieder *e* Laufrolle *f* Paßstück *g* Außenspritzung *h* Innenspritzung

über die sich der Drehtisch schrittweise hinwegbewegt. Dieser trägt die zu reinigenden Flaschen, die mit der Öffnung nach unten eingestellt werden, und ist zusammen mit den Flaschenträgern als Gitterwerk ausgebildet, so daß fortlaufend, auch durch den Tisch hindurch gespritzt werden kann. Während des Stillstandes des Tisches steht für die Innenreinigung jede Flasche mit dem Mundstück genau über einer Spritzdüse. Gleichzeitig wird die Außenreinigung durch die anderen Spritzstrahlen sowie durch die von der Decke des Gehäuses ablaufende Flüssigkeit bewirkt. Während der Vorwärtsbewegung des Tisches wirken die Strahlen, die für die Innenreinigung bestimmt sind, auch als Außenreinigung, besonders aber für Reinigung von Flaschenmundstück und Flaschenverschluß. Das Spritzschema zeigt Abb. 9. Der Antrieb, der auch von oben erfolgen kann, ist in Abb. 10 und 11 dargestellt. Die Kraft für den Antrieb des Tisches beträgt 0,2 PS und für die Pumpen etwa 15 PS bei einer Reinigungsleistung von 5000 Flaschen in 1 h.

Schließlich sei noch eine Flaschenreinigungsmaschine „Cerivisa-Injektor" von der Maschinenfabrik R. A. Knöllner, Magdeburg, erwähnt, die im Aufbau der vorstehend beschriebenen Maschine ähnelt, in der Wirkung aber insofern von ihr abweicht, als nicht der hohe Druck der Spritzstrahlen die Reinigung bewirken soll, sondern es wird durch Injektorwirkung mittels einer in die Flasche hineinragenden Düse eine größere Flüssigkeitsmenge als bei der reinen Hochdruckspritzung in die Flasche befördert.

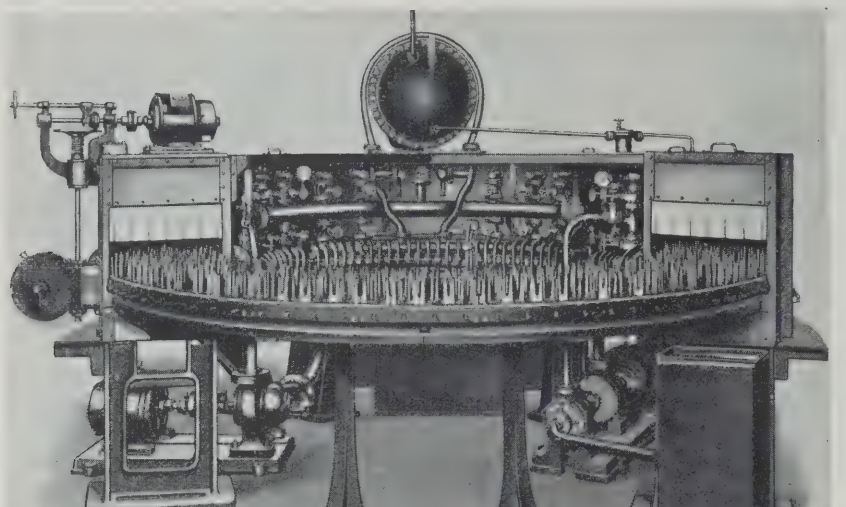


Abb. 8
Spritzmaschine mit Drehtisch.

Alle die vorgenannten Bauarten von Flaschenreinigungsmaschinen stellen neuste Ausführungen dar. Eine grundsätzliche Überlegenheit einer bestimmten Art hat sich bisher noch nicht ergeben. Den Vorteilen einer Maschine, wie z. B. der einfache Aufbau und Antrieb der Drehtischbauarten, steht als Ausgleich die sich aus der Bauart ergebende Beschickung und Abnahme mit der Hand gegenüber. Es sind allerdings auch schon mechanisch beschickte und entleerte Drehtischmaschinen gebaut worden, jedoch unter Einbuße der sonst diese Maschinen kennzeichnenden Einfachheit der Bauart.

### Füllmaschinen

Bevor die gereinigten Flaschen zur Füllmaschine weitergehen, sind sie eingehend auf Sauberkeit und Bruchfreiheit zu prüfen. Das wird meist in der Weise erreicht, daß sie an einer Lichtquelle, etwa einer von hinten beleuchteten Glasscheibe, vorbeigeführt werden, vor der ein Mann sitzt, der die Flaschen beobachtet. Erst eine wirklich saubere Flasche kann der Füllmaschine zugeführt werden. Solche Maschinen für große Leistungen sind fast alle mit Drehtisch ausgeführt[3]).

Einen Bierfüller zeigt Abb. 12. Die Flaschen werden im Gegensatz zum Milchfüller mittels Luftdruck angepreßt. Infolgedessen können erhebliche Unterschiede in der Flaschenhöhe ausgeglichen werden. Die Druckluft gelangt von unten her durch die Mittelwelle in einen Ring-

kanal am umlaufenden Tisch und vo
da zu den einzelnen Zylindern. Si
werden mittels Lufthähne, die von ai
Gestell der Maschine befestigten Ar
schlägen betätigt werden, gesteuer
Beim Anpressen der Flaschen gege
den Füller wird die am Füllrohr b
findliche Glocke in die Höhe gehobe
so daß das Füllrohr nahezu bis zu
Boden in die Flasche hineinragt. G
füllt wird unter Gegendruck mittels de
an jedem Füllelement vorhandene
Bierhahnes. Dieser enthält drei K
näle: den Bier-, den Belüft- und de
Entlüftkanal, die abwechselnd die Bie
und die Luftzufuhr regeln. Sobald d
zu füllende Flasche durch den Luf
zylinder fest an den Bierhahn ai
gepreßt ist, wird der Bierhahn mitte
Anschläge, die am Gestell der M
schine befestigt sind, gesteuert. Zuer
wird der Belüftungskanal geöffnet und die Luft m
einem Überdruck von 0,4 bis 1 at aus dem Bierkess
in die Flasche geleitet, in der jetzt derselbe Druc
herrscht wie im Bierkessel, so daß nach Umstellun
des Hahnes unter Gegendruck gefüllt wird. Gleichzeiti
mit der Hahnumstellung wird der Belüftkanal geschlosse
und außer dem Bierkanal auch der Entlüftkanal geöffne
Das Bier kann nunmehr in die Flasche fließen, währer
die aus der Flasche verdrängte Luft durch einen Schli
in dem doppelwandigen Füllrohr wieder in den Bie
kessel entweicht. Wenn die Flüssigkeit diesen Schli
erreicht hat und keine Luft mehr entweichen kann, hö
die Füllung von selbst auf. Der Bierhahn wird dar

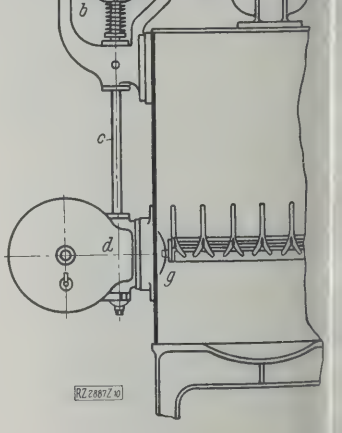



Abb. 10 und 11
Antrieb des Drehtisches.
a Elektromotor
b Reibradgetriebe
c Welle
d Schneckenübersetzung
e Welle } (Abb. 11)
f Schnecke }
g Tisch
h Reibradverstellung zur Änderung der Drehgeschwindigkeit

[3]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 23 S. 789, Abb. 10, Maschine zum Füllen von Milchflaschen der Firma Holstein & Kappert, Dortmund.

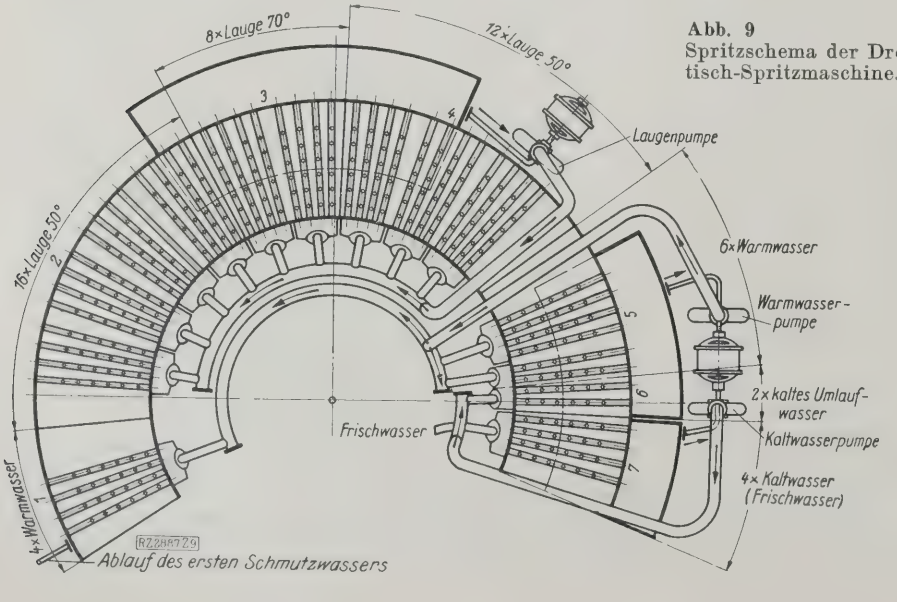
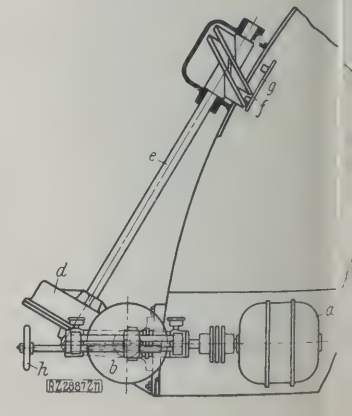



Abb. 9
Spritzschema der Drehtisch-Spritzmaschine.



durch die Steuerung wieder in seine Anfangstellung zurückgedreht. Die gefüllte Flasche gleitet wieder abwärts und wird nach Vollendung der Umdrehung durch einen Ausschubstern wieder auf das Förderband gehoben.

Der Bierstand im Bierkessel wird von einem Schwimmerventil geregelt, das bei Erreichung eines bestimmten Flüssigkeitsstandes die Entlüftleitung abschließt, so daß keine Luft mehr entweichen kann. Um beim Platzen der Flasche oder bei ungenügender Anpressung oder sonstiger Undichtheit Bierverluste zu vermeiden, ist eine Selbstschlußvorrichtung vorgesehen. Diese besteht aus einem paraffinierten Korken, der mittels eines Beschwerungsplättchens 8 bis 10 mm über dem Einlaufkanal zum Bierhahn schwimmend festgehalten wird. Tritt nun eine durch obengenannte Störung verursachte übernormale Biergeschwindigkeit auf, so wird der Kork mit nach unten gerissen und schließt den Kanal ab.

Bei dem Flaschenfüller der Maschinenfabrik Gebr. Schäffler, Berlin, ist noch eine Vorrichtung vorhanden, Abb. 13 bis 15, die außer der Anpressung der Flaschen an die Füllorgane durch Druckluft auch noch die Bewegung der gefüllten Flaschen beim Heruntergehen von den Füllorganen kurz vor dem Aufsetzen verzögert. Dadurch wird hartes Aufschlagen der Flaschen und Überlaufen des Füllgutes sowie Lockerung von Kohlensäure vermieden. An dem Drehtisch *a*, der sich auf der kegeligen Säule *c* dreht, sind die Hubzylinder *b* befestigt. In diesen gleitet der luftgesteuerte Kolben *i* mit der Kolbenstange *k* und dem Teller *l* auf und nieder und bewegt dementsprechend die Flasche *m*. Die Luft wird durch das Rohr *h* und das Ventil *d* zugeführt. Das Ventilküken *e* wird durch den Schalthebel *f* mittels der an der Säule *c* befestigten Anschläge *g* und $g_1$ gesteuert. Zur Aufwärtsbewegung und Anpressung der Flasche an das Füllmundstück hat das Küken die in Abb. 14 gezeigte Stellung: die Luft strömt, von *h* kommend, durch das Küken unter den Kolben *i* und hebt ihn hoch. Die oberhalb des Kolbens verdrängte Luft kann durch Kanäle ins Freie entweichen. Nach vollendeter Flaschenfüllung wird das Küken *e* umgestellt, Abb. 15. Die von *h* kommende Druckluft strömt nunmehr nach oben in den Zylinder *b* und drückt den Kolben *i* nach unten. Die verdrängte Luft entweicht zunächst durch die beiden unteren Rohre. Sowie jedoch der Kolben *i* das erste Rohr absperrt, kann die Luft nur noch durch das unterste Rohr entweichen. In dem engen Kanal wird nun die Luft so stark gedrosselt, daß die letzte Bewegung des Kolbens *i* nach unten stark verzögert wird und die Flasche *m* sanft aufsetzt.

### Verschlußmaschinen

Nach der Füllung muß die Flasche sofort verschlossen werden. Die in Deutschland meist noch üblichen Bügelverschlußflaschen können durch keine praktisch brauchbare Maschine verschlossen werden. Die Flaschen müssen daher hinter dem Füller ein so langes Band durchlaufen, daß soviel Leute daran Platz finden, wie notwendig sind, um laufend die Flaschen mit der Hand zu verschließen. Allein aus technischen Gründen ist also jede andere Verschlußart, die mechanisch betätigt werden kann, vorzuziehen. Das kann ohne weiteres beim Verschließen der Flaschen durch Kronenkorken geschehen.

Eine dazu geeignete Maschine der Enzinger-Union-Werke A.-G., Mannheim, ist in Abb. 16 dargestellt. Der kastenförmige Unterteil enthält den Hauptantrieb. Das auf der Hauptwelle *a* angeordnete Exzenter *b* betätigt mittels der Exzenterstange *c* den Kipphebel *d*, damit den Stempel *e*, das Sortierwerk *f* und mittels der Kurbel *g* das im Tisch untergebrachte Schaltwerk.

Der Stempel *e* kann mittels der Feder *h* Unterschiede in der Flaschenhöhe bis zu 25 mm ausgleichen und besteht hauptsächlich aus dem Zylinder *i*, der die Stellmutter *k* und die Stellspindel *l* trägt. Die Stellspindel enthält in ihrem Innern die Korkdruckfeder *m*, die von dem inneren Stempelteil *n* mittels Mutter und Gegenmutter gespannt gehalten wird. Der innere Stempelteil *n* trägt an seinem unteren Ende den Zentrierstempel *p*, der unter dem

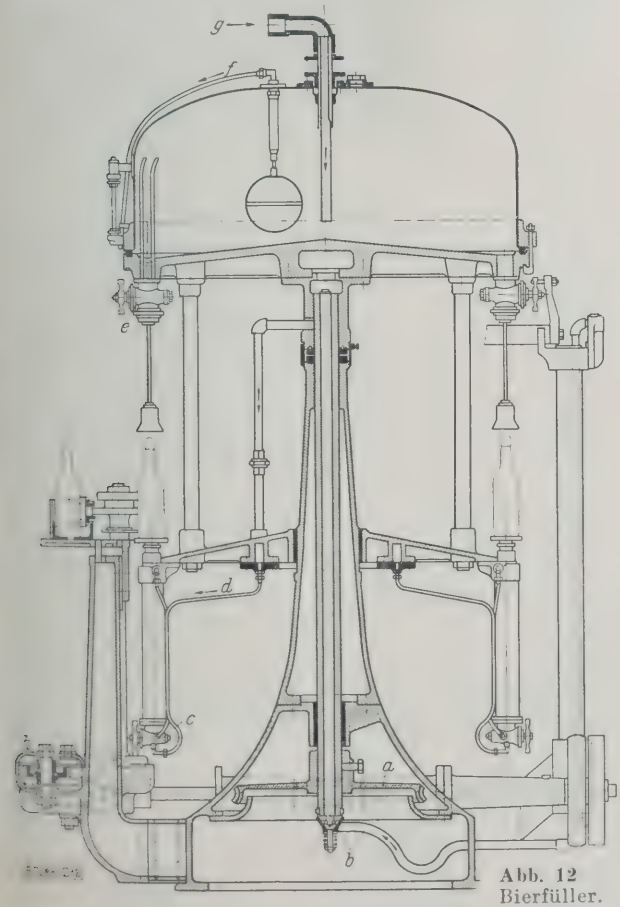



Abb. 12
Bierfüller.

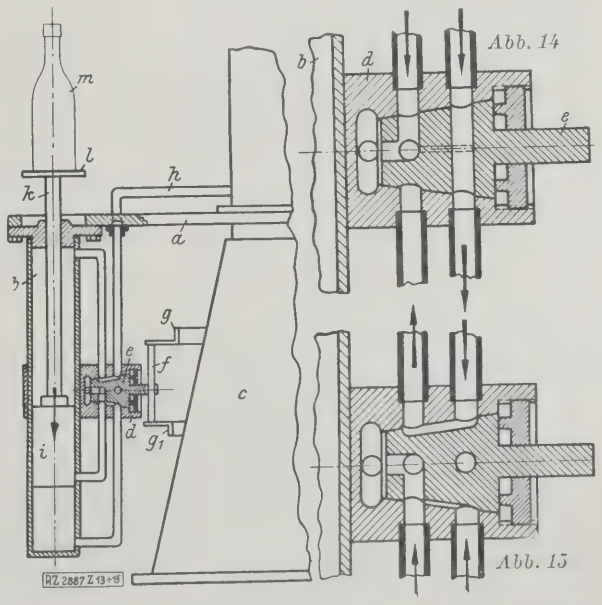



Abb. 13 bis 15
Luftdrucksteuerung für die Flaschenbewegung.

*a* Drehtisch
*b* Hubzylinder
*c* kegelige Säule
*d* Ventil
*e* Ventilküken
*f* Schalthebel
*g*, $g_1$ Anschläge
*h* Luftzuführungsrohr
*i* Kolben
*k* Kolbenstange
*l* Teller
*m* Flasche

*a* Schneckenradantrieb *b* Druckluftzufuhr durch die Säule *c* Luftregelhahn *d* Druckluftleitung *e* Steuerhahn für Be- und Entlüftung sowie Füllung der Flasche *f* Entlüftung *g* Biereinlaß *h* Antrieb für Zuführungsstern

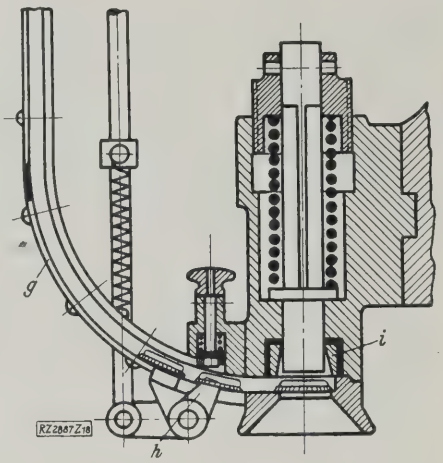


**Abb. 18**
Verschließeinrichtung.

Legende zu Abb. 17 und 18

*a* Hubkolben
*b* Druckrolle
*c* Steuerkurve
*d* Flaschenteller
*e* Ausgleichfeder
*f* Korkmühle
*g* Korkführung
*h* Korkzuteilung
*i* Schließring

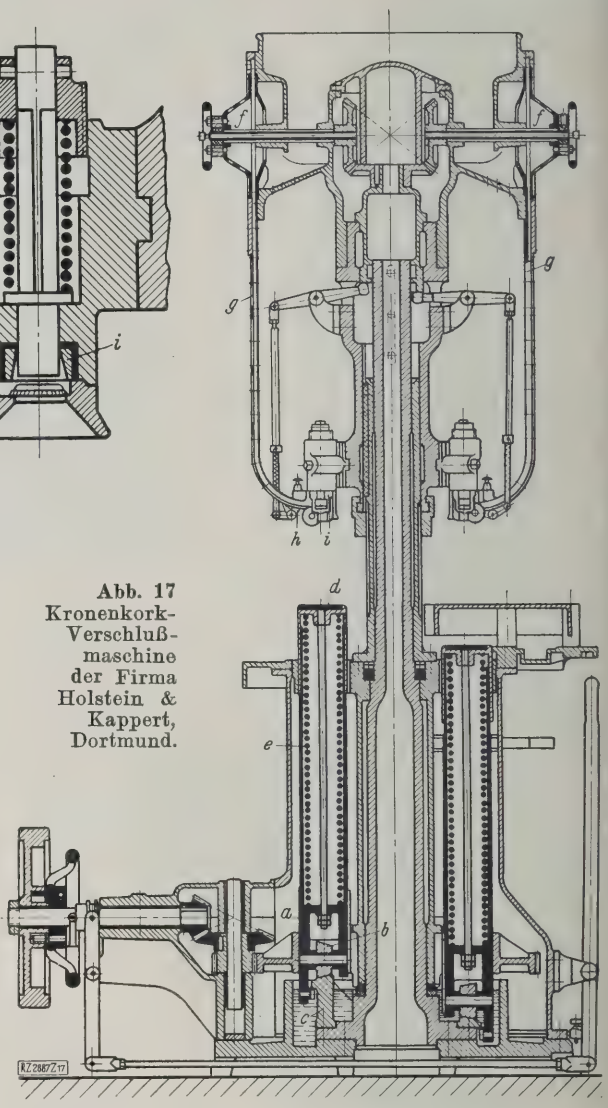


**Abb. 17**
Kronenkork-Verschlußmaschine der Firma Holstein & Kappert, Dortmund.

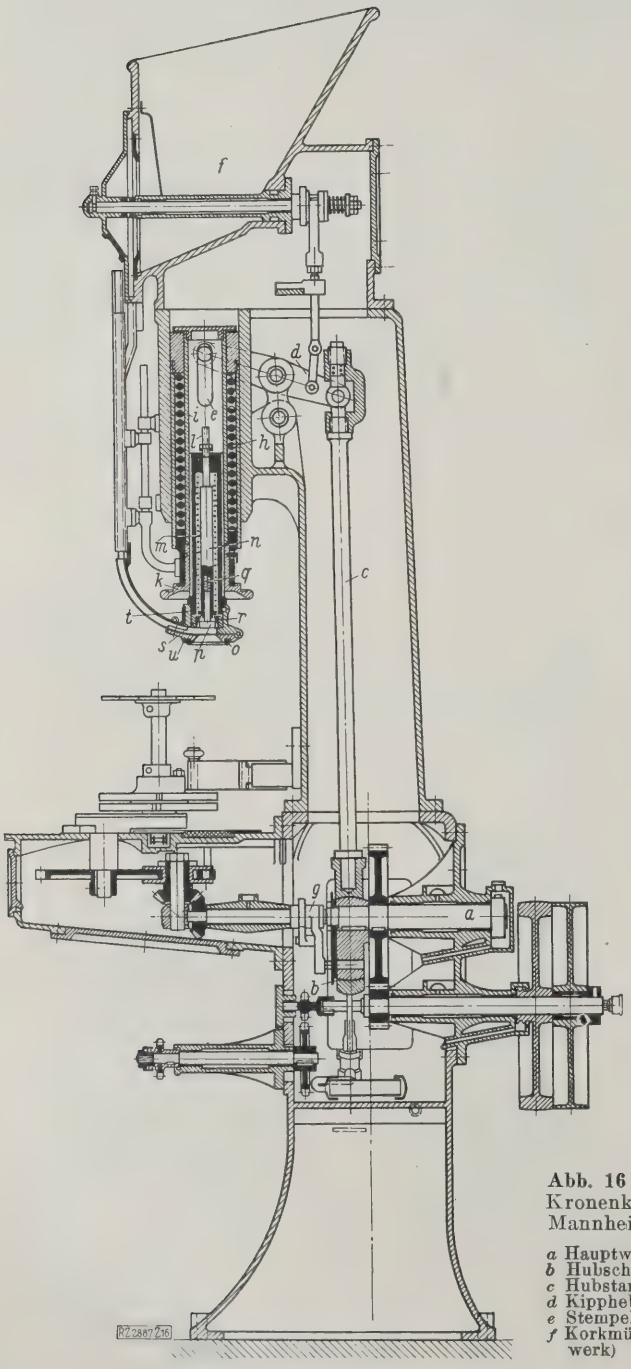


**Abb. 16**
Kronenkorkmaschine, Enzinger-Union-Werke A.-G., Mannheim.

*a* Hauptwelle
*b* Hubscheibe
*c* Hubstange
*d* Kipphebel
*e* Stempel
*f* Korkmühle (Sortierwerk)
*g* Kurbel
*h* Ausgleichfeder
*i* Zylinder
*k* Stellmutter
*l* Stellspindel
*m* Korkdruckfeder
*n* Stempelteil
*o* Gummiring
*p* Zentrierstempel
*q* Zentrierfeder
*r* Stahlkegel
*s* Metallfutter
*t* Stempelkopf
*u* Deckel

leichten Druck der Feder *q* stehend, den Zweck hat, den Kronenkork genau auf die Mitte des Flaschenkopfes zu legen, ehe dieser dem stärkeren Druck der Feder *m* ausgesetzt wird. Zum seitlichen Andrücken des Kronenkorkes dient der Stahlkegel *r*, der in dem zweiteiligen Metallfutter *s* gehalten ist. Der Stempelkopf *t* trägt am unteren Ende den Deckel *u*; dieser ist mit einem Gummiring *o* versehen, der den Zweck hat, Flaschen, die infolge irgendeines Umstandes nicht unter die Mitte des Stempels gekommen sind, vor dem Zerdrücken zu schützen. Die Maschine verschließt in 1 h bis zu 5000 Flaschen, der Leistungsbedarf beträgt rd. 1 PS.

Bei der in Abb. 17 dargestellten Kronenkorkverschlußmaschine der Firma Holstein & Kappert, Dortmund, wird das Verschließen mit Kronenkorken dadurch erreicht, daß die Flasche ganz gegen den Korken gehoben wird. Die Flaschen werden mittels Hubkolben mit kegeliger Druckrolle und Steuerkurve gehoben und angepreßt. Der Schließdruck beträgt etwa 300 bis 350 kg. Es können Flaschen bis zu 50 mm Höhenunterschied ohne Verstellung der Maschine verschlossen werden. Die Maschine ist mit vier Kronenkorkzuführungen und Ver-

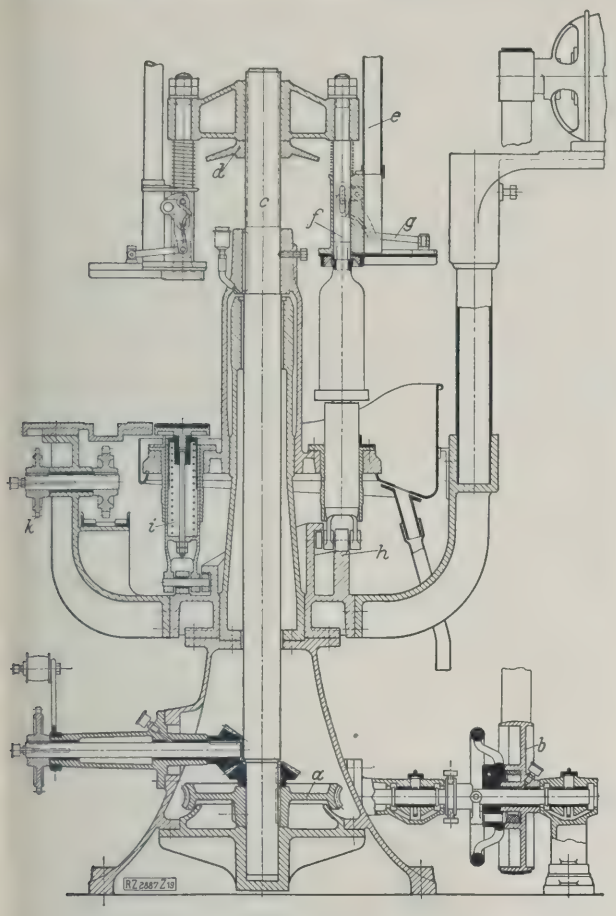



**Abb. 19**
Maschine für Pappscheibenverschluß mit mechanischer Anpressung.

*a* Antriebrad
*b* Vorgelege
*c* drehbare Spindel
*d* Verstellvorrichtung zur Einstellung der Höhe des Verschlußkopfes
*e* Pappscheibenstapel
*f* Verschlußkopf
*g* Zubringeschieber
*h* Steuerkurve
*i* Flaschenträger
*k* Antrieb für die An- und Abförderung der Flaschen

schlußelementen, Abb. 18, ausgerüstet. Die Korkmühlen, die den sicheren Zulauf der Korken zu den Korkbüchsen und -führungen bewirken, werden über eine Sicherheitskupplung angetrieben, so daß bei etwaigen Störungen, Klemmen der Kronenkorken usw., die betreffende Korkmühle selbsttätig stehen bleibt. Die Flaschen werden mittels eines Auf- und Abschubsternes der Maschine zu- und von ihr abgeführt. Der Leistungsbedarf der Maschine beträgt etwa 1,5 PS.

Zum Verschließen von Milchflaschen verwendet man meist Pappscheiben. Eine Maschine der Firma Holstein & Kappert, G. m. b. H., Dortmund, Abb. 19, arbeitet ähnlich wie die Milchfüllmaschine der gleichen Firma mit Anhub der Milchflaschen mittels Hubkolben, Druckrolle und Kurve[4]). Die angehobene Flasche wird von einer Tulpe mit Gummikegel genau in die Mitte gestellt; sie hebt den Verschlußkopf so weit hoch, bis die darin befindliche Pappscheibe von dem Stempelkopf in die Rille im Flaschenkopf eingedrückt ist. Gleichzeitig zieht die Flasche beim Heben des Kopfes den Zubringeschieber, der die einzelnen Pappscheiben aus dem Vorratbehälter dem Verschlußkopf zuführt, unter den Behälter zurück. Dadurch wird die nächste Pappscheibe freigegeben und bei der nun folgenden Abwärtsbewegung des Kopfes durch den Schieber *g* in den Verschlußkopf geschoben. Die Flaschen werden von der Förderkette aus auch bei dieser Maschine durch Auf- und

[4]) Vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 23 S. 789 Abb. 10.

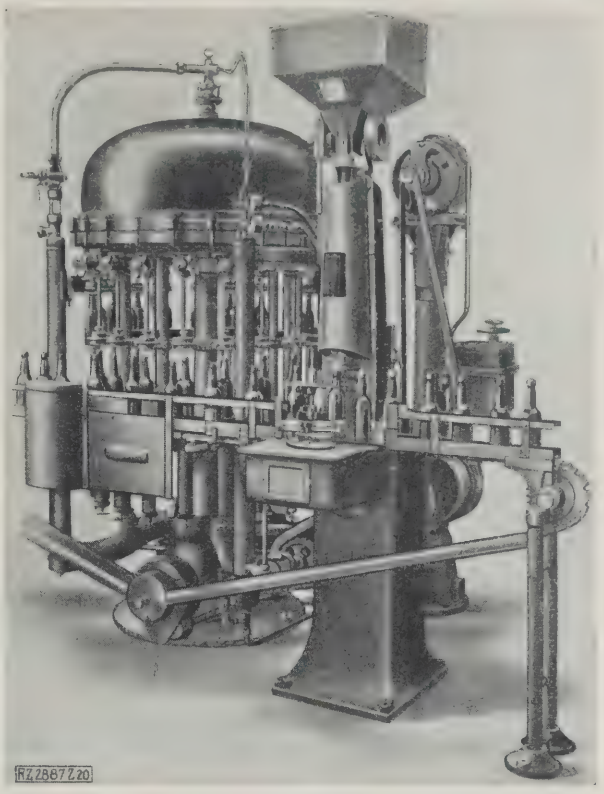



**Abb. 20**
Anlage mit Flaschenfüller (rechts) und Korkmaschine (links); Enzinger-Union-Werke.

Abschubstern zu- und abgeführt. Der Leistungsbedarf der Maschine beträgt etwa 1 PS.

Bei den beiden Verschlußmaschinen, Abb. 17, 18 und 19, der Firma Holstein & Kappert wird die Flasche im Kreise herumgeführt, während bei der Maschine der Enzinger-Union-Werke A.-G., Abb. 16, die Flasche während des Verschlußvorganges von dem Förderband heruntergenommen wird und auf der Stelle stehen bleibt. In Abb. 20 ist gemeinsam mit einem Flaschenfüller eine Maschine dargestellt, die die Flaschen mit Naturkorken verschließt. Diese Maschine gleicht im Aufbau und in der Arbeitsweise vollkommen der Kronenkorkmaschine Abb. 16. Als Sonderheit ist zu erwähnen, daß an der Maschine noch eine kleine Pumpe vorhanden ist, die das aus den geweichten Korken austretende Korkwasser absaugt und dessen Eintritt in die Flasche verhindert. Die Maschine kann bis zu 4000 Flaschen in 1 h verkorken. Der Leistungsbedarf beträgt etwa 1 PS.

### Allgemeines

Selbst bei vollselbsttätigen Maschinen muß der Reinheitszustand der Flasche überwacht werden. Die Aufgabe der Flaschen und das Verpacken geschieht meist noch mit der Hand. Da die Leistung eines Arbeiters in dieser Beziehung höchstens 3000 bis 4000 Flaschen in 1 h beträgt, kann, da im allgemeinen nur je zwei Leute für diese Arbeit Platz haben, kaum über 8000 Flaschen Stundenleistung je Anlage hinausgegangen werden. Derartige große Anlagen können bei voller Ausnutzung über 60 000 Flaschen je Tag verarbeiten, kommen also vorwiegend für Großbetriebe in Frage und werden verhältnismäßig selten erforderlich sein. Man wird daher im Bedarfsfalle, wie beim Flaschenbiergeschäft, das auch von der Witterung und der Jahreszeit abhängig ist, zwei oder mehr kleinere Anlagen wählen, da man damit leichter der stoßweise auftretenden Beanspruchung nachkommen kann. Zu den Flaschenkellereimaschinen gehören auch noch die Etikettiermaschinen, deren Beschreibung einer weiteren Abhandlung vorbehalten sei. [B 2887]

## Aus der Elektrizitätswirtschaft

Am Sonnabend, den 1. Juni 1929, fand im großen Physiksaal der Technischen Hochschule München die Hauptversammlung der Vereinigung der Elektrizitätswerke (VDEW) statt. Gemäß dem auf der Düsseldorfer Tagung der Vereinigung im Jahre 1926 gefaßten Beschluß, nur alle zwei Jahre Hauptversammlungen und dazwischen nur reine Geschäftstagungen zu veranstalten, vollzog sich die diesjährige Hauptversammlung in dem engeren Rahmen einer rein geschäftlichen Tagung. Gleichwohl erfreute sich die Versammlung eines zahlreichen Besuches der Mitglieder aus allen Teilen Deutschlands und namhafter Vertreter der ausländischen Mitglieder. Nach der Begrüßung der Teilnehmer und der geladenen Vertreter der Behörden und befreundeter Verbände durch den Vorsitzenden der Vereinigung, Generaldirektor *Lange*, Gispersleben, erstattete der Geschäftsführer, Direktor Dr. Dr.-Ing. E. h. *Passavant*, den Geschäftsbericht. Aus dessen Inhalt ist besonders die Mitteilung über die Steigerung der Stromerzeugung der in der Vereinigung zusammengefaßten Elektrizitätswerke um 17,5 vH hervorzuheben, und zwar von 12,4 Milliarden kWh im Jahre 1927 auf 14,6 Milliarden kWh im Jahre 1928. Da diese Steigerung trotz nachlassender Wirtschaftslage in einzelnen Industriezweigen und des dadurch bedingten Rückganges in der Industriestromabgabe eintrat, ist der Schluß berechtigt, daß die Zunahme der Stromerzeugung zum großen Teil auf vermehrte Verwendung der Elektrizität in Haus und Wirtschaft zurückzuführen ist. In der weiteren Steigerung gerade des Absatzes für Haushalt- und ähnliche Zwecke wird daher auch das sicherste Mittel für eine Verbesserung der Elektrizitätswirtschaft gesehen.

Die Leistungsfähigkeit der deutschen öffentlichen Elektrizitätswerke hat sich um 13 vH, und zwar von 5,7 Mill. kW im Jahre 1927 auf 6,4 Mill. kW im Jahre 1928 erhöht.

Auf den geschäftlichen Teil folgten zwei für die neuzeitliche Großkraftversorgung besonders wichtige Vorträge.

Prof. Dr.-Ing. *Keinath* sprach über

**die Fernmessung im Betriebe der Elektrizitätswerke**

und führte in großen Zügen etwa folgendes aus:

Der fortschreitende Zusammenschluß der Elektrizitätswerke und die damit einsetzende zusammengefaßte Betriebsführung für mehrere Kraftwerke haben der elektrischen Meßtechnik die Aufgabe der Fernmessung gebracht. Dabei will man mit möglichst wenig besonderen Leitungen auskommen unter Zuhilfenahme von Fernsprechleitungen oder mittels leitungsgerichteter Hochfrequenztelephonie auf einer Starkstromleitung selbst.

Eine Aufgabe dieser Art ist in größtem Stil bereits vor zehn Jahren durch *Oskar von Miller* für das Bayernwerk gestellt worden, ohne daß damals schon eine zufriedenstellende Lösung angegeben werden konnte.

Inzwischen ist die Technik sehr weit fortgeschritten, so daß wir heute über eine ganze Anzahl von Meßverfahren zur Übertragung der Angaben von Meßgeräten verfügen[1]).

Dr.-Ing. *Reiche*, Dresden, sprach mit anschließender Filmvorführung über

**die Ausbildung des Schubtransformators für Spannungsregelung in Großkraftnetzen[2]).**

Der Schubtransformator ist ein Induktionsregler von bemerkenswert großer Sicherheit gegen die Wirkungen von Kurzschlüssen. Er enthält zwei Primärwicklungen und eine Sekundärwicklung. Für die Reglung kann die Sekundärwicklung aus dem Bereich der einen Primärwicklung heraus- und in den Bereich der anderen Primärwicklung hineingeschoben werden. Dabei wird die Spannung in der Sekundärwicklung allmählich zu null und wächst ebenso allmählich wieder an, bis sie am Ende des Vorganges genau so groß, aber entgegengesetzt gerichtet ist wie zuvor. Die Spannung des Schubtransformators wird zur Netzspannung hinzugefügt.

Im Aufbau erhält der Schubtransformator die bewährten Bestandteile des Transformators: geschlossene magnetische Kreise, konzentrische Wicklungen, kräftige Abstützungen in einem ölgefüllten Kessel mit Kühlrippen und Ausdehnungsgefäß. Ein Motor auf dem Deckel bewegt über Zahnräder und Spindeln oder über Kurbeln und Schubstangen die Wicklungen.

Der Schubtransformator könnte durch die Stetigkeit des Regelvorganges und seine sonstigen guten Eigenschaften dem Stufentransformator mit Sprungschaltung überlegen sein. Leider fällt er für große Leistungen und hohe Spannungen zu umfangreich und zu teuer aus. Es bedeutete daher einen großen Erfolg, als es gelang, eine betriebsichere Verbindung von Stufentransformator und Schubtransformator zu schaffen. Nunmehr braucht der Schubtransformator nur noch so groß zu sein, wie es für stufenlose Regelung von einer Stufe zur andern erforderlich ist. Auch die Ausführung des Schubtransformators für hohe und höchste Spannungen ist in der geschilderten Verbindung dadurch erleichtert worden, daß die Wicklung nur noch die Spannung zwischen zwei Stufen aufzunehmen braucht.

Die Versammlung beschloß alsdann, mit Rücksicht auf die zweite Weltkraftkonferenz, die im Jahre 1930 in Berlin stattfindet, im Jahre 1930 ebenfalls nur eine geschäftliche Tagung abzuhalten und die nächste große Tagung erst im Jahre 1931 stattfinden zu lassen. Die Bestimmung des Ortes der nächstjährigen Tagung wurde der Entscheidung des Vorstandes anheimgegeben.

Als Abschluß der Tagung besuchten die Teilnehmer am Montag, den 3. Juni, das von der Vereinigung der Elektrizitätswerke gemeinsam mit dem Zentralverband der deutschen elektrotechnischen Industrie auf der Münchener Wanderausstellung der Deutschen Landwirtschaftsgesellschaft errichtete „Elektrodorf", in dem die vielseitigen Verwendungsmöglichkeiten der Elektrizität in der Landwirtschaft dargestellt waren. [N 3194]

Berlin Dipl.-Ing. *J. Becker*

[1]) Vergl. *Keinath*, Neue Richtlinien für den Bau elektrischer Meßgeräte, Z. Bd. 72 (1928) S. 1784.

[2]) Vergl. *Reiche*, Ein neuer Transformator zur stufenlosen Spannungsregelung, ETZ Bd. 48 (1927) S. 651; derselbe: Der Schubtransformator als Netzregler, „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 27 (1928) S. 73.

## Schmiedespannungen, Vergütungsspannungen und Wärmespannungen

*G. Sachs*[1]) hat nach dem von *Heyn* und *Bauer* angegebenen und von *Sachs* ergänzten Verfahren[2]) die Entstehung und Verteilung von inneren Spannungen in geschmiedetem und vergütetem Stahl festgestellt. Entsprechend vorbehandelte Abschnitte wurden allmählich ausgebohrt und nach jedem Span die Längenänderungen und die Durchmesser gemessen. Aus den Formänderungen wurden die Längs- und Ringspannungen mit einer Genauigkeit von etwa $\pm 1$ kg/mm² berechnet. Beim Schmieden in Rotglut blieben keine Spannungen zurück, während hohe Schmiedespannungen auftraten, wenn bis zum Erkalten des Werkstoffes weiter geschmiedet wurde. Sowohl Längs- als auch Ringspannungen waren hierbei im Innern der Stange positiv und außen negativ.

Nach dem Härten und Vergüten nahm beim Ausbohren die Länge gleichmäßig zu, während der Durchmesser zunächst ab- und dann wieder zunahm. Die berechneten Vergütungsspannungen infolge Härtens (Abschrecken von 850 ° in Öl) waren geringer als die Schmiedespannungen; die Längsspannungen waren ähnlich verteilt wie beim Kaltschmieden, während die Ringspannungen innen und außen Druck und dazwischen Zug ergaben. Durch Anlassen nahmen diese Spannungen mit der Anlaßtemperatur ab. 600 ° Anlaßtemperatur hob alle Spannungen auf.

An Proben, die ½ h geglüht und auf verschiedene Weise abgekühlt waren, wurden auf gleiche Weise die Wärmespannungen ermittelt. Abkühlen an der Luft von 825 ° herunter und auch Abschrecken in Öl von 600 ° herunter ergab keine Formänderungen, also auch keine Spannungen, dagegen trat gleichmäßige und starke Zunahme von Länge und Durchmesser beim Abschrecken von 675 ° in Öl und von 600 ° herab in Wasser ein, wodurch sowohl in Längs- als auch in Umfangsrichtung im Innern Zugspannungen und am Rande Druckspannungen entstanden; das gleiche wurde bei einer Stange, die Eigenspannungen besaß, festgestellt.

Nach diesen Ergebnissen bestehen also deutliche Unterschiede in der Art und der Verteilung der Spannungen in Stäben, je nach der Art der vorangegangenen Behandlung. Die gemessenen Spannungswerte lagen zwischen 0 und 30 kg/mm². Das Verfahren erscheint daher zur nachträglichen Feststellung der Behandlung, die ein Werkstück erlitten hat, geeignet zu sein, für welchen Zweck die üblichen mechanischen, metallographischen und chemischen Prüfungen vielfach nicht ausreichen. [N 3323] *Fiek*

[1]) „Metallwirtschaft" Bd. 8 (1929) Nr. 15 S. 343.

[2]) *G. Sachs*, Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 352.

# Über die Beziehungen der Dauerbiegefestigkeit zu den statischen Festigkeitswerten

*Von Dr. W. HEROLD, Wien*

*Die Formel von Stribeck. Die Beziehung der Dauerbiegefestigkeit zur Fließgrenze, zur Bruchgrenze, dem Mittel aus beiden und zur Reißfestigkeit. Ableitung von Umrechnungsformeln für die einzelnen Stahlgruppen. Die Genauigkeit der Leistungskurve und deren weitere Bedeutung.*

Durch die Entwicklung der dynamischen Werkstoffprüfung in den letzten Jahren wurden Verfahren geschaffen, die gestatten, die Dauerfestigkeit in verhältnismäßig kurzer Zeit mit einer für praktische Zwecke ausreichenden Genauigkeit zu ermitteln und so dem Konstrukteur einwandfreie Werte für seine Berechnungen zur Verfügung zu stellen.

Da aber diese Versuche Sondermaschinen erfordern und ihre Durchführung trotz der bedeutenden Fortschritte auf diesem Gebiete längere Zeit beansprucht als der Zugversuch, hat es nicht an Versuchen gefehlt, Beziehungen zwischen der Dauerbiegefestigkeit und andern Werkstoffeigenschaften zu finden, um durch eine einfache Rechnung die verhältnismäßig langdauernde dynamische Werkstoffprüfung zu ersetzen. Wohl am genauesten wurde die Beziehung zum Zugversuch, der in der Werkstoffprüfung sicher am häufigsten angewendet wird, untersucht[1]). Solche Formeln wurden unter anderen von *Spangenberg*[2]), *Strohmaier*[3]), *Moore* und *Seely*[4]) aufgestellt, ergaben aber nur die oberflächliche Beziehung, daß die Dauerfestigkeit ganz allgemein mit steigender Fließ- und Bruchgrenze zunimmt, und konnten infolge der großen Streuungen der berechneten Werte keine weitere Bedeutung erlangen.

Einen Zusammenhang mit den übrigen Werten des Zerreißversuches, wie der Dehnung und Einschnürung oder mit der Kerbzähigkeit, wurde nicht gefunden. Außerdem wurden die zur Aufdeckung dieser Zusammenhänge verwendeten Versuchsergebnisse von Forschern auf Prüfmaschinen verschiedener Bauart erreicht, so daß es überhaupt fraglich ist, ob die Ergebnisse untereinander vergleichbare Werte darstellen.

In letzter Zeit hat *Stribeck*[5]) versucht, eine Beziehung zwischen der Dauerbiegefestigkeit und den Werten des Zugversuches nach der allgemeinen Formel

$$\sigma_D = \alpha \frac{\sigma_F + \sigma_B}{2} \qquad (1)$$

zu finden. Aus den Versuchen von *Moore* und *Kommers* ergab sich im Mittel

$$\alpha = 0{,}57.$$

Nach den Versuchen von *Martens* und *Wöhler* findet er $\alpha = 0{,}57$ und 0,50, während er aus den Versuchen von *Lasche* $\alpha = 0{,}38$ errechnet. *Stribeck* erklärt diese Unterschiede aus der verschiedenen Versuchsdurchführung der einzelnen Forscher; bei den Versuchen von *Wöhler* ist aber keine Fließgrenze angegeben, so daß diese geschätzt werden mußte. Darin liegt aber eine große Unsicherheit, so daß der wirkliche Wert des Ergebnisses dadurch sehr in Frage gestellt wird. In Zahlentafel 1 sind die von den einzelnen Forschern gefundenen Beziehungen zwischen der Dauerbiegefestigkeit und den Werten des Zugversuches zusammengestellt.

Auf Grund von rd. 160 mit der *Schenkschen* Dauerbiegemaschine durchgeführten Versuchen konnte ich schon die von *E. Lehr* und andern gemachten Erfahrungen bestätigen, daß die mittels $\alpha$ berechneten Dauerfestigkeiten zu große Streuungen aufweisen und im besten Falle nur Näherungswerte für die Dauerfestigkeit ergeben, die aber für die praktische Verwendung so gut wie wertlos sind.

Diese Untersuchungen wurden mit unlegierten Kohlenstoffstählen, Nickel-, Chromnickel-, Mangan- und Sonderstählen durchgeführt. Von einer Wiedergabe der einzelnen Versuchswerte muß infolge ihrer großen Zahl Abstand genommen werden. Es wurde immer

[1]) *R. Mailänder*, Ermüdungserscheinungen und Dauerversuche. Ber. 38 Werkstoffausschuß Ver. deutsch. Eisenhüttenleute.

[2]) *L. Spangenberg*, Über das Verhalten der Metalle bei wiederholten Anstrengungen, Z. f. d. Bauwesen Bd. 24 (1874) S. 473, Bd. 25 (1875) S. 78.

[3]) *C. Strohmaier*, A method of determining fatigue by calorometry, Engg. Bd. 118 (1914) S. 281. Repeatet stresses, Engg. Bd. 118 (1914), Stahl und Eisen Bd. 35 (1915) S. 272. The determination of fatigue limits under alternating stress condition, Proc. Roy. Soc. Bd. 90 (1914) S. 114, Stahl und Eisen Bd. 34 (1914) S. 1888. The elasticity and endurance of steam pipes, Eng. Bd. 97 (1914) S. 846. A mashine for determining fatigue of metals, Sheffield. Soc. of Engineers and metallurgists Proc. 1914.

[4]) *H. F. Moore u. F. B. Seely*, The failure of metals under repetet stress, Am. Soc. Test. Mat. 1915 II S. 438, Stahl und Eisen Bd. 34 S. 1333. Constantes et diagrammes pour les essais de fatigue, Soc. Test. Mat. 1916 II S. 471, Rev. Met. 1916 Extr. S. 26.

[5]) *R. Stribeck*, Dauerfestigkeit von Stahl und Eisen bei wechselnder Biegung, verglichen mit den Ergebnissen des Zugversuches, Z. Bd. 67 (1923) S. 631.

**Zahlentafel 1**

Beziehungen zwischen der Dauerbiegefestigkeit und den Werten des Zugversuchs nach Angabe verschiedener Forscher.

| $\frac{\sigma_D}{\sigma_F}$ | $\frac{\sigma_D}{\sigma_B}$ | $\frac{2\sigma_D}{\sigma_F+\sigma_B}$ | $\frac{\sigma_D}{\sigma_R}$ | Forscher |
|---|---|---|---|---|
| 0,7 | 0,5 | — | — | *Moore, Kommers* und *Jasper*[1a]) |
| — | 0,5 | — | — | *Lea*[2a]) |
| — | 0,45 | — | — | *Wilson* und *Haig*[3a]), nach *Mc. Adam*[4a]) |
| — | — | 0,57 | — | *Stribeck*, nach Versuchen von *Moore* und *Kommers*[5a]) |
| — | — | 0,57 | — | *Stribeck*, nach Versuchen von *Martens* |
| — | — | 0,50 | — | „ „ „ „ *Wöhler* |
| — | — | 0,38 | — | „ „ „ „ *Lasche* |
| 0,65 | 0,47 | 0,56 | — | *Mailänder*, nach Versuchen von *Moore, Kommers, Jasper, Mc. Adam*[6a]) |
| 0,69 | 0,51 | 0,56 | — | *E. Lehr*[7a]) |
| 0,55 | 0,43 | 0,49 | 0,25 | eigene Versuche: legierte und nicht legierte Stähle |
| 0,75 | 0,41 | 0,51 | 0,27 | „ „ mit C-Stählen |
| 0,58 | 0,44 | 0,50 | 0,24 | „ „ „ Mn-Stählen |
| 0,55 | 0,44 | 0,47 | 0,21 | „ „ „ 3 vH-Ni-Stählen |
| 0,50 | 0,40 | 0,44 | — | „ „ „ Cr-Ni-Stählen |
| 0,54 | 0,44 | 0,48 | 0,24 | „ „ „ VCN 15 |
| 0,50 | 0,42 | 0,45 | 0,24 | „ „ „ VCN 35 |
| 0,62 | 0,49 | 0,55 | 0,23 | „ „ „ ECN 25 |
| 0,53 | 0,44 | 0,49 | 0,26 | „ „ „ VCN 45 |

[1a]) *H. F. Moore, J. B. Kommers u. T. M. Jasper*, Fatigue or progressiv failure of metals under repeatet stress, Am. Soc. Test. Mat. 1022, Chem. Met. Engg. Bd. 27 (1922) S. 14, Iron Trade Rev. 1922 II S. 48. *H. F. Moore u. T. M. Jasper*, Recent developments on fatigue of metals, University of Illinois Bull. Nr. 136, 1923.

[2a]) *Lea*, The effect of repetition stresses on Materials, Engg. Bd. 113 (1923) S. 217 u. f.

[3a]) *E. F. Wilson, und P. B. Haig*, The influence of rivet holes on steel structures, Engg. Bd. 112 (1922) S. 309, Stahl und Eisen Bd. 43 (1923) S. 889.

[4a]) *D. J. Mc. Adam*, Endurance properties on steel. Their relation to other physikal properties and to chemical composition, Ber. z. 26. Vers. der Am. Soc. Test. Mat. 1923.

[5a]) *H. F. Moore und J. F. Kommers*, An investigation of the fatigue of Metals, University of Illinois Bull. Nr. 124, 1921.

[6a]) *Lasche*, Konstruktion und Material im Bau von Dampfturbinen und Turbodynamos. Berlin 1921.

[7a]) *E. Lehr*, Die Dauerfestigkeit, ihre Bedeutung für die Praxis und kurzfristige Ermittlung mittels neuartiger Prüfmaschinen, Glasers Annalen Bd. 99 (1926) S. 109 u. f., Bd. 100 (1927) S. 33.

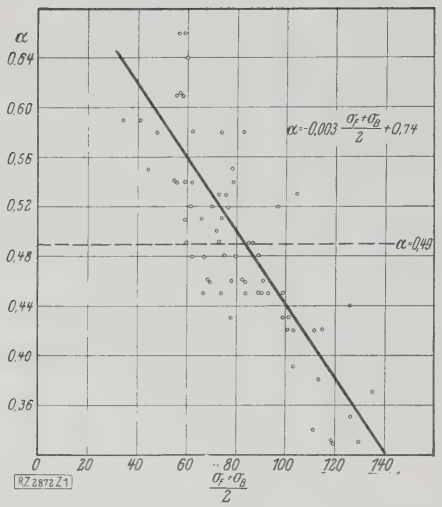



**Abb. 1** Abhängigkeit des Stribeckschen Faktors von der Festigkeit der Werkstoffe.

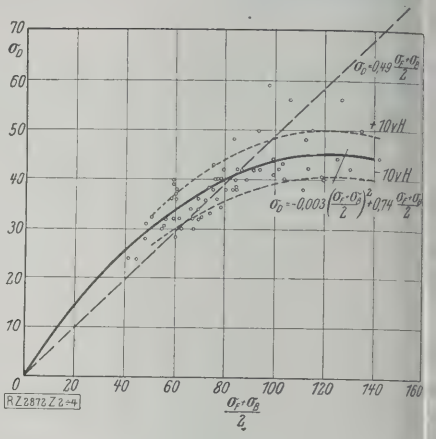



**Abb. 2** Abhängigkeit der Dauerfestigkeit von $\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}$.

die untere Dauerfestigkeit bestimmt, um eine Trübung der Ergebnisse durch hochtrainierte Werte zu vermeiden. Die Oberfläche der Probestäbe wurde geschliffen, aber nicht mit Polierpapier nachbehandelt, da in erster Linie die dynamische Arbeitsfähigkeit der Werkstoffe bei einer einwandfreien werkstattmäßigen Oberflächenbearbeitung festgestellt werden sollte. Die Probestäbe wurden also eigentlich mit einer leicht verletzten Oberfläche geprüft, wie sie durch das Schleifen bedingt wird. Dieser Umstand ist besonders bei den harten Stählen von Bedeutung, worauf schon hier verwiesen werden soll, da ihm auch eine wesentliche Bedeutung für die Berechnung der Dauerfestigkeit aus den Werten des Zugversuches zukommt.

Da bei den harten Stählen die Fließgrenze durch einen Stillstand des Kraftanzeigers der Maschine nicht angezeigt wird, so wurde, um eine einheitliche Vergleichsmöglichkeit zu schaffen, bei allen Stählen die 0,2 vH-Dehnung[6]) bestimmt. Zum Messen wurde ein Dehnungsmesser oder ein Spiegelgerät nach *Martens* benutzt.

Zunächst wurden dem Stand der damaligen Untersuchung entsprechend die Ergebnisse von rd. 80 Versuchen mit legierten und nicht legierten Stählen für die Umrechnung verwendet. Die Werkstoffe waren geglüht, vergütet oder gehärtet. Dabei ergab sich, daß der *Stribecksche* Faktor $\alpha$ von der Höhe der Fließ- und Bruchgrenze abhängig ist und mit zunehmendem statischen Werte fällt. Eine so einfache Beziehung, wie sie *Stribeck* annimmt, kann also nicht bestehen, und die gute Übereinstimmung, die *Stribeck* bei seinen Ergebnissen erreicht hat, ist vermutlich darauf zurückzuführen, daß er Stähle in verhältnismäßig kleinem Festigkeitsbereich zu der Umrechnung verwendet hat und Stähle mit hohen Festigkeiten und solche mit martensitischer Struktur nicht in den Bereich seiner Untersuchungen gezogen hat.

Trägt man die Werte von $\alpha$ in Abhängigkeit von $\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}$ auf, Abb. 1, so ergibt sich eine lineare Beziehung von der allgemeinen Form

$$\alpha = -a\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}+b \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

$\alpha$ nimmt mit zunehmender Festigkeit und Fließgrenze ab; der Wert von $\alpha = 0{,}49$, wie er sich nach der *Stribeckschen* Formel für diese Versuche errechnet, entspricht keinem Mittelwert.

Die Mittelwertlinie, Abb. 1, wurde derart ermittelt, daß zunächst die Mittelwerte von $\alpha$ für Festigkeitsbereiche von je 10 kg und dann aus den einzelnen Punkten die Mittelwertlinie bestimmt wurde. Ganz ähnliche Schaubilder ergeben sich aus den Beziehungen $\sigma_F$ und $\sigma_B$.

In allen Fällen nimmt die Umrechnungszahl mit zunehmenden statischen Werten ab.

[6]) *M. Moser* Werkstoffbericht 96 (1926) d. Ver. deutsch. Eisenhüttenleute.

Aus den Gleichungen 1 und 2 ergibt sich

$$\sigma_D = -a\left(\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}\right)^2 + b\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

also eine Parabel, die die Mittelwerte der Dauerfestigkeiten im allgemeinen gut wiedergibt, Abb. 2. Durch diese Formel wird der bei den Versuchen immer wieder gemachten Erfahrung Rechnung getragen, daß die Dauerfestigkeit bei den höheren statischen Festigkeiten verhältnismäßig gering ist, ja bei ein und demselben Werkstoff bei entsprechend hoher Festigkeit und bei gleich bleibender geschliffener und nicht polierter Oberfläche sogar dem absoluten Wert nach kleiner werden kann. Die Streuungen der gefundenen und berechneten Werte sind aber ganz bedeutend und für die Berechnung der Dauerfestigkeit zu groß. Der Streuungsbereich für ± 10 vH ist durch die gestrichelten Kurven angedeutet.

Versuche, eine lineare Beziehung zwischen der Dauerfestigkeit und $\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}$ zu finden, hatten kein besseres Ergebnis, im Gegenteil sind hier die Fehler besonders bei den hohen Festigkeiten noch größer. Die *Stribecksche* Formel $\sigma_D = 0{,}49\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}$ gibt die tatsächlichen Verhältnisse viel schlechter wieder.

In Zahlentafel 2 sind die bei den einzelnen Umrechnungszahlen auftretenden Streuungen wiedergegeben. Man ersieht aus dieser Gegenüberstellung, daß die Berechnung der Dauerfestigkeit aus der Fließ- und Bruchgrenze oder dem Mittel aus beiden annähernd gleich gute Ergebnisse gibt, da hierbei bei rd. 75 vH aller Fälle der Fehler höchstens ± 10 vH beträgt, während bei der Berechnung mit dem *Stribeckschen* Faktor nur rd. 60 vH der Werte innerhalb dieser Fehlergrenze liegen.

Wohl die Hauptursache für die großen Streuungen dürfen darin liegen, daß es beim Schleifen der Oberfläche nicht möglich ist, diese immer ganz gleichmäßig herzustellen, da jeder geschliffene Stab, der nicht nachträglich poliert wird, eine mehr oder minder stark verletzte Oberfläche aufweist und hierdurch die Werte für die Dauerfestigkeit besonders bei den hohen statischen

**Zahlentafel 2**
Streuungen bei den einzelnen Umrechnungszahlen

| Dauerfestigkeit berechnet aus | Streuungen ± 10 vH | Streuungen größer als + 10 vH | Streuungen größer als − 10 vH |
|---|---|---|---|
| $\alpha\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}$ | 58 | — | — |
| $-a\left(\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}\right)^2+b\frac{\sigma_F+\sigma_B}{2}$ | 69 | 18 | 13 |
| $-a_1\sigma_F^2+b_1\sigma_F$ | 77 | 17 | 6 |
| $-a_2\sigma_B^2+b_2\sigma_B$ | 73 | 14 | 13 |
| $-a_3\sigma_R^2+b_3\sigma_R$ | 66 | 18 | 16 |

estigkeiten verhältnismäßig stark herabgesetzt werden. on *Ludwik* und *Scheu*[7]), *Lehr* und *Mailänder* wurde der achweis erbracht, daß die Kerbempfindlichkeit mit steiender Festigkeit zunimmt. *Rittershausen* und *Fischer*[8]) aben bei Dauerschlagversuchen nachgewiesen, daß oberalb 75 kg/mm² Streckgrenze die Kerbempfindlichkeit mit eigender Streckgrenze bedeutend zunimmt. Nach *Schmidt* nd *Gough* muß die Kerbwirkung nicht immer durch eometrische Kerben bedingt sein, örtliche Erhöhung von pannungen wie z. B. Verfestigung durch Gleitflächen, ärtespannungen usw. können ganz ähnliche Wirkungen ie Kerben hervorrufen.

Da sich die erhöhte Kerbempfindlichkeit natürlich enau so bei den inneren Kerben, also den Folgen von erunreinigungen, wie Schlackeneinschlüssen, Lunkern, asblasen usw., auswirkt, so kommt dem Reinheitsgrad esonders bei den auf höhere Festigkeiten vergüteten ählen eine erhöhte Bedeutung zu. Es scheint also nach en bisherigen Erfahrungen nicht günstig zu sein, die ähle auf eine zu hohe statische Festigkeit zu vergüten, da onst die Dauerfestigkeit unverhältnismäßig niedrig wird.

Als eine Folge des Reinheitsgrades muß natürlich uch die Rohstoffauswahl und das Herstellungsverahren von Einfluß auf die Höhe der Dauerfestigkeit sein.

Ein weiterer Umstand dieser Streuungen ist auch arin begründet, daß Stähle verschiedener Zusammenetzung miteinander verglichen wurden. Wie später geeigt werden wird, ist es möglich, für jede Stahlsorte ine ihr eigentümlich Parabel der Mittelwerte abzuleiten.

Ein Nachteil dieser Art der Umrechnung ist es aber, aß die Dauerfestigkeit mit einem mehr oder weniger illkürlich gewählten Werte des Zerreißversuches in eziehungen gesetzt wurde, wobei die Zähigkeit des Werkoffes vollständig unberücksichtigt blieb. Wenn es auch isher nicht möglich war, zwischen der Dauerfestigkeit nd den üblichen Wertmessern für die Zähigkeit beim Zerreißversuch, nämlich der Dehnung und Einschnürung, ine unmittelbare Beziehung zu finden, so ist es doch icht ausgeschlossen, daß eine bisher noch nicht aufgeeckte Abhängigkeit zu diesen Größen besteht. Dies etzt aber voraus, daß es möglich ist, das Ergebnis des erreißversuches in einer einzigen Formel zusammenufassen. *Ludwik*[8a]) hat nachgewiesen, daß die Reißestigkeit aus der Bruchfestigkeit, der gleichmäßigen )ehnung und der Einschnürung, also drei Größen, ie von der Meßlänge unabhängig sind, berechet werden kann. Diese Reißfestigkeit gibt die Werkoffeigenschaften viel besser wieder, da z. B. der Einfluß er Anlaß- oder Beizsprödigkeit sowie der Rekristallisaon, die beim gewöhnlichen Zerreißversuch kaum zum usdruck kommen, ein starkes Abfallen der Reißfestigeit bedingen. Die für die Berechnung verwendeten Werte er Reißfestigkeit wurden nach der von *Ludwik* angeebenen Formel:

$$\sigma_R = \sigma_B (1 + \vartheta_A) [2 - (1 + \vartheta_A) (1 - \psi_B)]$$

urchgeführt. Dabei bedeutet $\sigma_B$ die Bruchfestigkeit, $\vartheta_A$ ie gleichmäßige Dehnung, $\psi_B$ die Einschnürung.

In allen Fällen, wo

$$\psi_E = 1 - (1 + \vartheta_A) (1 - \psi_B)$$

rößer als 0,5 war, wurden die nach obiger Formel berechteten Reißfestigkeitswerte um so viel vermehrt, als $\psi_E$ rößer als 50 vH war.

[7]) Z. f. Metallwirtschaft Bd. 8 (1929) Nr. 1 S. 5.
[8]) Kruppsche Monatshefte Bd. 1 (1920) S. 93.
[8a]) Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 269.

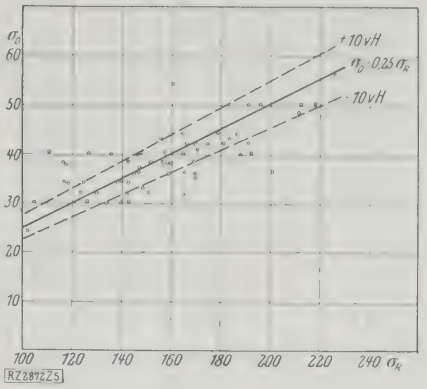



**Abb. 3** Abhängigkeit der Dauerfestigkeit von der Reißfestigkeit.

Die so berechneten Reißfestigkeitswerte geben allerdings nur Näherungswerte, jedoch kann der Fehler nach den Untersuchungen *Ludwiks* rd. 6 vH, bei hart vergüteten Stahlen bis zu etwa 9 vH betragen. Mit diesem Fehler sind daher auch die aus der Reißfestigkeit berechneten Dauerfestigkeitswerte behaftet.

Wenn die Reißfestigkeit auch keine eindeutig erklärte physikalische Größe darstellt, da sich die wahre Reißspannung infolge des verwickelten mehrachsigen Spannungssystems im Fließkegel nicht genau bestimmen läßt, so stellt sie bis jetzt doch die einzige Möglichkeit dar, sowohl die Festigkeits- als auch die Zähigkeitseigenschaften der Werkstoffe in einem einzigen Wert zahlenmäßig zusammenzufassen. Sollte also nicht nur die Festigkeit, sondern auch die Zähigkeit einen wesentlichen Einfluß auf die Höhe der Dauerfestigkeit haben, so müßte sich eine einfache Beziehung zur Reißfestigkeit finden lassen, die genauere Werte gibt als die Beziehungen zu den reinen Festigkeitseigenschaften.

In Abb. 3 ist die Dauerfestigkeit in Abhängigkeit von der Reißfestigkeit aufgetragen; dabei ergibt sich für die Mittelwertlinie die lineare Beziehung:

$$\sigma_D = 0{,}25\,\sigma_R,$$

also ein viel einfacherer Zusammenhang als mit allen übrigen Werten des Zerreißversuches. Bemerkenswert ist, daß diese Gleichung für alle Stahlsorten gilt und unabhängig von der Zusammensetzung ist.

In allen Fällen, wo die Reißfestigkeit infolge fehlerhafter Materialbeschaffenheit, z. B. besonders grobem Korn, sinkt, nimmt auch die Dauerfestigkeit ab, wie die Zusammenstellung, Zahlentafel 3, zeigt. Während beim 0,35 vH-C-Stahl der *Stribecksche* Faktor einen Unterschied von 18 vH aufweist, beträgt der Unterschied von $\frac{\sigma_D}{\sigma_R}$ nur 7 vH. Beim 0,9 vH-C-Stahl macht der Unterschied von $\alpha$ 18 vH aus, der von $\frac{\sigma_D}{\sigma_R}$ nur 3,5 vH. Bedenkt man, daß die Reißfestigkeit nur nach einem Näherungsverfahren berechnet wurde, so muß diese Übereinstimmung als sehr befriedigend bezeichnet werden, da die Unterschiede innerhalb der Fehlergrenzen der Berechnung von $\sigma_R$ liegen.

Bei allen diesen Umrechnungsverfahren ist auffallend, daß mit Ausnahme der Reißfestigkeit die Mittelwerte der Dauerfestigkeit nicht auf einer Geraden liegen, sondern durch eine Parabel dargestellt werden. Mit zunehmenden statischen Werten nimmt die Dauerfestigkeit verhältnismäßig ab. Die Ursache hierfür dürfte in erster Linie in

**Zahlentafel 3**
Beziehungen zwischen Dauerfestigkeit und Reißfestigkeit.

| | $\sigma_F$ | $\sigma_B$ | $\varphi_{10}$ | $\varphi_G$ | $\psi$ | $\psi_E$ | $\sigma_R$ | $\sigma_D$ | $\frac{\sigma_D}{\sigma_F}$ | $\frac{\sigma_D}{\sigma_B}$ | $\frac{2\,\sigma_D}{\sigma_F + \sigma_B}$ | $\frac{\sigma_D}{\sigma_R}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stahl 0,35 vH C geglüht | 37,7 | 58,5 | 22,6 | 13 | 64 | 59 | 110,5 | 30 | 0,80 | 0,51 | 0,62 | 0,28 |
| „ 0,35 „ „ überhitzt | 33 | 61,6 | 21 | 12,3 | 39,7 | 32,2 | 91,3 | 24 | 0,73 | 0,39 | 0,51 | 0,26 |
| „ 0,9 „ „ geglüht | 34,4 | 71,3 | 18,8 | 11,3 | 31,6 | 23,6 | 97 | 26 | 0,75 | 0,36 | 0,49 | 0,27 |
| „ 0,9 „ „ überhitzt | 44,7 | 94,4 | 5 | 2,8 | 3,8 | 3,8 | 98,1 | 28 | 0,63 | 0,30 | 0,40 | 0,28 |

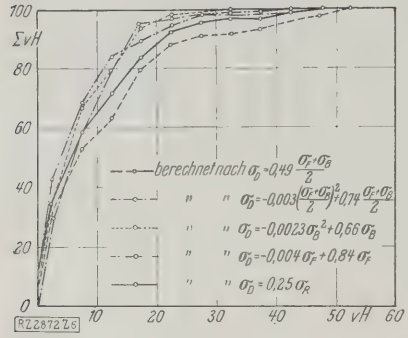



Abb. 4
Mittlere Streuungen der aus der Bruchfestigkeit berechneten von den gesamten Dauerfestigkeitswerten.

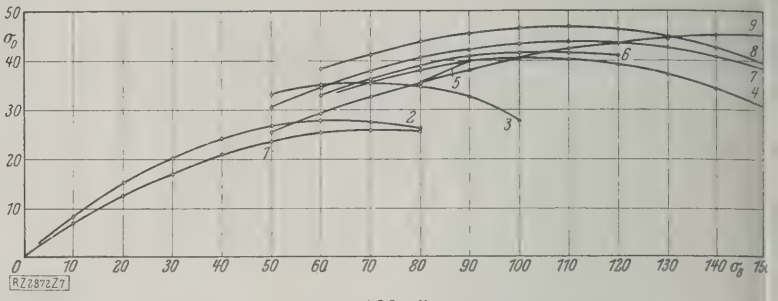



Abb. 5
Mittlere Dauerfestigkeitswerte für einzelne Stahlgruppen in Abhängigkeit von der Bruchfestigkeit.

der erhöhten Kerbempfindlichkeit der Werkstoffe bei den höheren Festigkeiten liegen, wie von *E. Lehr*[8b]) nachgewiesen wurde und wodurch die Dauerfestigkeit bedeutend herabgesetzt wird. Auffallend ist allerdings die lineare Abhängigkeit von der Reißfestigkeit, obwohl hier die Oberflächenverletzungen durch das Schleifen ebenfalls zum Ausdruck kommen müßten.

In Abb. 4 sind die Häufigkeitskurven für die einzelnen Umrechnungen gezeichnet. Als Abzissen sind die Fehler in Hundertsteln und als Ordinaten die Zahl der Werte in Hundertsteln aufgetragen.

Die Berechnung aus der Bruch- und Fließgrenze sowie dem Mittel aus beiden gibt annähernd gleich gute Werte, dann folgt die Berechnung aus der Reißfestigkeit und diejenige mittels des *Stribeckschen* Faktors, bei denen die Fehler am größten sind. Es ist also für die Umrechnung am bequemsten, von der Bruchfestigkeit auszugehen, Zahlentafel 2.

Bisher wurde versucht, für alle Stahlsorten eine einheitliche Gleichung für die Umrechnung zu finden, wobei stillschweigend die Annahme gemacht wurde, daß für die Höhe der Dauerfestigkeit nur die statischen Eigenschaften maßgebend sind. Dabei ergaben sich aber so bedeutende Streuungen der berechneten Werte, daß dieses Verfahren für die Berechnung der Dauerfestigkeit zu ungenau ist. Nun wurden nach demselben Verfahren für die einzelnen Stahlgruppen die Mittelwertlinien der Dauerfestigkeit in Abhängigkeit von der Bruchfestigkeit bestimmt. Die entsprechenden Gleichungen sind in Zahlentafel 4 angegeben.

Die so erhaltenen Kurven sind in Abb. 5 wiedergegeben. Aus ihrer verschiedenen Lage ist zu erkennen, daß die Dauerfestigkeit keine einfache Funktion der statischen Eigenschaften sein kann, sondern daß auch die Zusammensetzung der Stähle für ihre Höhe maßgebend ist. Die sich dabei ergebenden Abstufungen der dynamischen Widerstandfähigkeit der Werkstoffe entsprechen der langjährigen praktischen Erfahrung, die auf diesem Gebiete gewonnen wurde. Gerade diesem Umstand kommt eine besondere Bedeutung zu; denn es ist wieder ein Beweis dafür, daß eine zielbewußte Werkstoffforschung langjährige praktische Versuche, die unvermeidlich von Mißerfolgen und Opfern begleitet sein müssen, weitgehend ersetzen kann. Es ist aber auch ein untrüglicher Beweis für die Treffsicherheit der Prüfverfahren und vor allem dafür, daß die heute eingeschlagenen Wege der dynamischen Werkstoffprüfung sich in den richtigen Bahnen bewegen.

Kurve 1, Abb. 5, wurde für die C-Stähle nach den Versuchen von *Moore* und *Kommers*[9]) und Kurve 2 aus eigenen Versuchen abgeleitet. In beiden Fällen wurden geglühte normalisierte, vergütete und gehärtete Stähle benutzt. Beide Kurven decken sich ziemlich gut, und der Unterschied der Mittelwerte dürfte auf die verschiedene Versuchsdurchführung oder Probenherstellung zurückzuführen sein. Die Chrom-Nickel-Stähle VCN 35 und ECN 35, Kurve 6 und 7, decken sich bis zu einem Bereich von 120 kg fast vollständig; die mittlere Dauerfestigkeit des Stahles

[8b]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 78.
[9]) The fatigue of Metals, London 1927.

Zahlentafel 4
Streuungen bei den verschiedenen Gleichungen, vergl. Abb. 5.

| | Stahlsorte | Dauerfestigkeit $\sigma_D$ | $\frac{A}{\sigma_B}$ | Streuungen vom Mittelwert $\frac{A}{\sigma_B}$ vH | Anmerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | C-Stähle | $-0{,}0048\,\sigma_B^2 + 0{,}7\ \sigma_B$ | — | — | nach *Moore* und *Kommers* eigene Versuche |
| 2. | „ | $-0{,}0037\,\sigma_B^2 + 0{,}9\ \sigma_B$ | — | — | |
| 3. | 3 vH-Ni-Stahl | $-0{,}0077\,\sigma_B^2 + 1{,}04\,\sigma_B$ | 0,49 | + 2,1 | |
| 4. | Cr-Stähle | $-0{,}0043\,\sigma_B^2 + 0{,}88\,\sigma_B$ | 0,47 | — 2,1 | |
| 5. | VCN 15 | $0{,}44\ \sigma_B$ | | | |
| 6. | VCN 35 | $-0{,}0036\,\sigma_B^2 + 0{,}77\,\sigma_B$ | 0,55 | + 14,6 | |
| 7. | ECN 35 | $-0{,}0035\,\sigma_B^2 + 0{,}78\,\sigma_B$ | 0,46 | — 4,2 | |
| 8. | VCN 45 | $-0{,}0040\,\sigma_B^2 + 0{,}86\,\sigma_B$ | 0,44 | — 8,3 | |
| 9. | Mn-Stähle | $-0{,}002\ \sigma_B^2 + 0{,}60\,\sigma_B$ | 0,45 | — 6,7 | |
| | | Mittel | 0,48 | | |

VCN 35 ist um rd. 5 vH niedriger als die des Stahl ECN 35. Bemerkenswert ist noch, daß die Kurve 7 d mittlere Dauerfestigkeit von geglühten, vergüteten und g härteten ECN 35-Stählen umfaßt. Natürlich sind die Stre ungen der martensitischen Stähle infolge ihrer höhere Kerbempfindlichkeit am größten. Dabei muß jedoch d Dauerfestigkeit des gehärteten Stahles nicht unbedin größer sein als die des geglühten; z. B. kann ein Wer stoff mit 85 kg/cm² Festigkeit im geglühten und 135 kg/cm im gehärteten Zustand dieselbe Dauerfestigkeit haben.

Die Dauerfestigkeiten der Stähle mit 3 vH Ni sind b zu etwa 70 kg/cm² Festigkeit denjenigen der Chrom-Nicke stähle gleich, fallen aber bei den höheren Festigkeite stark ab.

Die Dauerfestigkeiten der Stähle VCN 15 liegen einem Festigkeitsbereich von 70 bis 80 kg/cm² zwische den Manganstählen und den Chrom- und Chrom-Nicke stählen. Mit dieser Stahlsorte wurden nur Versuche i einem Festigkeitsbereich von 70 bis 80 kg/cm² gemacht; fi diesen kleinen Bereich war es nicht möglich, die Daue festigkeitskurve zu berechnen. Deshalb wurde d lineare Funktion $\sigma_D = 0{,}44\,\sigma_B$ gewählt, da dies innerha kleiner Festigkeitsbereiche zulässig ist.

Bei den Chrom-Stählen, Kurve 4, Abb. 5, sind d mittleren Dauerfestigkeitswerte im allgemeinen niedrig als bei den Chrom-Nickel-Stählen, besonders bei den hohe Festigkeiten tritt ein starker Abfall der Dauerfestigkeit ei Auffallend sind die guten Werte der Manganstähle, Kurve deren mittlere Dauerfestigkeiten bei den niedrigen Bruch festigkeiten zwar niedriger, bei den höheren aber größe sind als diejenigen der Chrom-Nickel-Stähle. Die höchste Dauerfestigkeitswerte weisen die genormten Spitzenstäh der Gruppe VCN 45 auf. Bei den höheren Festigkeite geben aber die Manganstähle gleich gute Ergebnisse.

Mit geglühten und gehärteten Stählen ECN 45 wurde auch Versuche durchgeführt, ihre Zahl war aber zu g

ring, um daraus einwandfreie Mittelwerte zu berechnen. Es zeigt sich aber auch hier, daß die Dauerfestigkeiten im martensitischen Zustand unverhältnismäßig niedrig sind.

Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß bei dynamischer Beanspruchung die legierten Stähle niemals durch die reinen C-Stähle ersetzt werden können, daß es aber wahrscheinlich möglich ist, für die verhältnismäßig teueren Chrom-Nickel-Stähle einen Ersatz in billiger legierten Stählen zu finden. Der einzige Vorteil der C-Stähle gegenüber den legierten Stählen ist, daß letztere an der Dauerfestigkeit eine mehr oder weniger hohe Dämpfung aufweisen, wobei aber zu bedenken ist, daß die Dämpfung ein noch sehr ungeklärter Begriff ist, und daß über ihr Wesen und ihre Ursache noch große Unklarheit herrscht.

*O. Föppl* und seine Mitarbeiter[9a]) haben bei ihren Drehschwingungsversuchen sowohl mit der Drehschwingungs- als auch mit der Drehausschwingungsmaschine festgestellt, daß die meisten Stähle bei dieser Beanspruchungsart eine mehr oder minder hohe Dämpfung bei der Schwingungsfestigkeit aufweisen. Im Gegensatz hierzu haben *E. Lehr*[9b]), *Ludwik* und seine Mitarbeiter[9c]) und andre festgestellt, daß bei den Dauerbiegebeanspruchungen die vergüteten und gehärteten Stähle keine Dämpfung bei der Dauerfestigkeit aufweisen, sondern daß sie vermutlich eine Eigenschaft der geglühten Stähle niedriger Festigkeit ist.

Es wurden Kohlenstoffstähle gleicher Zusammensetzung, aber verschiedener Schmelzung, untersucht, die zum Teil hohe Dämpfungen, zum Teil keine Dämpfung an der unteren Dauerfestigkeit aufwiesen. Es scheint, daß für die Höhe der Dämpfung auch die Ausbildung des Kleingefüges eine Rolle spielt. *Lehr* schließt aus seinen Versuchen, daß Werkstoffe mit grobem Gefüge Neigung zu hoher Dämpfung haben. Einzelne eigene Versuche haben dies bestätigt, andre verlaufen wieder negativ. Daß die Dämpfung mit zunehmender Lastwechselzahl abnimmt, wurde bereits an andrer Stelle gezeigt[10]).

Faßt man diese Versuche kurz zusammen, so sieht man, daß es wohl möglich ist, bei gleichbleibender Oberflächenbeschaffenheit Mittelwerte für die Dauerfestigkeit zu berechnen. Die so erhaltenen Werte weichen aber von den Versuchsergebnissen so stark ab, daß sie nur als Näherungswerte gelten können. Die dynamische Werkstoffprüfung kann also nicht durch ein andres Prüfverfahren ersetzt werden.

Um die Zeitdauer der dynamischen Prüfverfahren zu verkürzen, wurde auch vielfach versucht, die Dauerfestigkeit durch Kurzversuche zu bestimmen; die von *Lehr* angegebene Leistungskurve[11]) gibt schon ziemlich genau Anhaltspunkte über die Höhe der Dauerfestigkeit. Das Verfahren besteht darin, daß der Leistungsverbrauch des Probestabes in Abhängigkeit von der Belastung bestimmt wird. Die so erhaltene Leistungskurve, Abb. 6, weist zwei kennzeichnende Punkte *A* und *B* auf. Bei dämpfungsfähigen Stählen liegt die Dauerfestigkeit zwischen den beiden Punkten *A* und *B*, meist in der Nähe des Punktes *B*. Bei allen legierten Stählen und auch den Kohlenstoffstählen höherer Festigkeit liegt die Dauerfestigkeit in der Nähe des Punktes *A*, so daß sie durch die Leistungskurve näherungsweise bestimmt und die Zahl der Dauerversuche dadurch wesentlich abgekürzt werden kann. Die Leistungskurve stellt also ein äußerst wertvolles Hilfsmittel für die Bestimmung der Dauerfestigkeit dar.

Um ein Bild über die Zuverlässigkeit des Kurzversuches zu bekommen, wurden bei rd. 80 Versuchen die Unterschiede zwischen den durch den Kurzversuch und den Dauerversuch erhaltenen Dauerfestigkeiten bestimmt. Dabei ergab sich wieder, daß auch hier die Streuung der Werte mit der Bruchfestigkeit zunimmt. In Abb. 7 sind die Häufigkeitskurven für die verschiedenen Bruchfestigkeiten und für die Dauerfestigkeit bis zu 8 kg Fehler angegeben. Abb. 8 gibt die Häufigkeitskurven in andrer Darstellung wieder. Dabei ergibt sich, daß bis zu 80 kg/cm² Festigkeit die durch den Kurzversuch ermittelte Dauerfestigkeit in 96 vH aller Fälle um nicht mehr als 4 kg von den durch den Dauerversuch gefundenen Werten abweicht, während in 35 vH aller Fälle die gefundene Dauerfestigkeit mit dem Punkt *A* der Leistungskurve zusammenfällt. Bei höheren Festigkeiten wird das Bild infolge des stärkeren Einflusses der Kerbwirkung ungünstiger. Das Ansteigen der Werte über 100 kg/cm² Festigkeit dürfte darin liegen, daß die Zahl der untersuchten Proben in dieser Festigkeitslage verhältnismäßig kleiner war und daher die Ergebnisse durch das stärkere Herausstreuen einzelner Werte unregelmäßig beeinflußt wurden.

[9a]) Schweiz. Bauz. Bd. 86 (1925) S. 281, Z. Bd. 70 (1926) S. 1291, Z. Bd. 72 (1928) S. 1293, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 42, Metallwirtschaft Bd. 7 (1928) S. 1223; *E. Becker* und *O. Föppl*, Dauerversuche zur Bestimmung der Baustoffdämpfung und Verformungsgeschwindigkeit, Berlin 1928; *E. Pertz*, Die Bestimmung der Baustoffdämpfung nach den Verdrehausschwingungsverfahren. Braunschweig 1928.

[9b]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 78, Werkzeugmaschine Bd. 31 (1927) S. 400, Zentralbl. d. Bauverwaltung Bd. 48 (1928) S. 260 u. f., Z. f. Bauwesen Bd. 3 (1927) S. 779; Glasers Annalen Bd. 99 (1926) S. 109 u. f.

[9c]) *Ludwik*, Z. f. Metallk. Bd. 15 (1923) S. 68, Z. Bd. 71 (1927) S. 15; *Ludwik* und *Scheu*, Z. Bd. 67 (1923) S. 122.

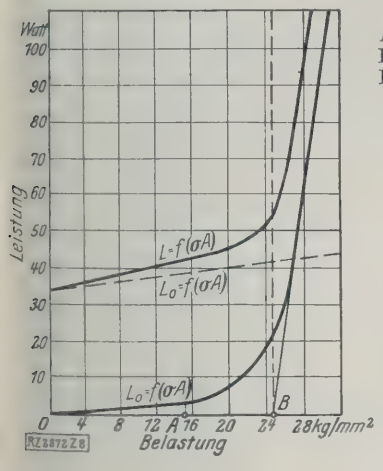
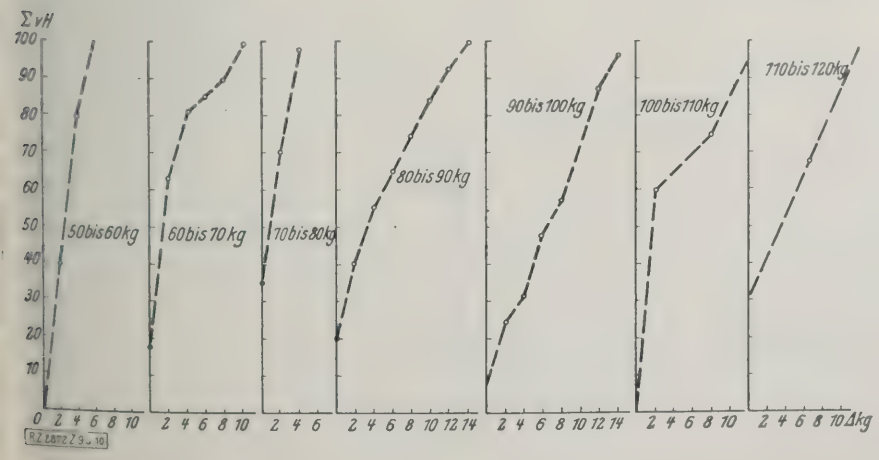


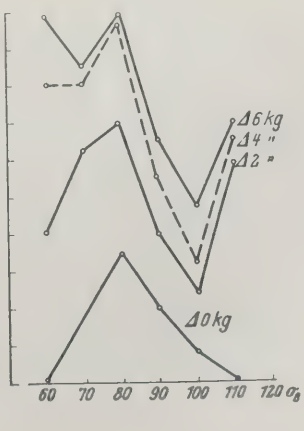

**Abb. 6**
Leistungskurve des Kurzversuches.

**Abb. 7 und 8 (unten)** Unterschied zwischen den durch den Vor- und den Dauerversuch gefundenen Dauerfestigkeiten in Hundertsteln bei verschiedenen Festigkeiten.

[10]) Vergl. *W. Herold*, Dauerbeanspruchung, Gefüge und Dämpfung. Ber. 126 des Ver. d. Eisenhüttenleute 1928.

[11]) Vergl. *E. Lehr*, Die Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit. Doktorarbeit, Stuttgart 1925.



Der Unterschied zwischen der durch den Vorversuch und den Dauerversuch gefundenen Dauerfestigkeit unter 80 kg Bruchfestigkeit ist darauf zurückzuführen, daß in dieses Gebiet die dämpfungsfähigen Stähle fallen, bei denen die Lage des Punktes $A$ nicht maßgebend für die Höhe der Dauerfestigkeit ist.

Bei dieser Zusammenstellung wurde nicht berücksichtigt, daß, wie früher gezeigt, die Dauerfestigkeit von der Stahlzusammensetzung abhängig ist. Es ergibt sich aber daraus, daß die *Lehrsche* Leistungskurve ein sehr wertvolles Hilfsmittel für die Bestimmung der Dauerfestigkeit ist. Wenn dem Verfahren auch keine vollkommene Treffsicherheit zukommt, so können damit doch die Dauerversuche ganz bedeutend abgekürzt werden.

Da nach den Untersuchungen von *Lehr* die Lage des Punktes $A$ von der Kerbwirkung unabhängig ist, so müßte er in einer linearen Beziehung zur Festigkeit stehen, was auch tatsächlich der Fall ist. Um Fehler durch Stromschwankungen zu vermeiden, wurde beim Vorversuch der Antriebmotor der Maschine von einer Akkumulatorenbatterie gespeist.

In Zahlentafel 3 sind in Spalte 4 die Werte $\frac{A}{\sigma_B}$ für die verschiedenen Stahlsorten angegeben. Sie streuen um den Mittelwert 0,48 verhältnismäßig wenig. Die größte Abweichung von 14,6 vH tritt bei dem Stahl VCN 35 auf.

Da der Punkt $A$ unabhängig von der Kerbwirkung ist, so kommt ihm auch noch eine andre Bedeutung zu. Er gibt offenbar die untere Dauerfestigkeit der Werkstoffe bei vollständiger Ausschaltung der äußeren und inneren Kerbwirkung an. Die Lage des Punktes $A$ im Vergleich zu den Mittelwerten der Dauerfestigkeit ist in Abb. 9 für die Manganstähle und für den Stahl VCN 35 in Abb. 10 wiedergegeben. Die Mittellinie für den Punkt $A$ verläuft bei den niedrigen Festigkeiten unter, bei den höheren über den Mittelwerten für die Dauerfestigkeit. Dies kann nur so erklärt werden, daß in allen Fällen, wo der Punkt $A$ unter der Dauerfestigkeit liegt, die Stähle eine Dämpfung aufweisen, während bei den höheren Festigkeiten, infolge des erhöhten Einflusses der Kerbwirkung, die Dauerfestigkeit ganz bedeutend unter dem Punkte $A$ liegen kann. Daher ist die Fläche $VOD$ ein Maß für die äußere und die innere Kerbwirkung.

Für die vollständige Durchführung von Versuchen würde sich empfehlen, diese zunächst mit gut polierten Probestäben zu beginnen. Der Unterschied zwischen der gefundenen Dauerfestigkeit und dem Punkt $A$ gibt dann einen Maßstab für die innere Kerbwirkung, während ein Unterschied zwischen der Dauerfestigkeit der polierten und der geschliffenen Probestäbe auf die Wirkung der äußeren Kerbwirkung zurückzuführen ist. Durch Versuche mit Stäben mit gekerbter Oberfläche kann der äußerste Wert der Kerbwirkung festgestellt werden. Den Versuchen mit Proben gekerbter Oberfläche, die die Dauerfestigkeit, besonders bei den hoch vergüteten Stählen, so bedeuten herabsetzen, daß sie unter der der Kohlenstoffstäh liegt, sollte man keine zu große Bedeutung beimesse

Vom praktischen Standpunkt genommen müssen ebe Maschinenelemente, die so hoch beansprucht sind, daß d Verwendung der höchstwertigen Stahlsorten gerechtferti erscheint, auch eine dementsprechend sorgfältige Bearbe tung erfahren, so daß diese starke Kerbwirkung hier n zur Geltung kommen kann. Vom Standpunkt einer wir schaftlichen Werkstoffverwendung wäre es vollständig ve fehlt, hochwertige Stahlsorten zu verwenden, nur um d sorgfältige Bearbeitung vermeiden zu können. Selbstve ständlich soll dem großen Wert der Versuche mit gekerbte Oberfläche hierdurch kein Abbruch getan werden. Ih Auswertung soll in erster Linie auf jene Fälle ang wendet werden, wo eine Verwendung der Werkstof mit verletzter Oberfläche unvermeidlich ist, wie z. B. b Federn usw. Schließlich könnte noch durch Bestimmur des Punktes $A$ festgestellt werden, ob und inwieweit möglich ist, die Güte der Baustähle durch Verbesseru des Herstellverfahrens und entsprechende Rohstoffau wahl zu heben.

### Zusammenfassung

1. Auf Grund von rd. 160 Versuchen wurde mit d *Schenkschen* Dauerbiegemaschine untersucht, ob es mö lich ist, die Dauerfestigkeit aus den Werten des Zu versuches zu berechnen.

2. Der *Stribeckschе* Faktor kann zur Umrechnun nicht benutzt werden, da er keine sich gleichbleiben Größe ist, sondern mit zunehmenden statischen Werten fäl

3. Als beste Umrechnungsformel konnte eine Gleichun von der allgemeinen Form $\sigma_D = -a\,\sigma_{E^2} + b\,\sigma_B$ au gestellt werden. Die Berechnung der Dauerfestigkeit a der Fließgrenze, der Bruchgrenze und dem Mittel aus be den, liefert annähernd gleich gute Ergebnisse, währen die Berechnung aus der Reißfestigkeit schlechtere Wer ergibt. Diese wird nur dann mit Vorteil angewende wenn fehlerhafte Werkstoffbeschaffenheit, z. B. sel grobes Korn, Beizsprödigkeit usw., vorliegt.

4. Für jede Stahlgattung läßt sich eine kennzeich nende Mittelwertlinie für die Dauerfestigkeit in Abhängi keit von der Bruchfestigkeit berechnen. Die sich dara ergebende Klassifikation der Stähle stimmt mit der pra tischen Erfahrung überein.

5. Der parabelförmige Verlauf der Mittelwertlini wird durch den Einfluß der äußeren und der innere Kerbwirkung erklärt.

6. Die Streuungen der berechneten Werte sind s stark, daß die dynamische Prüfung nicht durch ein andre Untersuchungsverfahren ersetzt werden kann.

7. Der Punkt $A$ der Leistungskurve steht in ein linearen Beziehung zur Festigkeit und gibt offenbar d Dauerfestigkeit bei vollständiger Ausschaltung der äußere und der inneren Kerbwirkung an. [B 2987]

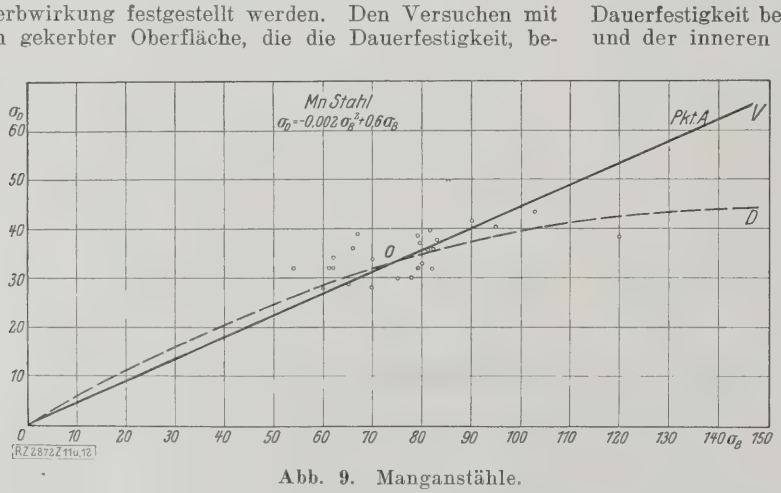



Abb. 9. Manganstähle.

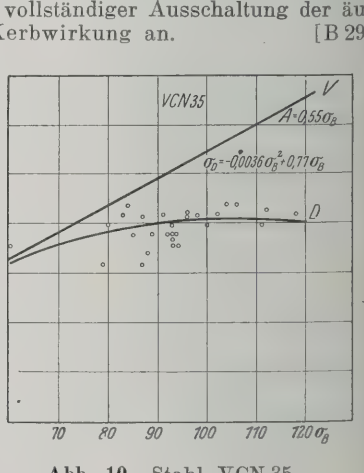



Abb. 10. Stahl VCN 35.

Abb. 9 und 10. Abhängigkeit der durch den Vorversuch ($V$) und den Dauerversuch ($D$) gefundenen Dauerfestigkeiten der Bruchfestigkeit.

# M. Rudeloff †

Am 18. Juli 1929 verschied in Berlin-Dahlem nach kurzem schweren Krankenlager im fast vollendeten 72sten Lebensjahre der Geh. Regierungsrat Dr.-Ing. E. h. *Max Rudeloff*, der nach dem Tode von *A. Martens* das Staatliche Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem von 1915 bis 1923 als Direktor leitete.

*Rudeloff*, am 23. Oktober 1857 in Hinrichshagen bei Waren i. Meckl. geboren, studierte 1878 bis 1883 an der Technischen Hochschule Berlin Maschinenbau und trat am 1. März 1883 als Assistent in die damals an der Kgl. Preußischen Gewerbeakademie zu Berlin bestehende Mechanisch-Technische Versuchsanstalt ein, deren Leitung kurz darauf, nach der Übersiedlung in die Technische Hochschule Charlottenburg, *A. Martens* übernahm. Am 1. April 1890 wurde *Rudeloff* Vorsteher der Abteilung für Metallprüfung und stellvertretender Direktor der Versuchsanstalt. 1894 wurde er zum Professor und 1908 zum Geh. Regierungsrat ernannt. Als im Jahre 1904 aus der Vereinigung der Mechanisch-Technischen Versuchsanstalt, der Chemisch-Technischen Versuchsanstalt und der Staatlichen Textilprüfungsstelle das Kgl. Preuß. Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem errichtet wurde, wurde er stellvertretender Direktor dieses Amtes und übernahm nach *Martens*' Tode 1915 die Leitung, die er bis zu seiner auf Grund der Erreichung der Altersgrenze gesetzlich vorgeschriebenen Pensionierung am 1. April 1923 inne hatte. Seit 1897 war er im Nebenamt Dozent für Materialprüfungswesen an der Technischen Hochschule zu Charlottenburg, hielt seit 1905 auch an der damaligen Militärtechnischen Akademie Sonderkurse in diesem Fache für die Offiziere ab und wurde 1912 zum ordentlichen Honorarprofessor bei der Fakultät für Bauwesen der Technischen Hochschule ernannt. Die Technische Hochschule Karlsruhe verlieh ihm am 25. November 1918 die Würde eines Doktor-Ingenieurs ehrenhalber. Von Mitte 1914 bis Mitte 1923 war er Vorsitzender des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik.

*Max Rudeloff*
*geb. 23. Oktober 1857 gest. 18. Juli 1929*

Mit *Rudeloff* ist einer der Pioniere der Materialprüfungswissenschaft dahingegangen. Es war ihm vergönnt, schon in jungen Jahren ein Betätigungsfeld zu finden, das seinen Veranlagungen und Eigenarten vorzüglich entsprach. Die systematische wissenschaftliche Werkstofforschung und der Ausbau des Prüfungswesens befanden sich noch in den Anfangsstadien; überall in diesem Bereich galt es Neuland und jungfräulichen Boden zu beackern, und nur ein kleiner Teil von Forschern war im In- und Ausland an der Arbeit, um die Erkenntnisschätze zu heben. Mit Bienenfleiß widmete sich *Rudeloff* dieser Aufgabe; er scheute persönlich nicht die mühseligste Kleinarbeit, um allen Dingen auf den Grund zu kommen. Eine ungewöhnliche Arbeitskraft, ein nie ermüdender Erkenntnisdrang, dazu gesunde Nerven und eine kräftige körperliche Konstitution ließen ihn, zusammen mit dem damals kleinen Kreis von Mitarbeitern des Altmeisters *Martens*, Baustein um Baustein herbeitragen zum Ausbau der Werkstoffkunde und des Prüfwesens.

Es gibt nur wenige Sondergebiete des Materialprüfwesens, an denen *Rudeloff* nicht grundlegend mitgearbeitet hat, und die Zahl seiner Veröffentlichungen dieser Arbeiten, die meist in den „Mitteilungen des Amtes" erschienen sind[1]), ist so groß, daß es unmöglich ist, auf Einzelheiten an dieser Stelle einzugehen. Selbst das modernste Schrifttum auf diesem Fachgebiet greift häufig und immer wieder auf seine grundlegenden Arbeiten zurück. Hier seien nur genannt seine Arbeiten über den Einfluß der Wärme und Kälte auf die Festigkeitseigenschaften von Metallen[2]), über die Zusammenhänge zwischen Machart und Festigkeit von Drahtseilen[3]), die umfangreichen Untersuchungen an Hanfseilen[4]), die Prüfung von Seilverbindungen bei stoßweiser Inanspruchnahme[5]), Rostversuche an Seildrähten[6]), an Schweißeisen und Gußeisen[7]); die ebenso gründlichen Untersuchungen von Treibriemen auf Elastizität und Festigkeit[8]), die später im Kriege von ihm mit Zellstoff-Ersatzriemen fortgesetzt wurden und Grundlagen für den Aufbau von Versuchseinrichtungen zur Ausführung von Leistungsversuchen mit Riemen schufen, ferner die Arbeiten über den Kaltreckeinfluß auf Metalle[9]), Untersuchungen von gelöteten Kupferrohren[10]) und gezogenen Stahlrohren[11]), der Ausbau der Versuchsmethodik für die Festigkeitsprüfungen von Holz[12]), die zur Grundlage der vom Internationalen Materialprüfungskongreß Brüssel (1906) erlassenen Richtlinien hierüber wurden, seine umfangreichen Arbeiten an Eisenbetonbalken und -säulen (1910), über Schwinden von Beton beim Erhärten[13]), über Porendruck von Wasser im Mauerwerk[14]); dann die Ausbildung der Meßmethodik bei der Eichung von Materialprüfungsmaschinen, die Schaffung von Grundlagen für die physikalisch-technologische Prüfungsmethodik für Leime und Anstrichstoffe sowie die für den Deutschen Stahlbauverband ausgeführten Untersuchungen von Brückenteilen, Nietverbindungen, u. a. an der 3000 t-Maschine, und nicht zuletzt seine Arbeiten über Gußeisen, die ihn besonders in seinen letzten Lebensjahren eifrigst beschäftigten (Treffsicherheit verschiedener Gußgattierungen) und mit denen er den einschlägigen Fachverbänden (Verein Deutscher Eisengießereien, Gießereiverband, sowie Verein der Gießereifachleute) wertvolle wissenschaftliche Dienste leistete.

Obwohl diese Liste nur unvollständig ist, zeigt sie doch die große Vielseitigkeit des *Rudeloffschen* Schaffens, und jeder, der diese Arbeiten studiert, wird die große Gründlichkeit und die vorbildlich wissenschaftliche Objektivität anerkennen müssen.

Als *Rudeloff* nach vierzigjähriger Tätigkeit im Amte 1923 in den Ruhestand versetzt wurde, da ließ er keineswegs seine Arbeit ruhen; er entfaltete im Gegenteil nunmehr, frei von dienstlichen Fesseln und Obliegenheiten, um so mehr seine ungeschwächte Arbeitskraft und stellte sie restlos und uneigennützig in den Dienst der Allgemeinheit. In zahlreichen Ausschüssen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfung, des Vereines deutscher Ingenieure, des Deutschen Normenausschusses, des Reichsausschusses für Lieferbedingungen u. a. war er einer der regsten und fleißigsten Mitarbeiter, teilweise sogar Obmann solcher Ausschüsse.

[1]) Mitteilungen aus den Königl. Techn. Versuchsanstalten zu Berlin (bis 1903), später Mitteilungen aus dem Königl. Materialprüfungsamt zu Berlin-Lichterfelde-West.

[2]) bis [14] s. die Anmerkungen am Schlusse.

Ein Mann der werktätigen Arbeit, ein Forscher von unermüdlichem Erkenntnisdrang, persönlich ganz und gar anspruchslos, so schritt *Rudeloff* durch ein arbeitsreiches langes Leben, dem nun der Tod ein Ende setzte, überraschend und unerwartet schnell für jeden, der dem körperlich ungewöhnlich rüstigen und geistig frischen, allezeit heiteren und lebensfreudigen Manne noch vor kaum einem Monat begegnete. Mit seiner Gattin, mit der ihn über 40 Jahre glücklichste Ehegemeinschaft verband, die ihm fünf Kinder schenkte, von denen noch drei den Vater überleben, trauert eine große Gemeinde von Freunden und Fachgenossen um den Heimgang dieses vortrefflichen deutschen Mannes und Forschers. Seinem Namen sichern seine Werke bleibendes, ehrenvolles Gedenken! [P 3377]

[2]) Mitt. Bd. 11 (1893), Bd. 13 (1895), Bd. 16 (1898), Bd. 18 (1900) S. 293 u. f.
[3]) Mitt. Bd. 7 (1889).
[4]) Mitt. Bd. 11 (1893), Bd. 12 (1894), Bd. 13 (1895), Bd. 15 (1879) Bd. 16 (1898).
[5]) Mitt. Bd. 11 (1893
[6]) Mitt. Bd. 18 (1900)
[7]) Mitt. Bd. 20 (1902) S. 83 u. f.
[8]) Mitt. Bd. 10 (1892), Bd. 11 (1893).
[9]) Mitt. Bd. 19 (1901) S. 86 u. f.
[10]) Mitt. Bd. 27 (1909) S. 317 u. f.
[11]) Mitt. Bd. 35 (1917) S. 65.
[12]) Mitt. Bd. 17 (1899), Bd. 19 (1901) S. 270 u. f., Bd. 25 (1907) S. 2 u. f.
[13]) Mitt. Bd. 34 (1916) S. 2 u. f.
[14]) Mitt. Bd. 30 (1921) Ergänzungsheft I.

*K. Memmler*

# Carl Freiherr Auer von Welsbach †

*geb. 1. September 1858 gest. 4. August 1929*

Nicht ganz ein Jahr nach der Feier seines 70. Geburtstages ist *Auer von Welsbach* auf seinem schönen Schloß in Kärnten sanft verschieden. Der Name *Auer* ist in der ganzen Welt bekannt. Für das heutige Geschlecht sind seine Erfindungen auf dem Gebiete der Beleuchtung selbstverständliche Bestandteile der technischen Kultur geworden, obwohl kaum vierzig Jahre seit seinen ersten Arbeiten auf diesem Gebiete verflossen sind. Als der Kampf zwischen elektrischer Kohlenfadenlampe und Gasbeleuchtung für diese bedrohlich zu werden begann, erfand *Auer* im Jahre 1885 das Gasglühlicht, das im Jahre 1892 dann in vollkommener, heute noch angewandter Form seinen Siegeszug begann. Diese Erfindung *Auers* bedeutete für die Gasindustrie die Sicherung ihrer Entwicklung und ihrer heutigen Bedeutung. Denn ohne das Gasglühlicht wäre es der Gasindustrie kaum möglich geworden, sich neben der elektrischen Beleuchtung zu behaupten und sich das wirtschaftliche Fundament zu erringen, das notwendig war, um auch die Bedeutung des Gases für Kraft-, Koch- und Heizzwecke zu begründen. Ende der 90er Jahre hat dann *Auer von Welsbach* die elektrische Metallfadenlampe, die Osmium-Lampe, erfunden und ausgearbeitet. Die große Entwicklung und Bedeutung der Beleuchtungstechnik, die Verschwendung, die wir heute in bezug auf Beleuchtung treiben können, ist den beiden Erfindungen *Auers* zu verdanken. Es braucht hier nicht hervorgehoben zu werden, welche Bedeutung und welche Entwicklung die elektrotechnische Industrie der Erfindung der Metallfadenlampe verdankt.

Wenn man sich weiter noch daran erinnert, daß *Auer von Welsbach* die Cereisenlegierung, das Zündmetall, erfunden hat und daß die Wissenschaft ihm auf dem Gebiete der seltenen Erden die Trennung der Elemente Neodym und Praseodym, Aldebaranium (Neoytterbium) und Cassiopeium, ferner grundlegende Verfahren zur Untersuchung der seltenen Erden und zu ihrer technischen Trennung verdankt, so muß man mit größter Hochachtung die Leistungen *Auers* bewundern, die er in wenig mehr als anderthalb Jahrzehnten geschaffen hat.

Wenn man von dem Standpunkt der heute in vollendeter Form dastehenden Erfindungen die Patente *Auers* und die Ausführungen, wie er seine Erfindungen der Welt übergab, betrachtet, so kann man nur mit ehrfurchtsvollem Staunen feststellen, daß er selbst nicht nur die grundsätzlichen Wege für die technische Lösung seiner Erfindungen gewiesen hat, sondern daß er mit einem seltenen technischen Feingefühl den besten Weg gewählt und außerdem noch all die technische Kleinarbeit und die Voraussetzungen erkannt und gelöst hat, die für die vollkommene Ausgestaltung der Erfindungen von maßgebender Bedeutung waren. So hat er beim Glühstrumpf die Anwendung des Thoroxyds als Ascheskelett nach langwierigen Versuchen als das beste erkannt, und von ihm mit seinem treuen Mitarbeiter *L. Haitinger* ist auch die günstigste Mischung Thoroxyd und Ceroxyd gefunden worden. Die heutige Form des Glühstrumpfes, die Anwendung der Härtemittel Aluminiumoxyd und Berylloxyd, die Verstärkung des Kopfes, die Abbrennmethoden und endlich zusammen mit der Firma Pintsch die besondere Ausgestaltung des Bunsenbrenners mit der aufgesetzten Krone sind ebenfalls *Auers* Werk. Ebenso hat *Auer* bei der Osmium-Lampe fast alles allein und eigenhändig ausgeführt. Von den Platinmetallen hat das Osmium die günstigsten beleuchtungstechnischen Eigenschaften. Die Herstellung der Fäden, Probleme der Sinterung, Probleme des Glases, die Träger für den Draht und vieles andere mehr findet man bereits in den allerersten Patenten von *Auer* bearbeitet.

Dasselbe unübertreffliche Feingefühl zeigt sich bei der Herstellung des Zündmetalls, der Cereisenlegierung, bei der er die günstigste Zusammensetzung funkengebender Cerlegierungen gefunden hat; nicht minder bewunderungswürdig ist die Sicherheit, das Richtige zu treffen, bei allen seinen wissenschaftlichen Arbeiten.

So waren bei *Auer von Welsbach* in seltener Weise vereinigt die Gabe des Erfinders, der Wille und das Zielbewußtsein, die Lösung zu finden, und das Feingefühl, den technischen Anforderungen gerecht zu werden.

*D'Ans.*

# Neuerungen im Baumaschinenwesen

## Von der Leipziger Baumesse

*Von Dipl.-Ing. A. BONWETSCH, ständigem Assistenten am Lehrstuhl für Maschinenwesen beim Baubetrieb an der Techn. Hochschule Berlin*

***Übersicht über den gegenwärtigen Stand des Baumaschinenbaues nach der Schau auf der Leipziger Baumesse, Frühjahr 1929. Hinweis auf die Bedeutung von Baumaschine und wirtschaftlichem Betrieb auf der Baustelle im neuzeitlichen Hoch- und Tiefbau. Betonmischmaschinen, Fördermittel, Straßenbaumaschinen, Maschinen für den Tiefbau, Baupumpen, Straßenzugmaschinen[1]).***

In dem neuzeitlichen Betriebe von Hoch- und Tiefbau, bei dem neben der Sicherheit die Rationalisierung und die Schnelligkeit der Arbeit stark bevorzugt werden, wird die Baumaschine von Ingenieur und Architekt immer mehr in ihrer Bedeutung erkannt. Das Verständnis für ihren Einfluß auf eine produktive Arbeitsweise ist erfreulicherweise im Wachsen begriffen, ebenso wie der Wert einer gesunden Baustoffwissenschaft immer mehr erkannt zu werden scheint.

Eine bevorzugte Stellung nahm die Schau der Baumaschinen auf der Leipziger Baumesse 1929 ein, die dem industriellen und bautechnischen Schaffen, der Entwicklung und Förderung der Technik einen lebendigen Ausdruck verlieh. Was der Baumesse in diesem Jahre besonderen Wert gab, war das neue Heim, das sie nach den zehn Jahren ständiger Entwicklung und des Kampfes um ihren Bestand zum erstenmal in selbständiger Form, losgelöst von der bestehenden Leipziger Messe- und Ausstellungs-A.-G., auf eigenem, geräumigem Grund bezogen hat. Die neu erbaute, prachtvolle Halle[1a]) bietet eine Vergrößerung der bisherigen Hallenfläche fast um das Dreifache, das Freiflächengelände wurde um rd. 50 vH erweitert.

Die Leipziger Messe ist auch gleichzeitig ein Spiegelbild des Baumaschinenbedarfes; denn es liegt in der Natur der Sache, daß die Industrie sich den Bedürfnissen oder der Nachfrage der Verbraucherkreise anpaßt. Das zwischen der Maschinenhalle 9 und der Bauhalle liegende Freigelände dürfte bei gleicher Weiterentwicklung bald zu klein werden, wenn es noch eine übersichtliche Ausstellung ermöglichen soll. Schon bei der letzten Messe hatte man den Eindruck, daß die Wirkung der ausgestellten Maschinen durch die starke Raumausnutzung beeinträchtigt wurde. Vielfach waren die Stände der einzelnen Firmen kaum noch zu unterscheiden.

Als besonderes Kennzeichen der diesjährigen Frühjahrsmesse kann festgestellt werden, daß die Industrie in steigendem Maße beginnt, auch den Bedürfnissen der kleineren Baubetriebe, die ja von den rd. 226 000 Betrieben etwa 98 vH ausmachen, Rechnung zu tragen. So waren die meisten ausgestellten Maschinen für kleine bis mittlere Leistungen bemessen. Mag sein, daß bei den ausstellenden Firmen zum Teil Sparsamkeitsgründe hierbei maßgebend mitgesprochen haben; der Hauptgrund ist jedoch zweifellos in dem Umstand zu suchen, daß die Maschine, die sich bei Großbauten schon lange eingebürgert hat, immer mehr und mehr auch zum Handwerkzeug kleinerer Bauunternehmer wird.

### Betonmischmaschinen

waren in reichster Auswahl vertreten, hauptsächlich für kleinere Leistungen. Beachtenswert ist der inzwischen eingetretene Wandel hinsichtlich ihrer konstruktiven Durchbildung. Während noch vor kurzem auf dem deutschen Baumaschinenmarkt die ausgesprochen schwere, solide Bauart bevorzugt wurde, gehen neuerdings selbst alteingebürgerte Firmen von ihren früheren Konstruktionen auf leichtere Bauart über. Besonders der sogenannte Kipptrogmischer, nach dem amerikanischen System Jaeger, der von der Firma Jos. Vögele, Mannheim, zuerst in Deutschland eingeführt wurde, hat viel Nachahmung gefunden. Er wird heute mit geringen Änderungen z. B. auch von den Firmen Otto Kaiser, Gauhe, Gockel & Cie., sowie andern gebaut. Die Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft, Leipzig, hat sich auf die Entwicklung und Vervollkommnung ihres Rifi-Mischers gelegt, der gegenüber der früheren Gestaltung eine sehr viel leichtere Bauart aufweist, was sich auch in dem wesentlich verringerten Preis ausprägt.

Diese Entwicklung zu leichteren Bauarten ist zweifellos zu begrüßen. Zwar wird hierbei die Lebensdauer früherer Mischerkonstruktionen nicht erreicht (sie belief sich bei einzelnen Maschinen auf 20 und mehr Jahre), jedoch dürfte ein in dieser Richtung mit Maßen aufgenommener amerikanischer Grundsatz gesund sein. Die Amerikaner sind mit Recht der Ansicht, daß eine Maschine, die bis zu 10 Jahren gearbeitet hat, ihre Pflicht damit erfüllt hat und erneuerungsbedürftig ist. Nach Ablauf dieser Zeit kann und muß sie durch eine vollkommenere Konstruktion ersetzt werden. Ohne zu übertreiben, kann man wohl behaupten, daß einzelne Firmen heute immer noch, und zwar unwirtschaftlich, mit sehr alten Maschinen arbeiten, nur weil sie sich nicht dazu entschließen können, die an sich immer noch arbeitsfähigen aber vollkommen veralteten Maschinen zu verschrotten. Die deutsche Gründlichkeit bürgt dafür, daß anderseits keine Maschinen gebaut werden, die nur wenige Jahre arbeiten, um dann nicht einmal mehr ausbesserfähig zu sein.

Bei allen ausgestellten kleineren Mischern ist die Beschickung unmittelbar mit der Hand oder aber mittels Schubkarre vorgesehen. Mithin verzichtet man hier von vornherein bewußt auf die Schienenfahrzeuge, die ja das Hilfsmittel aller größeren Baustellen bilden. Es sei hier in diesem Zusammenhange auf die kleinen Mischer der Firmen Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft, Kaiser, Rammer & Co., Eisenbau Schiege u. a. m. hingewiesen. Sogenannte Handmischer waren bis auf verschwindende Ausnahmen überhaupt nicht vertreten, überall stand der maschinelle Antrieb im Vordergrund, wobei als Antriebmaschine wiederum der Verbrennungsmotor vorherrschte. Durch ihn wird die vollkommene Unabhängigkeit und Selbständigkeit der Mischmaschinen gewährleistet.

Unter den Erzeugern von Verbrennungskraftmaschinen für den Baubetrieb hat sich die Motorenfabrik Deutz eine führende Stellung erobert, indem sie einen einfachen, besonders leichten und billigen Benzinmotor geschaffen hat. Wenn noch vor kurzem namhafte deutsche Baumaschinenfirmen amerikanische Benzinmotoren bevorzugten und für unerreicht hinsichtlich der Einfachheit und Zuverlässigkeit hielten, so kann diese Anschauung bereits wohl als überwunden gelten. Die deutsche Baumaschinenindustrie dürfte in Zukunft nur noch deutsche Motoren verwenden, die keinen Auslandwettbewerb mehr zu scheuen brauchen.

Bemerkenswert auf dem Gebiete der Betonmischmaschinen war weiterhin, daß nunmehr schon drei verschiedene Bauarten von sogenannten kontinuierlichen Mischern angeboten wurden. Neben dem Regulus-Mischer der Firma G. Anton Seelemann, Abb. 1 und 2, trat die Firma Jos. Vögele mit einer gänzlich neuen Konstruktion auf den Markt, Abb. 3 und 4, desgleichen die Firma

[1]) Der Aufsatz ist auf Anregung von Regierungs- und Baurat Dr. Ing. *Fr. Herbst*, entstanden, der die große Bedeutung der Baumaschinen im neuzeitlichen Hoch- und Tiefbaubetrieb sowie der Gemeinschaftsarbeit von Architekt und Ingenieur schon immer hervorgehoben und nach seinem Besuch der Leipziger Baumesse 1929 gemeinsam mit der Schriftleitung dieser Zeitschrift eine entsprechende Veröffentlichung über Neuerungen auf diesem Gebiet eingeleitet hat.

[1a]) Über dieses beachtenswerte Bauwerk wird demnächst Dir. *Schmuckler*, Berlin ausführlich in dieser Zeitschrift berichten.

Fellner & Ziegler, Frankfurt a. Main („Vulkan"-Mischer). Diesen Maschinen liegt der Gedanke der Fließarbeit zugrunde, der, an sich gesund, im Baugewerbe vielleicht noch zu wenig eingeführt ist, um als ausgesprochenes Bedürfnis zu erscheinen. Bezeichnend ist jedoch schon die Tatsache an sich; sie läßt eine Entwicklung in dieser Richtung erwarten.

Nicht zu leugnen ist der Einfluß, den die vorjährigen vom Forschungsinstitut für Maschinenwesen beim Baubetrieb unter Leitung der Professoren Dr. *Garbotz*, Berlin, und *Graf*, Stuttgart, durchgeführten Untersuchungen an Mischmaschinen[2]) auf Einzelheiten der konstruktiven Durchbildung ausgeübt haben. Genannt sei z. B. das erstmalige Angebot von wirklich brauchbaren Wasserabmeßvorrichtungen für Mischmaschinen, wie sie von den Firmen Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft, Abb. 5 und 6, Otto Kaiser, Gauhe, Gockel & Cie., Alois Müller, Abb. 7 bis 9, und Voglsamer, ausgestellt waren. Das Gerät von Voglsamer, das auch bei den genannten Versuchen benutzt wurde[2]), ist zwar auch schon früher vertreten gewesen, hat aber neuerdings wesentliche Verbesserungen aufzuweisen.

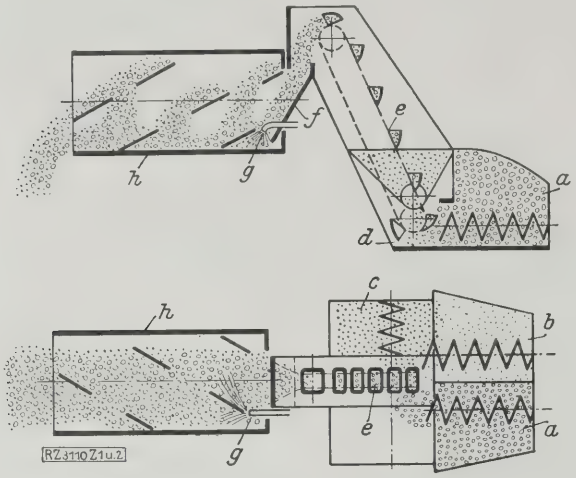



**Abb. 1 und 2**
Schema des Mischvorganges beim Regulus-Mischer.

*a* Kiesbehälter mit Förderschnecke
*b* Sandbehälter mit Förderschnecke
*c* Zementbehälter mit Förderschnecke
*d* Mulde für das Becherwerk
*e* Becherwerk
*f* Schüttrinne
*g* Wasserzuführung
*h* Mischtrommel

### Fördermittel,

ein weiteres wichtiges Gebiet für das Baugewerbe, waren auf der Messe stark vertreten[3]). Bei den Aufzügen, die meist nach dem Grundsatz der Schnellbauaufzüge gebaut sind, treten ebenfalls die Bedürfnisse der kleineren Baustellen in den Vordergrund. Die neueren Konstruktionen zeigten durchweg einfache Bauart, leichte Beförderungs- und Zusammenbaumöglichkeit und weitgehende Verwendungsfähigkeit, d. h. gute Anpassung an die wechselnden Bedürfnisse des Bauens. Die Konstruktionen der Firmen Allgemeine Baumaschinen-Gesellschaft, Abb. 10 bis 12; Leo Roß; Karl Peschke; Kaiser und weiteren, seien besonders hervorgehoben. Im Gegensatz zu den Mischmaschinen diente hier. wegen

[2]) s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 23 S. 773 u. f.
[3]) Vergl. a. Z. Bd. 72 (1928) S. 280 u. Bd. 73 (1929) Nr. 8 S. 265.

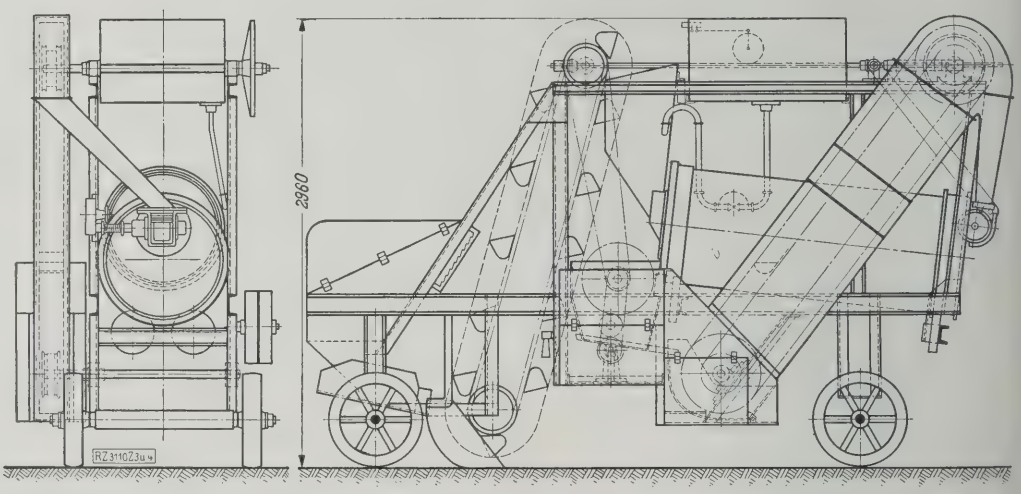



**Abb. 3 und 4**
Konti-Mischer von Jos. Vögele, A.-G., Mannheim.

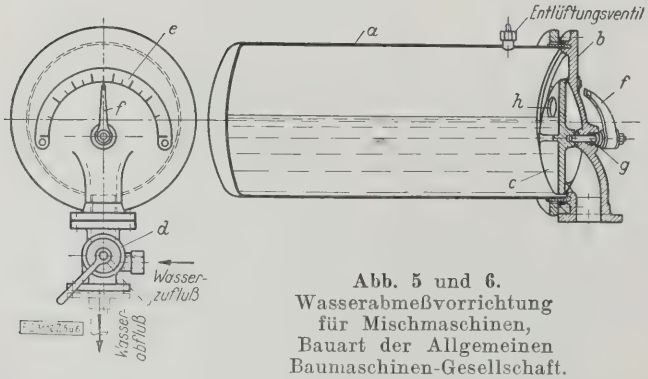



**Abb. 5 und 6.**
Wasserabmeßvorrichtung für Mischmaschinen, Bauart der Allgemeinen Baumaschinen-Gesellschaft.

*a* Behälter
*b* Abschlußdeckel
*c* Einstellscheibe
*d* Dreiweghahn
*e* Einsteilteilung
*f* Einstellhebel
*g* Stopfbüchse
*h* Überlauföffnung

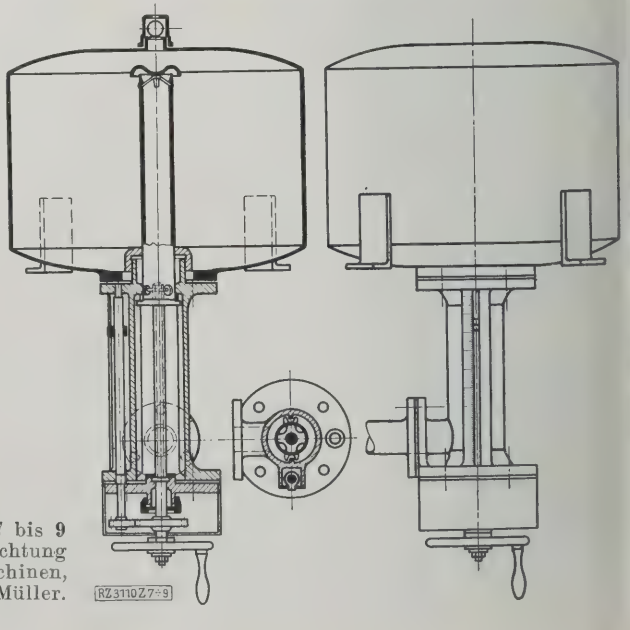



**Abb. 7 bis 9**
Wasserabmeßvorrichtung für Betonmischmaschinen, Bauart Alois Müller.

seiner günstigen Eigenschaften für Hebezeuge, hauptsächlich der Elektromotor zum Antrieb. Unverkennbar ist bei den Schnellbauaufzügen die Vorauswirkung der im Werden begriffenen neuen Reichs-Aufzugverordnung, nicht nur hinsichtlich der äußeren Abmessung der Einzelteile, sondern auch besonders hinsichtlich der Konstruktion der Bremsen.

Eine Sonderstellung nimmt der Schnellbauaufzug der Firma Rammer & Co., Mügeln, ein, dessen Bauart der eigenartigen Mischerkonstruktion (für 150 l) dieser Firma engstens angepaßt ist. Der Muldenkipper, der die Rohstoffe der Mischmaschine zuführt und den fertigen Beton wieder abführt, bildet gleichzeitig einen Teil der Mischtrommel und wird außerdem auch als Aufzugkübel benutzt. Die ganze Ausführungsform ist sehr sinnreich durchdacht und praktisch.

Der Polyp-Greifer der Firma Reichmann & Becker, Abb. 13, dessen Herstellung die Demag aufgenommen hat, dürfte eine Lücke auch in den Hilfsmitteln des Baugewerbes ausfüllen, und zwar für Arbeiten, bei denen die sonst üblichen Greiferkonstruktionen nicht die erwünschte Leistungsfähigkeit erreichten, wie beispielsweise bei Beseitigung von Fels und Geröll von der Sohle von Gewässern. Die mit einem Polyp-Greifer beim Hafenbau in Teneriffa für ähnliche Arbeiten gesammelten Erfahrungen haben die außerordentliche Überlegenheit der Konstruktion erwiesen. Gegenüber den amerikanischen sogenannten Apfelsinen-Greifern dürften die Polyp-Greifer wesentliche Vorteile aufweisen. Bis jetzt scheinen sie allerdings mehr in ortfesten Betrieben eingeführt zu sein.

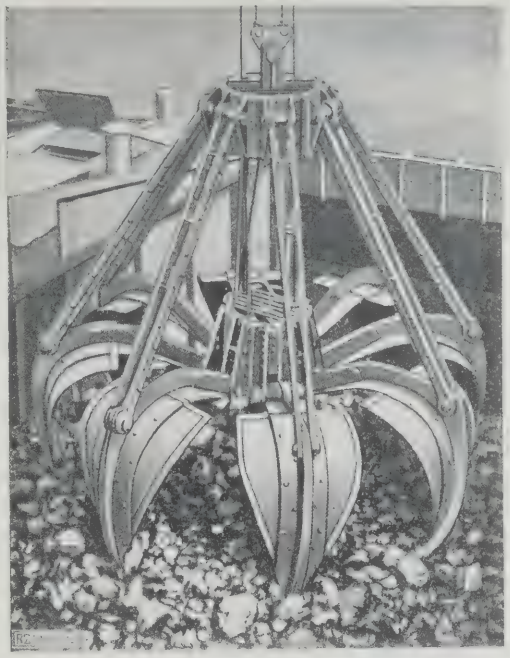


**Abb. 13.**
Selbstgreifer „Polyp".

Die im Baugewerbe und besonders im Hochbau so beliebten Turmdrehkrane waren durch einen Kran der Firma Otto Kaiser vertreten.

Unter den Förderbändern herrschte das leichte ortbewegliche Förderband, das den Bedürfnissen der Baustellen am meisten entspricht, vor. Obschon dieses Fördermittel weit verbreitet ist, hat das Baugewerbe bisher seine Vorteile noch nicht in genügendem Maße erkannt. Ohne hierbei zu weit zu gehen, kann man jedoch erwarten, daß das Förderband in absehbarer Zeit das am meisten verbreitete Hilfsgerät des Baubetriebes sein wird. Seine Leistungsfähigkeit, verbunden mit dem niedrigen Anschaffungspreis, macht es zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel der Mechanisierung und Rationalisierung. Da die Förderbänder einem offensichtlichen Bedürfnis entsprechen, haben in ganz kurzer Zeit eine große Anzahl von Firmen den Bau von Förderbändern aufgenommen, so daß sie in vielfältiger Form auf dem Markt zu finden sind. Die auf der Messe ausgestellten Förderbänder zeigten, daß die deutschen Fabriken heute schon wirklich mit vorbildlichen Bauarten dienen können. Die Firma Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft, A.-G., Leipzig, hatte als Neuerung auf der Messe ein Förderband ausgestellt, bei dem der Motor auch auf das Fahrwerk umgeschaltet werden kann und die Ortveränderlichkeit des Gerätes somit wesentlich verbessert wird.

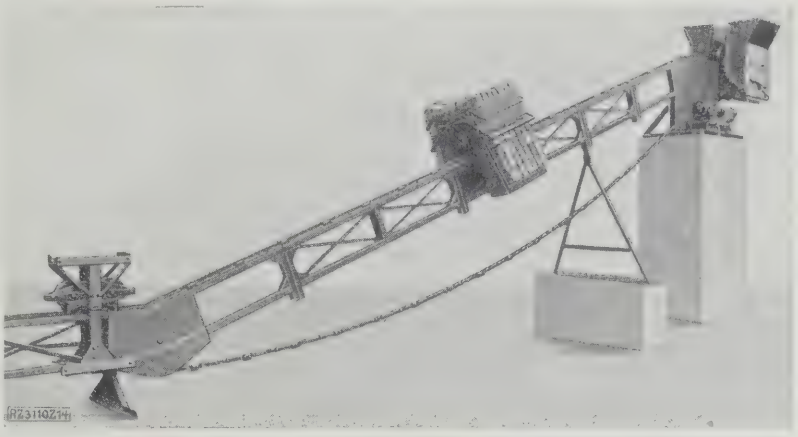


**Abb. 14**
Stockwerkförderer.

**Abb. 10 bis 12**
Einzelteile des Schnellbauaufzuges der Allgemeinen Baumaschinen-Gesellschaft, Leipzig.

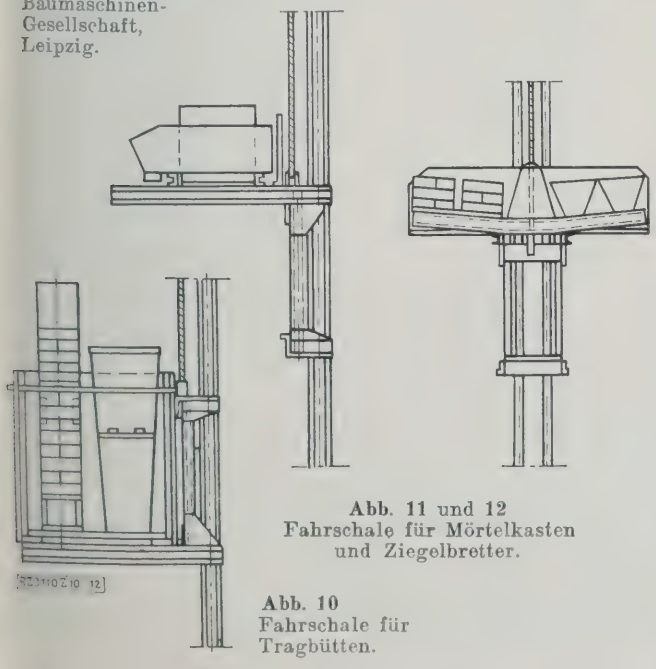


**Abb. 11 und 12**
Fahrschale für Mörtelkasten und Ziegelbretter.

**Abb. 10**
Fahrschale für Tragbütten.

Eine Sonderstellung unter den Fördermitteln des Baubetriebes nimmt die sogen. „Baukraft" ein. Es ist eines der wenigen Geräte, das hauptsächlich für gemischte Förderung in waagerechter und senkrechter Richtung im Hochbau bestimmt ist. Auf der diesjährigen Messe wurde die „Baukraft" in weiter durchgebildeter Konstruktion vorgeführt. Die Anlage löst in sinnreicher und zweckentsprechender Form die immerhin schwierige Frage der

waagerechten Förderung und gewährleistet, wie die Untersuchungen von Dr. *Hotz* gezeigt haben, unter bestimmten Voraussetzungen eine hohe Wirtschaftlichkeit. Bei der neueren Ausführung, Abb. 14, hat auch die Aufgabe der Stockwerkförderung in einfacher Weise ihre Lösung gefunden, während das unmittelbare Hochfördern hierbei schon früher nach Art der Schnellbauaufzüge erfolgte. Dieses Gerät dürfte ebenfalls in kurzer Zeit die ihm gebührende Beachtung und Verbreitung finden.

Sehr beachtenswert war auch das Schnellbaugerüst der Torkret G. m. b. H., das für den neuzeitlichen Hochhausbau eine Neuerung darstellt. Seine Anwendung wurde auf der Messe an einem Stahlskelettbau gezeigt. Abgesehen von der großen Ersparnis an Rüsthölzern und Raum, bietet das Gerüst dank der leichten Höhenverstellung die Möglichkeit, die Maurerarbeiten in günstigster Greifhöhe durchzuführen, was mit einer erheblichen Leistungssteigerung beim Bau verknüpft ist, sowie erhöhte Sicherheit[3a]).

Ein weiteres Gebiet der Baumaschinen stellen die

**Straßenbaumaschinen**

dar, die in Deutschland erst seit verhältnismäßig kurzer Zeit gebaut werden[4]). Wenn auch ein Teil dieser Maschinen sich nahe an amerikanische und englische Vorbilder anlehnt, so sind doch viele auf der Messe zu sehen gewesen, die aus dem Bedürfnis der rein deutschen Wege- und Straßenverhältnisse entstanden sind. Die bedeutungsvollsten Neuerscheinungen wies der Stand der Dinglerschen Maschinenfabrik auf, die den amerikanischen sogenannten Straßenfertiger wesentlich geändert und verbessert hat. Für die reine Betonstraße ist der Fertiger in seiner ursprünglichen Form beibehalten worden; lediglich zur Erzielung einer größeren Schlagwirkung ist die Schlagbohle im Gewicht vergrößert worden.

Eine Neuerung ist auch die Hammermaschine der gleichen Gesellschaft, Abb. 15 und 16. Hier ist die Schlagbohle in etwa 400 mm lange Stücke zerlegt. Diese Teilbohlen werden einzeln durch eine Daumenwelle angehoben und fallengelassen. Durch Zusatzgewichte kann ihre Schlagwirkung verändert und dem jeweiligen Baustoff der Straßendecke angepaßt werden. Dieser Konstruktion lag der Gedanke zugrunde, einen Universalfertiger zu schaffen, der sowohl für Beton- und Schotter-, als auch, unter Beifügung von besonderen Anheizvorrichtungen, für Stampfasphalt-Straßen verwendbar sein soll.

Die Vielgestaltigkeit dieses Gerätes wird ihm einen großen Wirkungskreis verschaffen. Bei dem geringen Umfange der in Deutschland jährlich zu bauenden Betonstraßen war dagegen die Absatzmöglichkeit für den reinen Beton-Straßenfertiger äußerst beschränkt, da sich bisher nur wenige Unternehmer zur Beschaffung einer derartigen Maschine entschließen konnten.

Selbstverständlich waren auf der Messe auch die Straßenwalzen vertreten, in deren Antriebart sich sichtlich ein Wandel vollzieht. Der kompressorlose Dieselmotor tritt auch hier immer mehr in den Vordergrund. Die Vorteile dieser Kraftmaschine liegen auch zu sehr auf der Hand, als daß man sie noch weiterhin übersehen könnte. Die wertvollen Eigenschaften des Dampfantriebes, die hauptsächlich in seiner großen Elastizität und Anspruchlosigkeit gegenüber den Betriebsverhältnissen liegen, sollen durchaus nicht verkannt werden. Anderseits aber haften ihm manche Nachteile an, so daß die Praxis seine Vorzüge zugunsten der Wirtschaftlichkeit zurückstellen muß.

Im Baubetrieb tritt, wie bereits erwähnt, die Überlegenheit des Verbrennungsmotorantriebes sehr oft und stark in Erscheinung. Man braucht nur zu bedenken, daß die Baumaschinen öfters ihren Arbeitsplatz ändern und nicht selten vereinzelt, fern von guten Zufahrtstraßen, arbeiten müssen. Dazu kommt noch, daß das Fassen der Kohlen und des Wassers stets mit Arbeitsunterbrechungen verknüpft ist, wobei ganze Kolonnen von Arbeitern ebenfalls in dem Arbeitsprozeß aufgehalten werden. Bei dieser Betrachtung kommt man daher mit zwingender Notwendigkeit zu dem Ergebnis, daß auf der Baustelle diejenige Maschine die wirtschaftlichste ist, die am wenigsten an einen richtig funktionierenden Nachschub gebunden ist. Der Verbrennungsmotor erfüllt an sich diese Anforderung in weitestem Maße. Seine früheren Formen als Benzin- und Benzolmotor waren indessen mit dem Nachteil behaftet, daß der verwendete Brennstoff teuer und sehr feuergefährlich war. Diese Schwächen sind durch den heute in vielfältiger Form auf den Markt gebrachten leichten kompressorlosen Dieselmotor überwunden, besonders nachdem der kleine Dieselmotor hinsichtlich Betriebsicherheit und Einfachheit der Bedienung keinem Benzinmotor, ja selbst keiner Dampfmaschine mehr nachsteht. Ein Blick in die Motorenhalle Nr. 9 zeigte im übrigen, welch gewaltigen Fortschritt der Bau von Kleindieselmotoren in letzter Zeit aufzuweisen hat.

Der ernsteste Wettbewerber dieser Antriebart im Baubetrieb ist natürlich der Elektromotor, der bei vorhandener Energiequelle und Ortfestigkeit der Baugeräte wegen seiner Einfachheit und Anspruchlosigkeit unerreichbar ist. Einer weitgehenden Umstellung des Baubetriebes auf den elektrischen Betrieb stehen die auch in Deutschland noch in den einzelnen Gebieten vorhandenen verschiedenen Stromarten und Spannungen entgegen, die ein sehr umfangreiches Motorenlager bei den Unternehmern bedingen. Dieses stellt aber zum Teil totliegendes Kapital dar, und ist daher nicht für jeden Bauunternehmer wirtschaftlich möglich. Über den außerordentlich hohen Stand des Elektromotorenbaues gab das Haus der Elektrotechnik das beste Bild.

In das Gebiet der Straßenbaumaschinen gehört auch die auf der Messe vorgeführte Explosionsramme, Abb. 17, die nach dem Grundsatz des Explosionsmotors arbeitet. Da die Hubarbeit durch Kraftantrieb erfolgt, ist nicht nur die Schlagwirkung eine unvergleichlich größere als bei einer einfachen Handramme, sondern auch die Leistungsfähigkeit des Rammführers wird wesentlich erhöht. Die Herstellerfirma (Delmag) beabsichtigt, auf Grund der günstigen Erfahrungen eine neue Bauart herauszubringen, die mit noch wesentlich größerem Bärgewicht arbeitet und hauptsächlich zum Rammen von Spundbohlen und Pfählen dienen soll.

Ein Gebiet, auf dem schon seit längerer Zeit größeres Angebot besteht, das sonderbarerweise aber immer noch nicht die nötige Beachtung gefunden hat, bilden die mittels Druckluft angetriebenen Werkzeuge für den Straßenbau, wie Aufbrecher, Schaufeln und dergl. Diese Maschinen sind zwar nicht Neuerscheinungen der letzten Messe, verdienen aber in ihrer mustergültigen Ausführung und Wichtigkeit für den Baubetrieb besonders erwähnt zu werden. Wenn man die Leistung, z. B. beim Aufbrechen der Asphaltstraßenbettung mittels Aufbruchhammer, mit derjenigen

[3a]) Eine besondere Abhandlung hierüber erscheint in Nr. 18 der Zeitschrift „Stahlbau" vom 6. September 1929.

[4]) Vergl. a. *Garbotz*, Z. Bd. 72 (1928) S. 621.

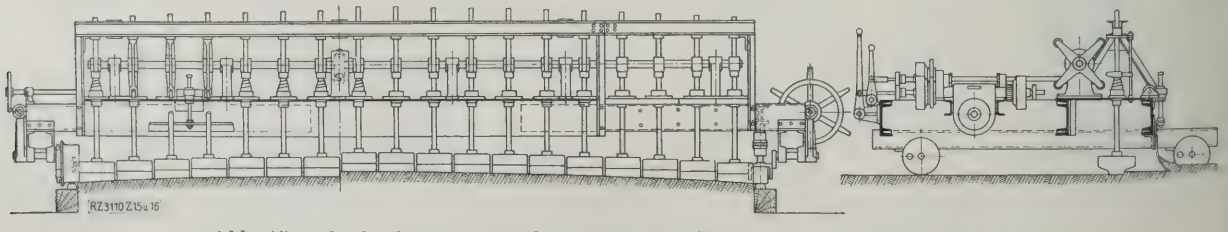


Abb. 15 und 16. Straßenstampfmaschine der Dinglerschen Maschinenfabrik.

von Hand vergleicht, so begreift man leicht, weshalb diese Maschinen bei den hohen Löhnen in Amerika die außerordentliche Verbreitung gefunden haben.

### Maschinen für den Teer- und Asphaltmakadam-Straßenbau

waren im Gegensatz zur vorjährigen Frühjahrsmesse in geringerem Maße vertreten. Beachtenswert war hier besonders die Neuschöpfung des Krupp-Gruson-Werkes, Magdeburg, das eine außergewöhnlich standfest konstruierte und in bester Werkstattarbeit ausgeführte, leicht zu bewegende und aufzubauende Maschine ausgestellt hatte, Abb. 18.

### Maschinen für den Tiefbau.

Für den Tiefbau waren nur wenige Maschinen vertreten, was ja allein durch ihre Größe und die damit verbundenen Fracht- und Zusammenbaukosten erklärlich ist. Gezeigt wurde die neueste Bauart des Menckschen Löffelbaggers auf Raupen mit 0,6 m³ Löffelinhalt. Diese Maschine ist durch Austausch einzelner Teile als Greifbagger, Eimerseilbagger und Zusammenbaukran verwendbar. Auch in diesem Falle sehen wir demnach das Bestreben, ein Universalgerät mit besserer Ausnutzungsfähigkeit und damit höherer Wirtschaftlichkeit zu schaffen. Es sei besonders noch darauf hingewiesen, daß der Bagger ebenfalls einen Antrieb mit kompressorlosem Dieselmotor (Deutz-Zweitaktmotor) aufwies. Die Firma Orenstein & Koppel hatte eine leichte Bauart eines Eimerkettenbaggers, wie er hauptsächlich für Ziegeleibetriebe in Frage kommt, ausgestellt. Letztere Firma baut in ihre Bagger hauptsächlich Junkers-Dieselmotoren ein, die die bekannte Doppelkolbenkonstruktion aufweisen und daher den außerordentlich großen Vorzug ausgeglichener Massen haben, so daß erheblich geringere Schwingungserscheinungen in den angetriebenen Maschinen auftreten.

Einen größeren Raum als auf früheren Messen nahmen die

### Baupumpen

ein. Obschon auf diesem Gebiet mit unmittelbaren Neuschöpfungen schwer gerechnet werden kann, ist die erzeugende Industrie doch stets bestrebt, die Maschinen weiter durchzubilden und besonders den jeweiligen Bedürfnissen der Abnehmer anzupassen. Neben der sehr verbreiteten Diaphragmapumpe, die sowohl für Hand- als auch Kraftantrieb ausgeführt wird, ist vor allem für mittlere und hohe Dauerleistungen die Kreiselpumpe unstreitig die beliebteste Baupumpe. Die früheren Schwierigkeiten, die sich wegen des schlechten Wirkungsgrades der kleineren Bauarten ergaben, sind zum Teil überwunden, und man findet günstig arbeitende Kreiselpumpen schon für Anschluß an 50 mm-Rohre. Als sehr zweckmäßig kann die Konstruktion der Motorenfabrik Deutz angesprochen werden, die eine derartige, kleine, mit einem Benzinmotor unmittelbar gekuppelte Pumpe ausgestellt hatte. Der ganze Maschinensatz mit einem Motor von 2 PS hatte ein Nettogewicht

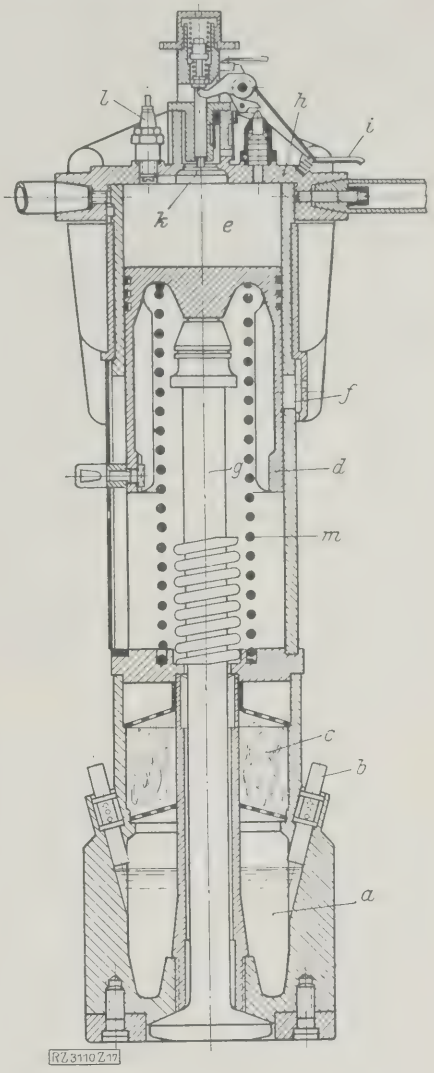



**Abb. 17**
Explosionsramme der Delmag, Essen.

*a* Brennstoffraum im Bär
*b* Luftansaugrohr
*c* Vergaser
*d* Kolben
*e* Zylinder
*f* Auspuffschlitz
*g* freie Kolbenstange
*h* Zylinderdeckel
*i* Handhebel
*k* Hauptventil
*l* Zündkerze
*m* Kolbenfeder

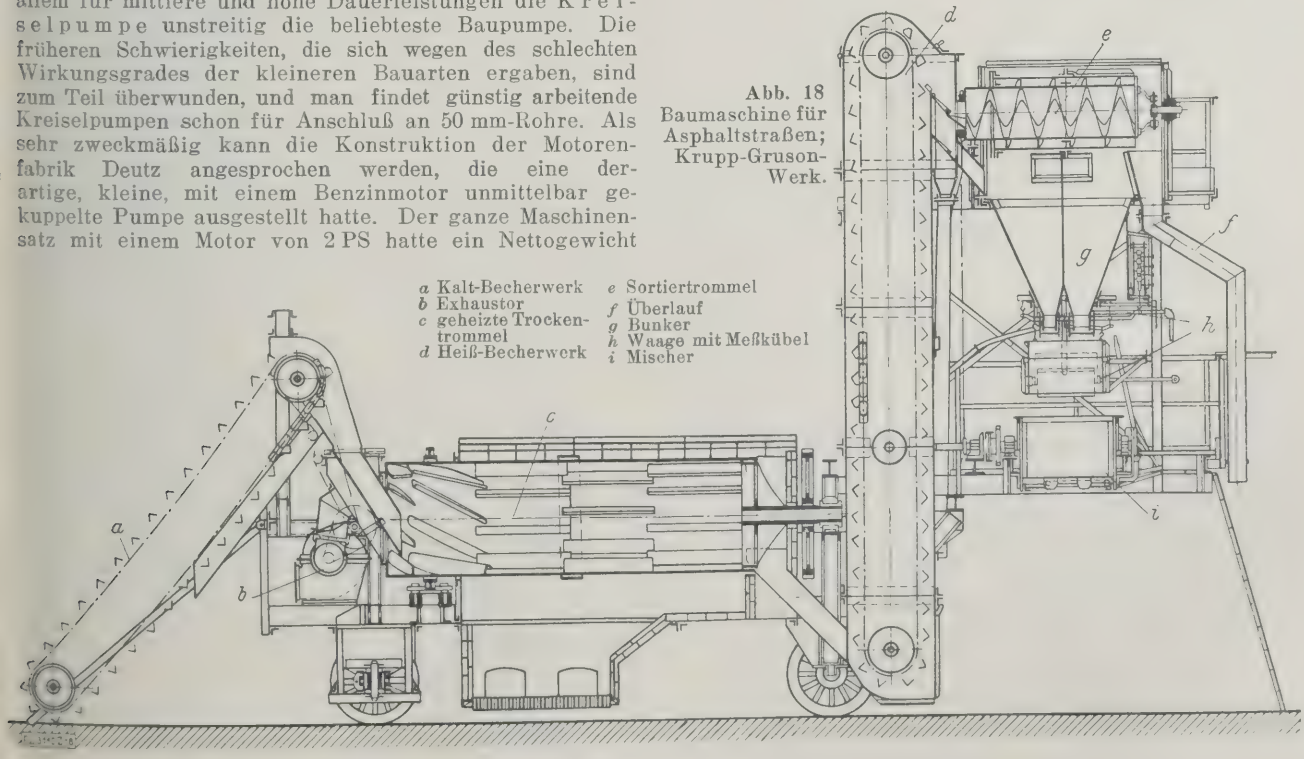



**Abb. 18**
Baumaschine für Asphaltstraßen; Krupp-Gruson-Werk.

von nur etwa 325 kg. Er kann daher unter Umständen sogar tragbar zusammengebaut werden und ist nach Befestigung der Rohranschlüsse sofort betriebfertig. Die Leistung beträgt 9000 bis 60 000 l/h, was unter Umständen für kleinere Baustellen schon ausreichend sein kann. Dieselbe Firma hatte außerdem einen ähnlich fertig zusammengebauten Maschinensatz als kleine Lichtzentrale für eine Leistung von 2 kW (Motor 4 PS) ausgestellt, die ebenfalls ein sehr kleines Gewicht von etwa 400 kg aufwies und für die Zwecke einer Notbeleuchtung gut geeignet erscheint.

Zuletzt sei noch auf die

**Straßenzugmaschinen**

verwiesen, von denen eine ganze Anzahl vertreten war. So hatte die Firma Lanz, Mannheim, ihren „Buldog"-Trecker ausgestellt, der bekanntlich mit Rohöl betrieben und neuerdings in vervollkommneter Konstruktion ausgeführt wird. Als Vertreter der Kraftwagen-Trecker war der auch in Deutschland schon sehr verbreitete Fordson-Traktor zu sehen. Diese Maschine ist durch Austausch von Teilen für die verschiedensten Zwecke des Baubetriebes verwendbar, so z. B. als Kran, Winde, Straßenhobel, Ladeschaufel, kleiner Löffelbagger usw. Diese vielseitige Verwendbarkeit dürfte ihm eine zunehmende Verbreitung sicherstellen. Als erwähnenswert dürfte bei dieser Maschine zu verzeichnen sein, daß neuerdings mit Ausnahme des Motors und Getriebekastens sämtliches Zubehör in Deutschland hergestellt wird. Als eine in das gleiche Gebiet gehörende Maschine kann der selbstfahrende Drehkran der Lauchhammerwerke[5]) angesehen werden.

Aus dem bisher Gesagten geht hervor, daß die diesjährige Leipziger Frühjahrsmesse von der zähen Energie der deutschen Baumaschinenindustrie ein sehr günstiges Zeugnis abgelegt hat. Mit viel Verständnis ist dieser Industriezweig bemüht, sein Fertigungsprogramm den Wünschen der Abnehmer anzupassen. Auch der kleinere Bauunternehmer konnte dieses Mal auf der Messe das für ihn passende Gerät finden. Eine Erhöhung des Absatzes und damit eine immer weiter fortschreitende Mechanisierung des Baubetriebes ist die zwangläufige Folge hiervon, die auf dem Wege des wirtschaftlichen Bauens auch der Allgemeinheit zugute kommt.

Möge der kurze Rückblick auf die Baumaschinenschau in Leipzig auch dazu beitragen, Verständnis und Aufmerksamkeit für diesen Zweig des allgemeinen Bauwesens im Kreise von Ingenieuren und Architekten weiter zu fördern, auch die Erkenntnis noch stärker befestigen, daß große Werke heute nur noch durch verständnisvolle Gemeinschaftsarbeit der Beteiligten zuwege gebracht werden können. [B 3110]

[5]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 5 S. 171.

## Schiffssicherheitsvertrag 1929

Der am 20. Januar 1914 abgeschlossene internationale Vertrag zum Schutze des menschlichen Lebens auf See wurde nur von wenigen Vertragstaaten bestätigt, da der Ausbruch des Krieges die Weiterarbeit störte. Im November des Jahres 1927 trat die englische Regierung an die Regierungen der andern seefahrenden Länder heran und schlug vor, eine neue internationale Tagung abzuhalten, um die 1914 begonnenen Arbeiten auf Grund der inzwischen gewonnenen Erfahrungen fortzusetzen und, wenn möglich, einen neuen internationalen Vertrag abzuschließen.

Dieser Vorschlag wurde von den aufgeforderten Regierungen freudig aufgegriffen und nach 1½jährigen umfangreichen Vorarbeiten traten am 16. April 1929 Vertreter und Sachverständige von 18 Staaten in London zu Beratungen über den neuen Vertrag zusammen. Am 31. Mai wurde in der Schlußsitzung das Ergebnis dieser Beratungen angenommen und liegt jetzt vor als Schiffssicherheitsvertrag 1929 (International Convention for the Safety of life at Sea 1929).

Bei der Bestätigung dieses neuen Vertrages werden eine Reihe von gesetzlichen Bestimmungen und Verwaltungsvorschriften zu ändern und neu zu fassen sein. Um die Vorarbeiten hierfür zu erleichtern und zugleich den beteiligten Kreisen die Vorbereitung auf die neuen, wenn auch sachlich von den bisherigen deutschen Schiffssicherheitsvorschriften nicht sehr weit abweichenden Vorschriften zu ermöglichen, hat der Germanische Lloyd in Verbindung mit der See-Berufsgenossenschaft und im Einvernehmen mit dem Reichsverkehrsministerium und Reichspostministerium den Vertrag übersetzt[1]).

Der Vertrag gliedert sich in den eigentlichen Vertrag, die Regeln (Anhang I), die internationalen Regeln zur Verhütung von Zusammenstößen auf See (Anhang II) und in das Schlußprotokoll. Die für die einzelnen Abschnitte wichtigen Begriffe „Auslandfahrt" und „Fahrgastschiff" werden folgendermaßen bestimmt:

Eine Auslandfahrt ist eine Reise von einem Lande, auf das dieser Vertrag Anwendung findet, nach einem Hafen außerhalb dieses Landes oder umgekehrt; Kolonien, Übersee-Besitzungen usw. gelten hierbei als ein besonderes Land.

Ein Fahrgastschiff ist ein Schiff, das mehr als zwölf Fahrgäste befördert.

Der Abschnitt Bauart der Schiffe gilt für jedes neue Fahrgastschiff in Auslandfahrt, wobei unter einem neuen Fahrgastschiff ein solches verstanden wird, dessen Kiel am oder nach dem 1. Juli 1931 gelegt wird, oder ein Schiff, das zu diesem Zeitpunkt in ein Fahrgastschiff umgebaut wird. Für Schiffe, die sich nicht mehr als 20 Seemeilen vom nächsten Land entfernen, können die Verwaltungen der Staaten Erleichterungen zugestehen; unter gewissen Bedingungen ebenso für Schiffe, die sich nicht weiter als 200 Seemeilen vom nächsten Land entfernen. Gegenüber den bestehenden Vorschriften bedeutet der Vertrag in manchen Punkten eine Verschärfung.

Der Abschnitt Rettungsmittel behandelt die verschiedenen Arten der Rettungsgeräte, Feuerlöscheinrichtungen, Stauung gefährlicher Güter und den Sicherheitsdienst an Bord. Gefordert wird allgemein Bootsraum für alle, darüber hinaus für Schiffe in Auslandfahrt 25 vH Hilfsbootsraum, für Schiffe in kleiner Auslandfahrt, das sind solche, die nie weiter als 200 Seemeilen vom nächsten Land entfernt fahren, 10 vH Hilfsbootsraum. Zugelassen sind große Boote mit über 100 Personen, sofern sie Motorantrieb haben und ihr Gewicht, ausgerüstet und beladen, unter 20 t bleibt. Gefordert wird für jedes Schiff Leinenwurfgerät, die Zahl der für jedes Rettungsboot erforderlichen Mannschaft wird festgelegt.

Der Abschnitt Funktelegraphie bringt gegenüber den bisherigen Vorschriften eine Verschärfung dadurch, daß die Grenze von jetzt 2000 B.-R.-T. auf 1600 B.-R.-T. festgelegt ist. Für die Übergangzeit sind gewisse Erleichterungen vorgesehen, ebenso für besondere Reisen und für Schiffe, die mit einem Auto-Alarm ausgerüstet sind.

Der Abschnitt Sicherheit der Seefahrt behandelt den meteorologischen Warndienst, den Eisdienst, fordert für jedes Fahrgastschiff von 5000 B.-R.-T und darüber den Einbau eines Funkpeilgerätes und legt fest, daß nach Mitternacht am 31. Juni 1931 das „direkte Ruderkommando" eingeführt werden soll.

Es werden dreierlei Arten Zeugnisse unterschieden:

1. Das Sicherheitszeugnis, das jedem Fahrgastschiff erteilt werden soll.
2. Das Funksicherheitszeugnis, das jedem anderen als Fahrgastschiff erteilt werden soll.
3. Das Ausnahmezeugnis, das jedes Schiff erhält, dem irgend eine Ausnahme durch eine Vertragsregierung auf Grund der Vorschriften des Vertrages gewährt ist.

Der Vertrag tritt am 1. Juli 1931 in Kraft zwischen den Regierungen, die bis zu diesem Tag ihre Bestätigungsurkunden bei der Britischen Regierung hinterlegt haben, wenn wenigstens fünf Bestätigungsurkunden hinterlegt sind. Er läuft zunächst auf die Dauer von fünf Jahren und kann jährlich gekündigt werden. [N 3400]

[1]) Schiffssicherheitsvertrag 1929, Reichsdruckerei, Berlin.

# Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht

*Von Ingenieur HANS SMONKER, Wien*

*Die im Januar 1928 in Betrieb genommene Förderanlage ist wegen ihrer Eigenart in der Anordnung und Raumausnutzung und wegen der für Mannschaftsfahrten in Bergwerken bisher fast gar nicht geübten Anwendung ausgefütterter Treibscheiben mit endlos umgeschlungenem Seil, ferner durch eine technische Neuerung im Seilförderungsbau bemerkenswert, mittels deren durch Weglassung von Differentialgetrieben und Anwendung eines raumsparenden selbsttätigen und einfachen Rillengleichhalters, die gefürchtete Flaschenzugwirkung fast ganz beseitigt wird, bemerkenswert.*

Die Prager Eisenindustrie A.-G. hat in ihrem Erzbergbau im Chrustenitzer Revier einen großen schrägen Hauptschacht abgetäuft, der mit 974 m schräger Länge und 234,8 m Gefälle von der achten zur 48. Sohle des Bergbaues führt. Der Schacht dient zur Beförderung des gesamten Erzes für die Röstöfenanlage, der gesamten Belegschaft beim Schichtwechsel und überhaupt aller Hilfseinrichtungen usw., die unter Tage benutzt werden.

Die Schleppschachtanlage[1]), Abb. 1 bis 3, besteht aus drei in innigem Zusammenhange stehenden, elektrisch betriebenen Fördereinrichtungen: eine Seilförderung für das Erz, die Erzbahn, eine Seilförderung für die Belegmannschaft, die Mannschaftsbahn, ferner eine Kettenbahn mit Oberkette. Die drei Windwerke, die Antriebe der drei Fördereinrichtungen, hat man in einer Maschine vereinigt, die in einer im Fels ausgehauenen, mit Beton verkleideten Kammer ($5{,}6 \times 12\ m^2$) im achten Stockwerk untergebracht ist, da man über nicht mehr Raum verfügte. Angaben über die Anlage enthält Zahlentafel 1.

In dem elliptischen, 3400 mm breiten und 2590 mm hohen Schachtquerschnitt wurde die Erzbahn als endlose Seilförderung mit einer Gleisentfernung von 2100 mm rechts und links vom Profilmittel, die Mannschaftsbahn als Pendelbahn mit einer Umsteigstelle in Schachtmitte, zwischen den Gleisen der Erzbahn, angeordnet. Die Erzbahn fördert rd. 1300 t Erz in 21 h, während die Mannschaftsbahn bei drei Schichten täglich 1440 Mann ein- und ausfährt.

### Erzbahn

Bei der Erzbahn ist das endlose Zugseil in der Windenkammer um eine zweirillig gelederte Seilscheibe von 3000 mm Dmr. und um eine vorgelegte, ungelederte Scheibe von 2800 mm Dmr. geschlungen, wird unter Zwischenschaltung mehrerer Ab- und Umlenkscheiben längs des Schachtes hinunter in das 48. Stockwerk geführt, ist dort um eine auf Spannschlitten gelagerte Umführungsscheibe gelegt und läuft wieder längs des Schachtes zur Antriebscheibe zurück.

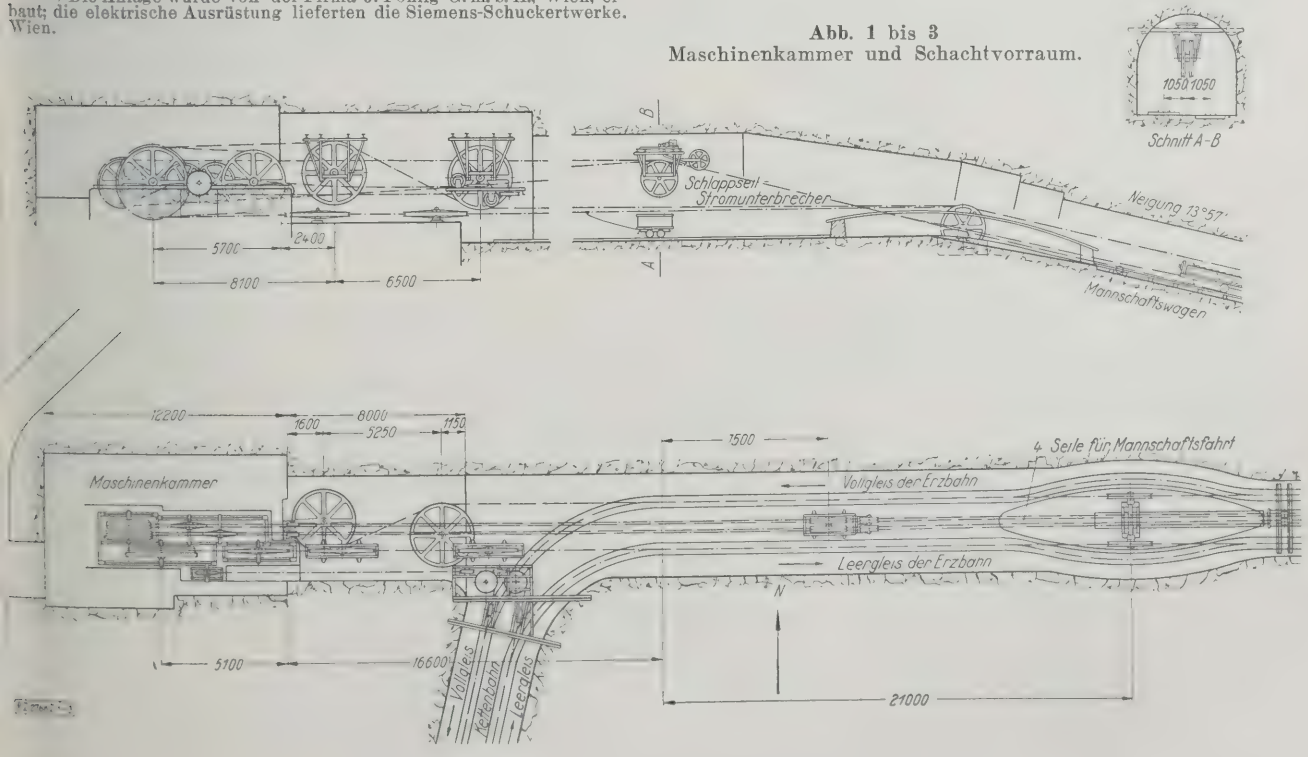
Die vollen Hunde werden unten mittels Anhängeseiles und Kurbelklemme an das Zugseil angeschlagen und längs der nördlichen Seite der Schleppgrube nach oben befördert. Oben werden die Wagen vom Zugseil abgeschlagen, laufen

**Zahlentafel 1**
Hauptangaben über die drei Fördereinrichtungen

| | Erzbahn | Kettenbahn | Mannschaftsbahn |
|---|---|---|---|
| Länge der Bahn . m | 974,12 | 70 | 974,12 |
| Steigung . . . . . „ | 234,87 = 13° 57′ | ∞ | 234,87 = 13° 57′ |
| Fördergeschwindigkeit m/s | 0,8 | 0,8 | 2.5 |
| Wageninhalt . . . kg | 950 | 950 | 33 Mann |
| Gewicht des leeren Wagens . . . . kg | 350 | 350 | 3200 und 4000 |
| Wagenabstand . . m | 44 | 44 | — |
| Anzahl der Wagen auf der Strecke . . . . | 44 | 4 | 2 |
| Fördermenge in 1 h t | 62 | 62 | 480 Mann |
| Seil- oder Kettendicke mm | 33 Dmr. Litzenseil | 16 kalibrierte Rundeisenkette | 2 × 16 Dmr. Litzenseile |

[1]) Die Anlage wurde von der Firma J. Pohlig G. m. b. H., Wien, erbaut; die elektrische Ausrüstung lieferten die Siemens-Schuckertwerke, Wien.

**Abb. 1 bis 3**
Maschinenkammer und Schachtvorraum.



infolge des Gleisgefälles selbst unter die Kette der Kettenbahn, die sie nun zu den Röstöfen in einem 70 m langen, waagerechten Stollen befördert. Die leeren Hunde laufen in umgekehrter Richtung denselben Weg in die Grube zurück. Im Gestänge für die vollen, also nach oben fahrenden Hunde, wurden in entsprechenden Abständen Hundefänger angebracht.

Zur Vermeidung der am Umfang der Treibscheiben auftretenden Differentialspannungen im Zugseil, und da nicht der Raum vorhanden war, um zum Spannungsausgleich ein Planetengetriebe einzubauen, verwendete man den Rillengleicher, Bauart Pohlig[2]), der die Umfänge der Treibscheibenrillen selbsttätig während des Betriebes immer ganz gleich hält und keine Flaschenzugspannungen aufkommen läßt. Die keine Wartung erfordernde Vorrichtung wird zwischen den Kränzen der Treib- und Umführungsscheibe eingebaut: sie schont das Leder und erhöht dessen Lebensdauer. Bei entsprechender Belastung von Voll- und Leerseite ist ein Seilrutsch nicht vorhanden.

### Mannschaftsbahn

Der Raum für eine zweigleisige Bahn oder eine Mittelausweiche war nicht vorhanden; wie bereits erwähnt, wurde eine zweitrümige Fahrt auf einem Gleis mit Umsteigstelle in Schachtmitte eingebaut. Als für den Betrieb praktisch wurden eine Wagenbesetzung von 33 Mann und 2,5 m/s Fahrgeschwindigkeit ermittelt. Der 1 h beanspruchende Schichtwechsel erfolgt zwischen je 7 h Erzförderung; während des Schichtwechsels werden 480 Mann in den Schacht und aus dem Schacht gefahren; während der Mannschaftsfahrt steht die Erzbahn still und umgekehrt. Auf der Mannschaftsbahn verkehren zwei Mannschaftswagen, Abb. 4 und 5, von denen der eine von der oberen Haltestelle zur Schachtmitte und zurück, der andre von der unteren Haltestelle zur Schachtmitte und zurück fährt, wobei die Wagen an den Haltestellen gleichzeitig eintreffen.

Die Wagen sind, der Steigung des Schachtes entsprechend, mit gestaffelten Sitzen gebaut; die 33 Mann sitzen wie im Rennschlitten hintereinander. An den Längsseiten sind heb- und senkbare Gitter angeordnet. Die Mannschaft sitzt sowohl bei der Ein- wie bei der Ausfahrt in der Richtung der Grube, nur bei der Ausfahrt sitzt der erste Mann zwecks Sicht auf die Strecke verkehrt. Je ein Scheinwerfer an den Wagenstirnseiten beleuchtet die zu durchfahrende Strecke.

Eine Schienenfangvorrichtung hat man infolge Raummangels nicht eingebaut; ferner wären mit einer solchen die Wagen noch mehr belastet worden, und man wollte nicht ohne zwingenden Grund einen umständlichen, mit viel Zeit und ganz beträchtlichen Auslagen verbundenen gemauerten Unterbau herstellen. Man entschied sich für ein gewöhnliches, wohl aber genau und gut verlegtes Grubenschienengleis, und hängte jeden Wagen flaschenartig an zwei Parallelseilen auf. Damit aber bei einem nicht seltenen wahrscheinlichen Seilbruch kein Ruck in das ganzgebliebene Seil kommt, der das Fangen zweifelhaft machen könnte, sind im Wagen mit Öl gefüllte Bremszylinder angeordnet, die mit Diaphragmakolben so eingestellt wurden, daß sie während der Fahrt, besonders aber bei Riß eines Seiles, nur eine ganz langsame, stoßfreie Einstellung zu lassen. Die Auflösung der Zugvorrichtung in zwei Seile ist vorteilhafter, weil die der Überwachung zugängliche Seiloberfläche wächst und infolge kleinerer Seil- und Drahtdurchmesser auch geringere Scheibenabmessungen, Übersetzungen usw. notwendig sind.

Da das Absteigen der Mannschaft fast gleichzeitig vor sich geht, wurden, um ein Zurückschnellen der Wagen zu verhindern, zangenartige Schienenklemmen angebracht, die nach jeder beendeten Fahrt, aber noch vor dem Abstieg festgezogen werden. Bei der ersten Wochenfahrt wird voll eingefahren und leer ausgefahren, die Grube ist als besetzt, bei letzter Wochenfahrt wird leer eingefahren und voll ausgefahren, die Grube ist leer, sonst aber wird jede Fahrt voll ein- und voll ausgefahren. Um nun auch in den beiden ersten Fällen genügende Sicherheit gegen Seilrutsch an den Treibscheiben zu haben, wurde der obere Wagen mit 4000 kg und der untere mit 3200 kg Eigengewicht ausgeführt. Der ungünstigste Fall in bezug auf Seilrutsch tritt im Augenblick des Anfahrens dann ein, wenn die Belegmannschaft am Wochenende nur hinaus befördert wird und leere Wagen herunterfahren. Dabei ist der Fall, wo beide Seile wirken, ungünstiger, als wenn ein Seil gerissen wäre. Um den größtmöglichsten Unterschied der Seilzüge zu erfassen, wurden die während der Beschleunigung auftretenden Massendrücke berechnet, die bei den ziehenden hinzukommen, bei den ablaufenden abgezogen werden. Die Sicherheit gegen Seilrutsch schwankt zwischen 2,06 und 3,06. Der größte Kraftbedarf an der Motorwelle bei Berücksichtigung aller statischen Kräfte und dynamischen Widerstände der Bahn und der Maschine beträgt 58,1 kW.

Die Parallelseile werden mittels zweier auf einer Welle festsitzender gelederter zweirilliger Seilscheiben von 2000 mm Dmr. und zweier vorgelegter ungelederter einrilliger Umführungsscheiben angetrieben. Für ein Planetengetriebe fehlte der Platz. Unter der Voraussetzung, daß die Rillen der Treibscheiben infolge des Umkehrbetriebes praktisch gleichmäßig abgenutzt werden, genügt eine ständig eingebaute Vorrichtung bestehend aus einem mittels Handrad zu betätigenden Support mit vier Drehmessern, die halbrundförmige, dem Seildurchmesser angepaßte Schneiden haben und ausgerichtet parallel zur Treibscheibenwelle stehen. Nach der Belederung der Treibscheiben werden mittels dieser Vorrichtung die vier Rillen gleichzeitig eingedreht und, falls sich während des Betriebes Ungleichheiten zeigen, nachgearbeitet.

[2]) Österr. P. Nr. 102 865.

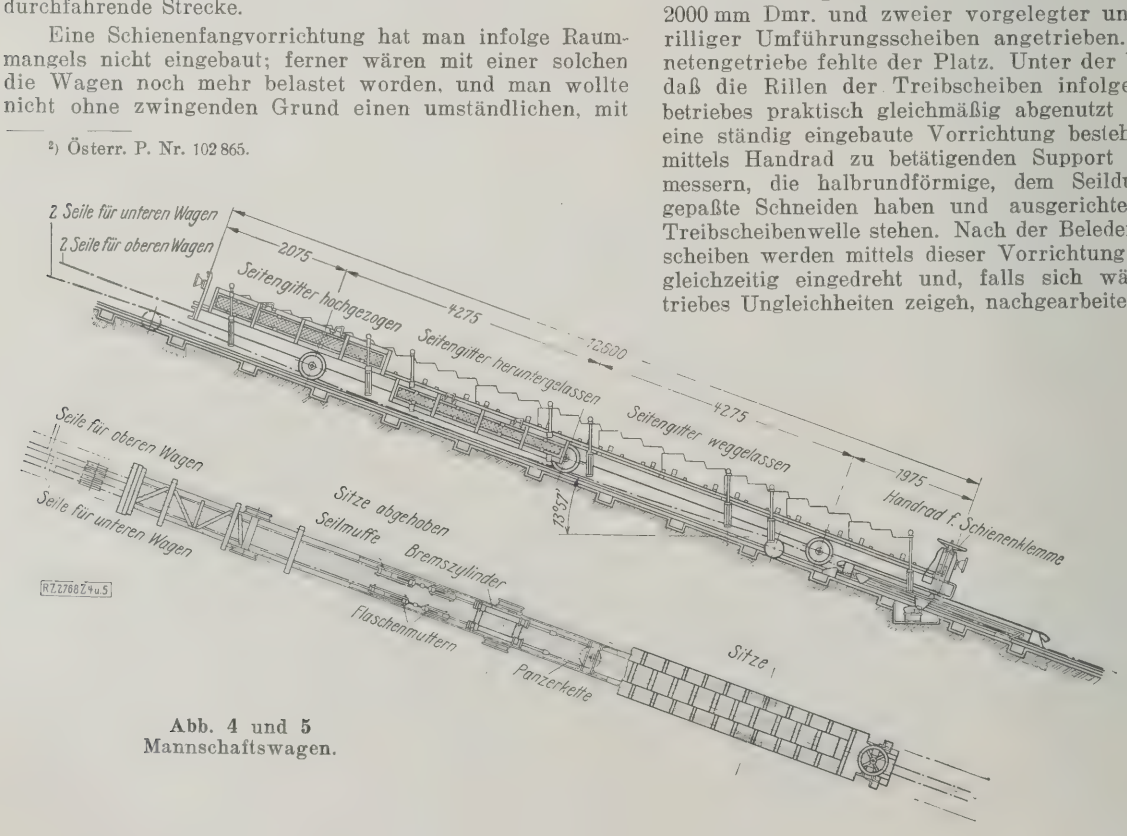
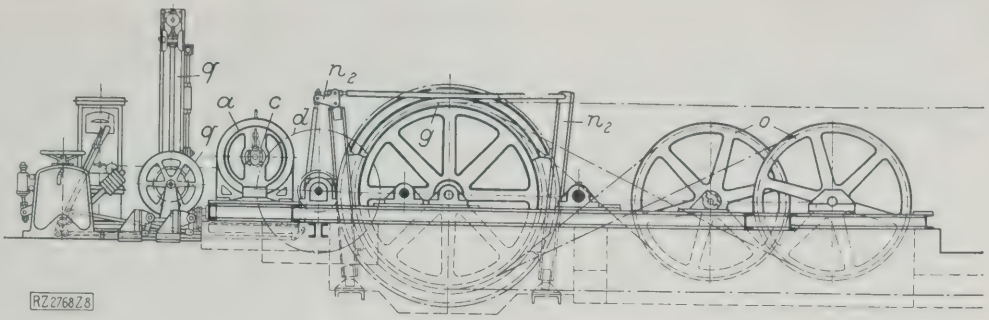
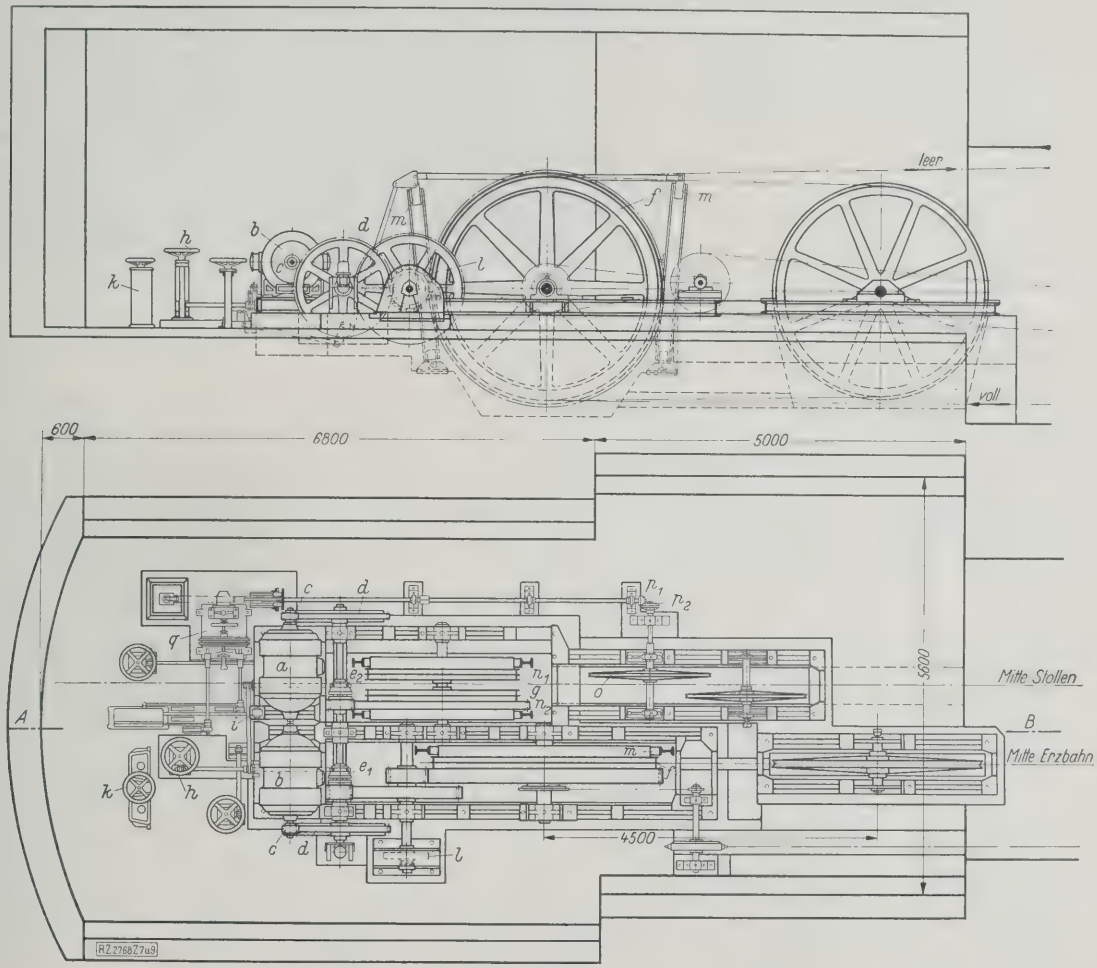



**Abb. 4 und 5**
Mannschaftswagen.

Abb. 6 bis 8
Maschinenkammer.

a, b Drehstrom-Asynchronmotoren
c, d Zwischenräder
$e_1$, $e_2$ Klauenkupplung
f Treibscheibe der Erzbahn
g " " Mannschafts-
h Handrad [bahn
i Walzenschalter
k Steuerwalze
l Rücklauf-Hemmvorrichtung der Treibscheibe der Erzbahn
m Backenbremse
$n_1$, $n_2$ Backenbremsen der Treibscheiben der Mannschaftsbahn
o Umführungsscheiben
$p_1$, $p_2$ Kegelräder
q einspindeliger Teufenzeiger




## Elektrischer Antrieb

Zwei Drehstrom-Asynchronmotoren *a* und *b*, Abb. 6 bis 8, von je 58,1 kW Dauerleistung, 965 U/min, 500 V und 50 Per./s treiben mittels der Pfeilräder *c* und *d* eine Zwischenwelle an. Durch wahlweises Einrücken der Klauenkupplungen $e_1$, $e_2$, wird die Zwischenwelle entweder mit der Treibscheibe *f* für die Erzförderung oder mit den Treibscheiben *g* für die Mannschaftsfahrt gekuppelt. Die Ausrückvorrichtung ist so durchgebildet, daß die Treibscheiben *f* und *g* nie gleichzeitig eingerückt sein können. Die eine oder andre Kupplung wird durch Drehen am Handrade *h* bei gleichzeitigem Anlassen des Motors eingerückt. Gleichzeitig mit diesem Kupplungsgestänge wird ein Walzenschalter *i* betätigt, der in jeder Stellung die Hilfsverriegelungsleitungen verbindet.

Bei der Erzförderung arbeiten beide Motoren parallel, und zwar durchlaufend in einer Richtung, bei der Mannschaftsfahrt ist nur einer von beiden unter Spannung und arbeitet im Umkehrtrieb, während der andre leer mitläuft. Der zweimotorige Antrieb wurde gewählt, um einen gewissen Ersatz zu haben. Versagt ein Motor, so kann die Erzförderung mit verminderter Leistung mit dem andern Motor weiterfahren, ebenso kann bei Mannschaftsfahrt, wenn ein Motor versagt, sofort auf den andern umgeschaltet werden. Die Steuerwalzen *k* werden nur durch ein Handrad über Zahnräder gemeinsam gesteuert. Bei Betrieb eines Motors wird die Walze des leeren Motors durch axiale Verschiebung eines Zahnrades ausgerückt; diese Ausrückung und die Wiedereinrückung sind nur in der Nullstellung möglich; infolgedessen ist ein fehlerhaftes Zusammenkuppeln der beiden Steuerwalzen ausgeschlossen.

## Bremseinrichtungen

Die in einer Richtung durchlaufende Erzbahn hat eine Rücklauf-Hemmvorrichtung *l* und eine durch Spindel und Handrad feststellbare Backenbremse *m*. Mit den Treibscheiben der Mannschaftsfahrt *g* sind zwei Bremskränze verbunden, auf die je eine Backenbremse $n_1$ und $n_2$ wirkt. Die zweite Bremse $n_2$ dient zum Ersatz

und ist durch Handrad und Spindel feststellbar. Die Welle der Umführungsscheibe $o$ treibt mittels Kegelräder $p_1$ und $p_2$ einen einspindeligen Teufenzeiger $q$. Mit ihm werden Kurvenscheiben bewegt, die unter Vermittlung eines Gestänges, gegen das Ende der Fahrt, den Bremshebel selbsttätig anziehen und dadurch den Antrieb stillsetzen. Der Maschinist stellt nur die Steuerwalze in die Nullstellung zurück. Bei Überschreitung der Fahrtenden rückt der Teufenzeiger über ein Gestänge die das Bremsgewicht hochhaltende Klinke aus und setzt den Antrieb still. Mittels einer Wiederanfahrvorrichtung wird das Ausrückgestänge entkuppelt und die Klinke eingelegt. Man kann dann in die Endstellung zurückfahren; das Ausrückgestänge kuppelt sich wieder selbsttätig. [B 2768]

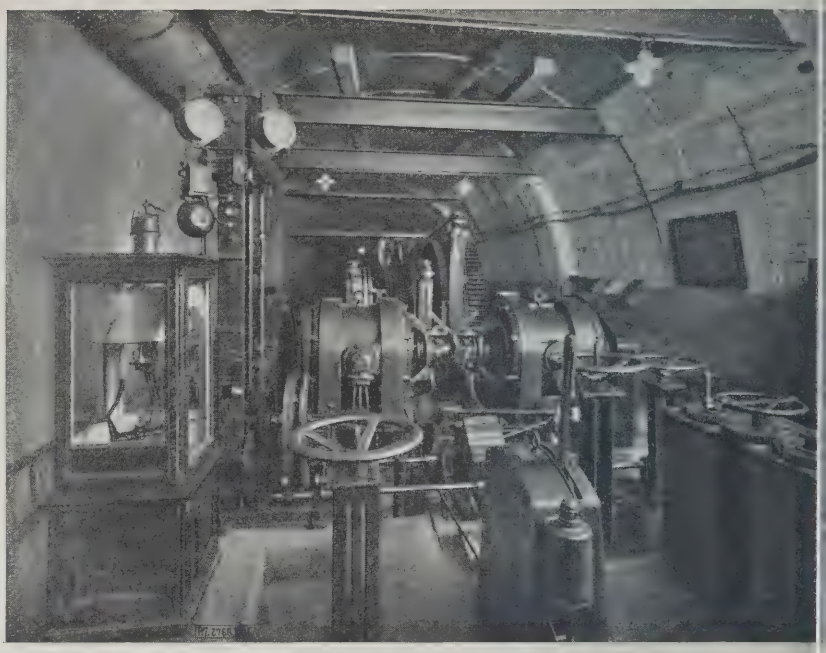


Abb. 9
Maschinenkammer.

## Entladen von Getreideschiffen

*Von Dr.-Ing. PAUL SCHRÖDER, Berlin*[1])

Als Entlademittel für Getreideschiffe dienen fast ausschließlich die Sauganlagen und die Becherwerke. Die Entladung durch Greiferbetrieb soll hier unberücksichtigt bleiben, da eine derartige Entladung einen Sonderfall darstellt; sie wird nur dort Verwendung finden können, wo es sich um Betriebe handelt, die hauptsächlich auf Stückgüter und Massengüter andrer Art (z. B. Kohle, Erz) eingestellt sind.

Bei der Entladung von Schiffen hat man nun grundsätzlich zwischen See- und Flußschiffen zu unterscheiden, da die Entladeverhältnisse in beiden Fällen ganz anders sind. Außer den Strom- und Lohnkosten sind die Bauart und Ladetiefe der Schiffe, Größe und Lage der Schiffsluken, der Wasserstand, Wind und Wetter und nicht zuletzt die erreichbare mittlere Stundenleistung für die Wirtschaftlichkeit der Anlage maßgebend.

### Entladung der Flußschiffe

Flußschiffe sind leicht zugänglich, da sie im allgemeinen in der ganzen Länge aufgedeckt werden können. An der Längsseite bleibt nur noch ein schmaler Steg zur Aussteifung der Seitenwand und zum Begehen des Schiffes. Das Becherwerk kann trotz seiner Unbeweglichkeit bequem arbeiten. Der Ausleger des Becherwerkes läßt sich leicht und ohne Gefahr heben und senken. Das Verholen der Schiffe bietet keine Schwierigkeiten. Versuche haben gezeigt, daß die Verholzeiten beim Becherwerk und bei der Sauganlage gleich groß sind; sie betrugen i. M. je 8 min.

Die erreichbare durchschnittliche Förderleistung ist von der Schütthöhe des Getreides, von der Zahl der Arbeiter im Schiff und von der Getreidebeschaffenheit abhängig. Von größtem Einfluß auf die Leistung ist die Schütthöhe, die bei Flußschiffen bis zu rd. 2 m beträgt. Bei geringer Schütthöhe sinkt sowohl beim Becherwerk als auch bei der Sauganlage die Leistung beträchtlich, da das zu fördernde Getreide dem Getreideaufnehmer (Düse oder Flacheisenkorb) zugeschaufelt werden muß. Bei der Sauganlage liegen die Verhältnisse besonders günstig. Die Saugdüse kann wegen der beweglichen Förderleitung überall im Schiffsraum leicht herumgeführt werden. Bei Restarbeiten wird daher der Zuschaufelweg für das Getreide auf ein Mindestmaß herabgesetzt. Der Düsenführer kann außer der Bedienung der Düse das Getreide heranschaufeln. Weitere Arbeitskräfte sind nicht erforderlich. Bei der Becherwerkentladung muß dagegen wegen der Unbeweglichkeit des Schiffsbecherwerkes, theoretisch betrachtet, bei einer Abnahme der Getreideschichthöhe die Zahl der Arbeitskräfte zunehmen, da sich die Zuschaufelwege mit der Entleerung des Schiffsraumes vergrößern. Die Zahl der Zuschaufler ist aber durch die Größe des Schiffsraumes begrenzt, da die Arbeiter einander leicht behindern.

Die Eigenschaften des Getreides: Oberflächenbeschaffenheit, Form und Zusammensetzung, Eigenluft, spezifisches Gewicht und Temperaturschwankungen längs des Förderweges sind vor allem bei der Sauganlage von Einfluß auf die erreichbare Leistung. Abb. 1 und 2 zeigen die Entladung verschiedener Getreidearten durch eine Sauganlage und ein Becherwerk. Die Förderhöhen und Förderlängen, die Größe der Schiffsräume waren dieselben. Ebenfalls waren, abgesehen von Hafer, die spezifischen Gewichte annähernd gleich. Man erkennt, daß bei der Sauganlage im Gegensatz zum Becherwerk je nach Getreideart die Leistungen ganz verschieden ausfallen. Es ist deshalb sehr schwierig, für einer Sauganlage die durchschnittliche Leistung zu bestimmen. Zu der Größe der Leistung ist zu bemerken, daß sie bei den heutigen Umschlagverhältnissen 80 t/h nicht überschreiten sollte. Es wäre unwirtschaftlich, mit der Leistung wesentlich höher zu gehen. Bei der Sauganlage müßten nach Beendigung der Arbeit aus dem vollen Getreidehaufen die Winkel- oder Restsaugdüsen angekuppelt werden. Die allergrößte Zeit würde mit Restarbeiten verbracht; diese bedingten aber einen sehr hohen Kraftverbrauch, bezogen auf eine geförderte Tonne, wegen der größeren Leerlaufarbeit der Anlage. Beim Becherwerk würde ebenfalls die Leistung wegen der großen Zuschaufelarbeit nicht ausgenutzt werden. Für die Flußschiffentladung dürfte die wirtschaftlichste Leistungsfähigkeit der Anlage bei 50 t/h liegen. In dem einen oder andern Falle wird

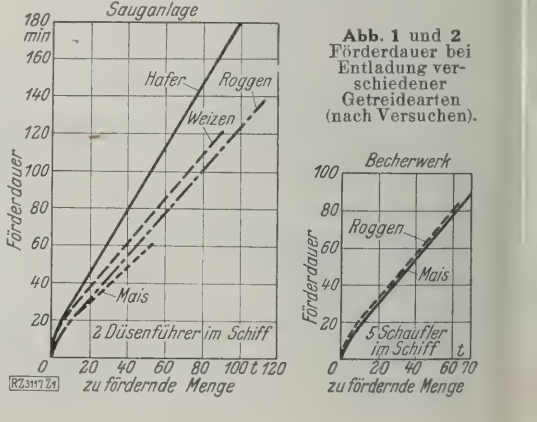



**Abb. 1 und 2** Förderdauer bei Entladung verschiedener Getreidearten (nach Versuchen).

[1]) s. a. *P. Schröder*, Die Entladung von Getreideflußschiffen durch Becherwerke und Sauganlagen in technischer und wirtschaftlicher Beziehung; „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 21 (1928) S. 273 u. f.

sonders die Leistung der Sauganlage geringer zu bemessen sein, damit sich die Leerlaufleistungen vermindern.

Über die Größe des Leerlaufs gibt für je drei von mir untersuchte Sauganlagen und Becherwerke Zahlentafel 1 Aufschluß. Es wird noch mehr das Bestreben der Herstellungsfirmen sein, die Saugleitung, die biegsamen Schläuche und die Düsen so leicht zu bauen wie möglich, um dem Düsenführer ein leichtes Herumführen der Düsen zu ermöglichen und so die Leerlaufzeit herabzusetzen. Wenn auch bei leichter Ausführung der Düsen und der Schläuche ein schnellerer Verschleiß eintreten wird, so werden die damit verbundenen Unterhaltkosten durch die leichte Bedienung wieder aufgehoben. Auf gut biegsame Schläuche ist großer Wert zu legen. Bei der Flußschiffentladung sollte man für jede Düse nicht über 25 bis 30 t/h Leistung hinausgehen, da andernfalls die Förderleitung zu unhandlich wird; durch die Beförderung der Rohre können bedeutende Mehrkosten entstehen.

Zahlentafel 1. Angaben über je drei untersuchte Sauganlagen (*S*) und Becherwerke (*B*)

| Anlage | Förderhöhe m | Förderlänge m | Gewährleistete Leistung t/h | Antriebmotor für Pumpe kW | Antriebmotor für Schleuse kW | Antriebmotor für Becherwerk kW | Leerlaufleistung kWh |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $S_1$ | 9,0 | 10,0 | 50 | 72 | 2,05 | — | 24,0 |
| $S_2$ | 15,5 | 46,0 | 80 | 129 | 4,40 | — | 46,0 |
| $S_3$ | 17,0 | 17,3 | 50 | 75 | 3,70 | — | 33,2 |
| $B_1$ | 11,4 | 7,3 | 50 | — | — | 3,7*) | 0,9 |
| $B_2$ | 16,0 | 45,0 | 60 | — | — | 22,0**) | 4,85 |
| $B_3$ | 16,0 | 24,0 | 50 | — | — | 22,0**) | 4,80 |

*) Antrieb nur für Schiffsbecherwerk.
**) Antrieb für Schiffsbecherwerk, Uferbecherwerk und Förderband zum Speicher.

Den spezifischen Kraftverbrauch für die in Zahlentafel 1 angeführten Anlagen geben Abb. 3 und 4 wieder. Die Kurven zeigen deutlich, wie bei einer Zunahme der Förderleistung der Kraftverbrauch für die Sauganlagen sehr stark abfällt und sich asymptotisch der Abszisse nähert. Je mehr Getreide gefördert wird, um so wirtschaftlicher arbeitet die Anlage. Ebenfalls ersieht man die Abhängigkeit des Kraftverbrauchs von der Förderhöhe und Förderlänge aus einem Vergleich der Kurven für die Sauganlagen. Je kürzer der Förderweg, desto geringer der Kraftverbrauch. Die Förderwege sind deshalb für die Sauganlagen auf ein Mindestmaß herabzusetzen. Nach Möglichkeit sollte die Sauganlage nur zur Förderung des Getreides vom Schiff bis an Land dienen, während für die Weiterbeförderung zum Lagerplatz Becherwerke oder Bänder zu verwenden sind. Dadurch hat man einerseits die Vorteile der Sauganlage bezüglich der bequemen Entladung und der geringen Anzahl der Arbeiter ausgenutzt, anderseits wird der Kraftverbrauch der Gesamtanlage herabgesetzt und die Wirtschaftlichkeit gehoben. Bei der Flußschiffentladung wird man damit rechnen müssen, daß der Kraftverbrauch der Sauganlagen 8- bis 14mal so groß ist wie der der entsprechenden Becherwerke.

Nachteilig jedoch wirken für das Becherwerk die hohen Lohnkosten, die durchschnittlich doppelt so groß sind wie bei den Sauganlagen, wenn man dieselbe Leistung erreichen will. Bei 50 t/h Leistung sind bei der Sauganlage drei Arbeiter (zwei Düsenführer und ein Maschinist), dagegen beim Becherwerk sechs Arbeiter (fünf Schaufler und ein Maschinist) notwendig.

Abb. 5 und 6 geben die Gesamtförderkosten für eine Sauganlage ($S_2$) und für das entsprechende Becherwerk ($B_2$) bei 50 und 60 t/h Leistung wieder. Die Stromkosten wurden mit 10 ₰/kWh und die Lohnkosten mit 120 ₰/h angesetzt. Man erkennt, daß bei der Sauganlage die Stromkosten und

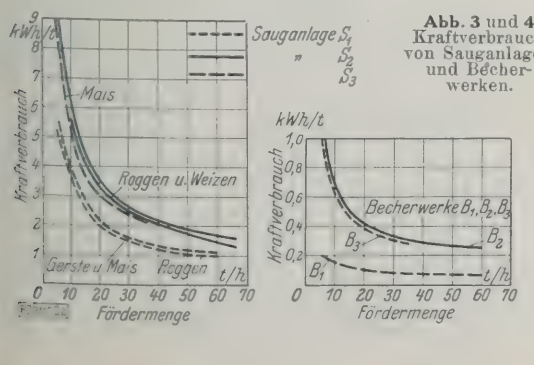



**Abb. 3 und 4** Kraftverbrauch von Sauganlagen und Becherwerken.

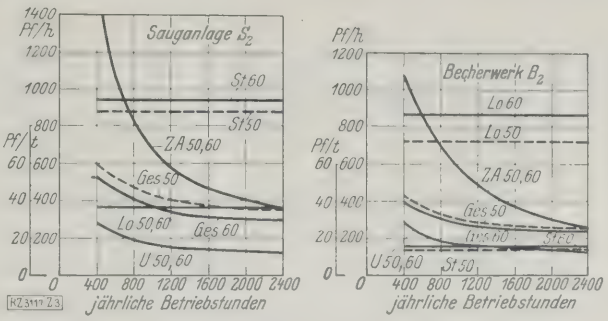



**Abb. 5 und 6**
Förderkosten in Abhängigkeit von den jährlichen Betriebstunden.
*ZA* Verzinsungs- und Abschreibungskosten } *Rpf*/h
*St* Stromkosten; *Lo* Lohnkosten
*U* Unterhaltkosten
*Ges* Gesamtförderkosten ($ZA + St + Lo + U$) in *Rpf*/t

beim Becherwerk die Lohnkosten von ausschlaggebender Bedeutung sind. Bei den Lohnkosten ist angenommen, daß die zum Entladen der Schiffe notwendigen Arbeiter anderweitig im Betriebe Beschäftigung finden, wenn die Anlage stillsteht. Ungünstig können sich aber Unterbrechungen — verursacht durch die winterliche Eissperre oder durch Hochwasser — auswirken. Da bei solchen Arbeitsunterbrechungen die ganze Belegschaft nach Möglichkeit durchgehalten werden muß, so werden die dadurch entstehenden Lohnkosten bei der Sauganlage wegen der geringeren Bedienungsmannschaft kleiner sein, dagegen sind allerdings die Verzinsungs- und Abschreibungskosten höher. Bei 1200 jährlichen Betriebstunden ergibt sich nun eine Ersparnis der Gesamtförderkosten von 2400 ℳ für $B_1$ bei 40 t/h und für $B_2$ bei 50 t/h von 6090 ℳ gegenüber den entsprechenden Sauganlagen. Von den 2400 oder 6090 ℳ können die drei Arbeiter, die für die Bedienung der Becherwerke $B_1$ und $B_2$ mehr erforderlich sind, 83 oder 210 Tage bei achtstündiger Arbeitzeit entlohnt werden. Diese Zeit dürfte für die vorkommenden Arbeitsunterbrechungen bei weitem ausreichen. Bei geringerem Strompreis werden für die Sauganlagen die Wirtschaftsverhältnisse wesentlich anders. Beträgt z. B. der Strompreis nur 5,8 ₰/kWh, so sind die Gesamtförderkosten für Sauganlage und Becherwerk gleich. Vorbedingung für die Wirtschaftlichkeit der Sauganlage ist das Vorhandensein einer billigen Kraftquelle.

Der Sauganlage wird bei sehr geringem Beschäftigungsgrade, bei niedrigem Strompreis und bei hohen Arbeitslöhnen der Vorzug zu geben sein. Ebenfalls ist die Sauganlage am Platze, wenn sich aus den örtlichen Verhältnissen irgendwelche Bauschwierigkeiten ergeben, z. B. wenn der Förderweg über eine Straße geleitet werden muß. Für eine Rohrleitung wird in diesem Falle die Bauerlaubnis eher erteilt werden als für eine Bandstraße.

### Entladung der Seeschiffe

Bei den Seeschiffen nimmt die Sauganlage eine beherrschende Stellung ein. Die schwimmenden Saugluftförderer (genannt Heber) konnten sich wegen vieler Vorteile gegenüber den Becherwerken in kurzer Zeit das Gebiet in den Seehäfen erorbern. Hier soll nur kurz auf diese Vorteile eingegangen werden. Die Liegezeit wird durch die Heber wegen ihrer größeren Beweglichkeit und Leistungsfähigkeit (bis zu 300 t/h je Heber) bedeutend verkürzt. So wurde ein 7500 t-Dampfer mit den Hebern in drei Tagen gelöscht, hingegen mit dem Becherwerk erst in 6½ Tagen[2]). Die Zeit für das Verholen und Fertigmachen der Anlagen ist hierbei berücksichtigt. Ferner sind die Lohnkosten wesentlich geringer, da durch Verlängerung oder Verkürzung der Saugleitung und durch Einsetzen von biegsamen Schläuchen die Zuschaufelarbeit gegenüber den Becherwerken sehr gering ist. Die bewegliche Rohrleitung ist bei unruhigem Wasser sehr von Vorteil. Bei der Becherwerkentladung besteht leicht die Gefahr, daß das Schiff oder das Becherwerk beschädigt werden. Außerdem sind die Heber vom Wasserstand, von Wind und Wetter und von der Lage und Größe der Schiffsluken unabhängig. Hat das Schiff Getreide und Stückgut geladen, so können Sauganlage und Kran bequem zusammenarbeiten. Das Getreide wird nach der langen Seefahrt gut entlüftet und somit die schädliche Pilzbildung unterbunden.

Wegen all dieser Vorteile der Sauganlagen hat das Becherwerk in den Seehäfen seine Daseinsberechtigung verloren. In Rotterdam und Hamburg wurden 1925/26 rd. 90 vH der Gesamteinfuhr an Getreide mit Saughebern umgeschlagen[3]). [M 3117]

[2]) Zeitschr. f. Binnenschiffahrt Bd. 45 (1913) Heft 24.
[3]) „Werft, Reederei und Hafen" Bd. 8 (1927) S. 354.

# Das Institut für Strömungsmaschinen an der Technischen Hochschule Karlsruhe

*Von Prof. W. SPANNHAKE, Karlsruhe*

*Die Einrichtungen des Instituts werden beschrieben und dabei einige leitende Grundgedanken betont. Besonders bemerkenswert ist die Modellversuchsanstalt für Turbinen. Trotz geringster Abmessungen gestattet sie einwandfreie Modellversuche über Wirkungsgrad- und Kavitationseigenschaften und ermöglicht durch Verwendung von Druck- und Saugpumpen besonders starke Veränderungen des Gesamtgefälles sowie seiner Aufteilung in Druck- und Sauggefälle bei den verschiedensten Wassermengen. Ein Teil ihrer Einrichtungen wird auch für den Pumpenversuchstand benutzt.*

*In der allgemeinen Beschreibung der Einrichtungen werden zwei Sonderversuchstände zur Klärung von Einzelfragen aus dem Gebiete der Strömungsmaschinen erwähnt und einige auf ihnen gewonnene Ergebnisse mitgeteilt.*

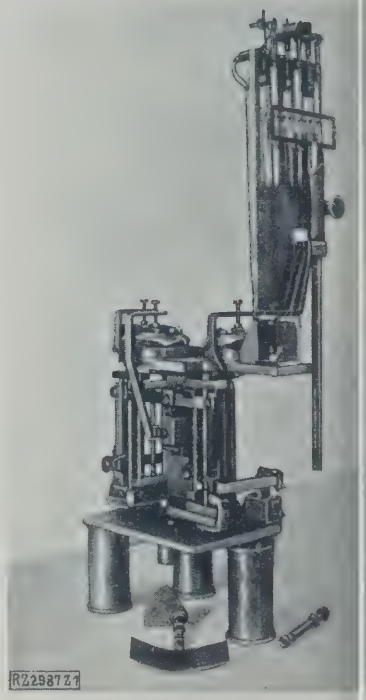



**Abb. 1**
Schaufelwaage.

## Allgemeines

Als im Jahre 1921 in Karlsruhe ein Lehrstuhl für Technische Strömungslehre und Strömungsmaschinen errichtet wurde, kam in den Berufungsverhandlungen sogleich zum Ausdruck, daß auch ein Laboratorium für das genannte Lehrgebiet entstehen müsse. Die Verhältnisse lagen insofern günstig, als durch den damals gerade vollendeten Neubau der Bauingenieurabteilung, einschließlich des in ihm enthaltenen großen, neuzeitlich eingerichteten Flußbaulaboratoriums, die alten Räume des gleichen Laboratoriums frei geworden waren.

Da ich bereits während meiner Tätigkeit in der Praxis immer den Grundsatz vertreten hatte, daß die Versuchsanstalten für Turbinen und Pumpen so klein wie irgend möglich zu machen sind, um an Versuchs- und Betriebskosten sparen und dafür die Zahl der Versuche erhöhen zu können, so schien mir der zur Verfügung stehende Raum ausreichend zu sein. Ja, es gelang sogar auf 40 vH der zur Verfügung stehenden Grundfläche eine Turbinen-Versuchsanstalt für Wirkungsgrad- und Kavitationsversuche unterzubringen, in der bis 450 l/s in Umlauf gebracht und Gefälle bis zu 12 m mit beliebiger Aufteilung in Saug- und Druckgefälle hergestellt werden können. Der benutzte Raum hat 110 m² Grundfläche und 7 m Höhe für Keller- und Erdgeschoß zusammen.

## Der Modellmaßstab

Die Frage der Größe der Modellräder (und damit der Leistungen und Drehzahlen) mußte sorgfältig erwogen werden. Heute liegen unter andern zwei wichtige Erfahrungen vor: Ein Modellrad mit einer spez. Drehzahl $n_s = 305$ U/min und 180 mm Dmr. ergab bei 5 m Gefälle und etwa 5,5 PS Leistung einen Wirkungsgrad von 84,5 vH, während ein genau ähnliches Rad von 460 mm Dmr. bei 4,5 m Gefälle und 50 PS Leistung in der Versuchsanstalt der ehemaligen Firma Briegleb, Hansen & Co., einen Wirkungsgrad von 85,5 vH ergeben hatte. Ein Kaplan-Modellrad von 230 mm Dmr. hatte bei 4,8 m Gefälle und etwa 10 PS Leistung bei Anordnung eines senkrechten, geraden Saugrohres 87,5 vH Wirkungsgrad. Die Modellversuche wurden für die Turbinen des Oberrheinischen Kraftwerkes Ryburg-Schwörstadt, die 7 m Dmr. erhalten und von denen man über 90 vH Wirkungsgrad erwartet, ausgeführt. Diese Ziffern dürften zur Genüge beweisen, daß die Abmessungen der Versuchsanstalt und der Versuchsgegenstände für Modellversuche ausreichen.

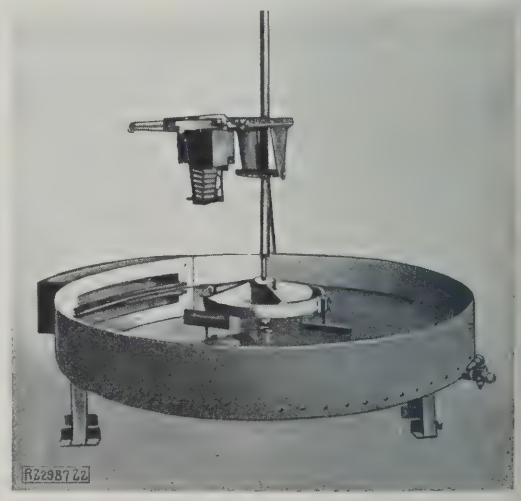
An dem Kaplan-Modellrad wurden eine große Reihe von Vergleichsversuchen mit Saugrohrkrümmern der verschiedensten Form und zur Bestimmung der Kavitationsgrenze durchgeführt.

## Die Einrichtungen

Die gesamten, heute bestehenden Versuchseinrichtungen sind unter verständnisvoller Unterstützung des Badischen Ministeriums für Kultus und Unterricht, insbesondere seines damaligen Hochschulreferenten, des Geheimen Oberregierungsrates Dr. h. c. *Schwoerer*, sowie durch Schenkungen der umliegenden Industrie und derjenigen Firmen, die die Versuchsanstalt benutzten, auf ihren jetzigen Stand gekommen. Das Laboratorium enthält außer einem Versuchsstand für Turbinen und einem für Pumpen auch Geräte und Einrichtungen zur Vornahme von Sonderversuchen, die die Strömungsvorgänge in Strömungsmaschinen durch Einzeluntersuchungen klären sollen. Die zwei wichtigsten unter den Einzeluntersuchungen, die bisher ausgeführt worden sind, sollen im folgenden kurz erwähnt werden: Die erste Versuchsreihe umfaßte Kraftmessungen an Schaufeln, die, entsprechend den Leitradschaufeln, in einem Kreisgitter angeordnet waren. Hierbei wurde die Schaufelzahl von 1 bis 24 und für jede Schaufelzahl der Anstellwinkel zwischen 15° und 75° geändert. Die Kräfte wurden in ähnlicher Weise wie in der Göttinger Versuchsanstalt für Luftfahrt gemessen, wofür besondere Schaufelwaagen konstruiert wurden, Abb. 1.

Bei der zweiten Versuchsreihe wurden die Strömungen um umlaufende Schaufeln in einem kreiszylindrischen, oben offenen Gefäß von großem Durchmesser beobachtet, Abb. 2. Hier konnten die Strömungsbilder durch

**Abb. 2**
Versuchseinrichtung zur Beobachtung von Strömungen, die bei umlaufenden Schaufeln entstehen.



Aufstreuen von Aluminiumpulver sichtbar gemacht und im Lichtbild festgehalten werden, Abb. 3 und 4. In Abb. 4 erkennt man beachtenswerte Wirbelablösungen an den Schaufelenden, die den periodisch auftretenden Wirbeln der *Kármánschen* Wirbelstraße entsprechen und einen großen Teil des Kraftbedarfes für Pumpen beanspruchen, wenn diese nicht fördern[1]).

Das Schema der

**Modellversuchsanstalt für Turbinen**

zeigt Abb. 5. Die Turbine $t$ ist dort mit senkrechter Welle und geradem, kegelförmigem Saugrohr gezeichnet; es können aber auch waagerechte Wellen und Saugrohrkrümmer eingebaut werden. Die Turbine sitzt in einem Druckkessel $k_1$. Ihre Welle tritt durch eine Stopfbüchse aus dem Kessel heraus und trägt eine Bremsscheibe $b$ mit Pronyschem Zaum. Das Moment wird durch Hebeldruck auf eine Waage gemessen. Die Bremse wird selbsttätig geregelt, indem die geringen Ausschläge der Waage einen Elektromotor steuern, der am Bremsband zieht.

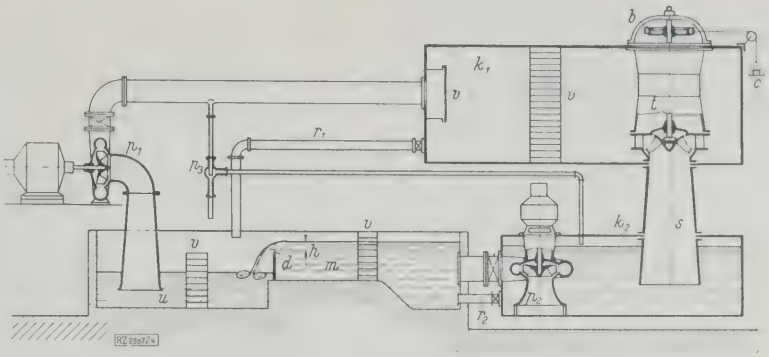



Abb. 5. Modellversuchsanstalt für Turbinen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| $b$ Bremsscheibe | $m$ Meßkanal | $s$ Saugrohr der Turbine |
| $c$ Bremsgewicht | $p_1$ Druckpumpe | $t$ Versuchsturbine |
| $d$ Wehrkante | $p_2$ Saugpumpe | $u$ Pumpensumpf |
| $h$ Überfallhöhe | $p_3$ Luftpumpe | $v$ Beruhigungsvorrichtungen |
| $k_1$ Druckkessel | $r_1$ } Regulier-Ablaß | |
| $k_2$ Saugkessel | $r_2$ } | |

Der Druckkessel wird durch die Pumpe $p_1$ unter Druck gesetzt, die aus dem Pumpensumpf $u$ Wasser ansaugt und es der Turbine $t$ zudrückt. Im Druckkessel sind Beruhigungsvorrichtungen und Gleichrichter $v$ vorgesehen. Von der Turbine strömt das Wasser durch das Saugrohr $s$ in einen Saugkessel $k_2$, aus dem das Wasser mittels der Wasserpumpe $p_2$ und die Luft mittels der Luftpumpe $p_3$ nach Belieben abgesogen werden.

Die Pumpe $p_2$ fördert das Wasser in den Meßkanal $m$, wo seine Menge durch die Überfallhöhe $h$ über der Kante $d$ gemessen wird. Hinter dem Überfall fällt das Wasser in den Pumpensumpf $u$, von dem aus der Kreislauf von neuem beginnt. Durch Regeln der Druck- und Saugpumpen mit Hilfe ihrer Antriebmotoren und durch Drosseln der Leitungen kann man innerhalb der Leistungsfähigkeit der Pumpen jedes Gesamtgefälle und dieses beliebig aufgeteilt in die Anteile des Druck- und Sauggefälles bei gegebener Wassermenge herstellen. Gerade diese Eigenschaft der Versuchsanstalt ist besonders wertvoll. Nebenbei bemerkt, kann man von einer Aufteilung des Gesamtgefälles in eine andre in etwa 10 min übergehen. Den eingangs erwähnten Kavitationsversuchen kam dies sehr zustatten.

Da sich kleinere Schwankungen des Beharrungszustandes und damit auch der Durchflußmenge an der Turbine nicht vermeiden lassen, so muß man den Druck im Druckkessel und die Luftleere im Saugkessel durch Druckregelungen selbsttätig konstant halten. Diese bestehen aus zusätzlichen Nebenkreisläufen, die Wasser durch eine Leitung $r_1$ aus dem Druckkessel in den Pumpensumpf $u$ oder durch eine Leitung $r_2$ aus dem Meßkanal $m$ in den Saugkessel $k_2$ zurücklassen. Diese Nebenströmungen werden bei sinkendem Druck im Kessel $k_1$ oder steigendem in $k_2$ schwächer und im umgekehrten Fall stärker angestellt.

Zum Teil sind im Druckkessel $k_1$, der in zwei Stockwerken ausgeführt ist, die Druckregelungen durch Streichwehre ersetzt. Über diese fällt das nicht von der Turbine geschluckte Wasser unter Einhaltung eines freien Oberwasserspiegels in Seitenräume, aus denen es durch Überlaufrohre in den Pumpensumpf zurückläuft. Zwei solche Streichwehre sind vorhanden, mit denen sich Druckgefälle von 4,5 und 2 m einhalten lassen. Alle andern Druckgefälle werden mit geschlossenem Druckkessel und der beschriebenen Druckregelung untersucht. Sämtliche wichtigen Schieber werden elektrisch bewegt und vom Beobachtungsstand aus durch Druckknöpfe eingestellt.

Für Freistrahlturbinen vereinfacht sich naturgemäß die Versuchseinrichtung, da es hier keine Sauggefälle gibt. Die Düsenkonstruktion des Peltonrades wird mittels einer Rohrleitung an den Druckkessel $k_1$ angeschlossen, und das Wasser fließt vom Laufrad unmittelbar in den Meßkanal $m$.

**Modellversuchsanstalt für Pumpen**

Auch zur Untersuchung von Pumpen benutzt man nur den Pumpensumpf $u$, Abb. 6, und den Meßkanal $m$ und braucht das Druckrohr $r$ der Pumpe nur vor der Beruhigungsvorrichtung $v$ in diesen zu leiten. Große Saughöhe erhält man durch Drosseln der Saugleitung, große Druckhöhe durch Drosseln der Druckleitung. Dabei ist darauf geachtet, daß die Drosselteile $b$ genügend weit von der Pumpe entfernt sind und zentrisch in den Rohrleitungen sitzen, damit die unmittelbare Zu- und Abströmung an der Pumpe nicht gestört wird. Die zugeführte Leistung wird durch den Torsionskraftmesser $a$, Bauart Bamag, zwischen Antriebmotor und Pumpe gemessen, wenn die Messung der Motorleistung auf elektrischem Wege nicht genügt.

[1]) Für weitere ähnliche Versuchsreihen hat die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft einen Kino-Aufnahmeapparat für eine Aufnahmezahl bis 120 in der Sekunde zur Verfügung gestellt, den die Firma Apparatebau Freiburg, Lyta-Kino-Werke geliefert hat. Für einen bestimmten Versuchsplan von Einzeluntersuchungen hat die Notgemeinschaft einen namhaften Betrag bewilligt.

Abb. 3 Strömungen, die mit der Versuchseinrichtung Abb. 2, beobachtet werden.

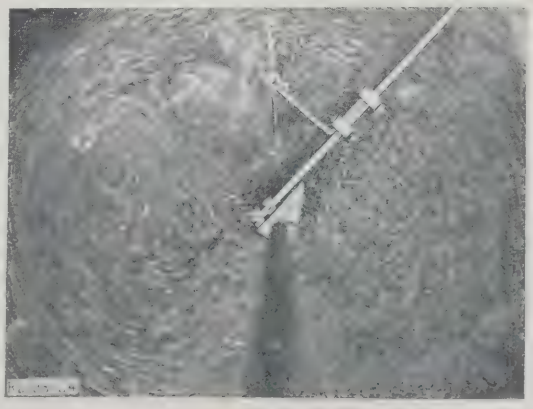


Abb. 4 Wirbelablösungen, ähnlich der Kármánschen Wirbelstraße, die den Kraftbedarf von Pumpen stark beeinflussen, wenn sie nicht fördern.

Die räumliche Anordnung ist wesentlich gedrängter, als sie nach den schematischen Abbildungen 5 und 6 zu sein scheint. An Stelle einer Druckpumpe sind drei von verschiedener Leistung und an Stelle einer Saugpumpe zwei von gleicher Leistung vorhanden. Sämtliche Pumpen werden von Gleichstrommotoren mit Feldregelung angetrieben, so daß die Drehzahlen in weiten Grenzen geändert werden können. Auf diese Weise sind die stärksten Änderungen von Wassermengen und Gefällen möglich. Die Motoren der Druckpumpen der Turbinenversuchsanstalt leisten insgesamt 55 PS, die Leistung der beiden Saugpumpen ist ungefähr die gleiche. Für den Pumpenversuchstand steht vorläufig ein Motor von etwa 25 PS Leistung zur Verfügung, doch ist auch hier eine Steigerung vorgesehen. Sämtliche Pumpen hat die Firma Klein, Schanzlin & Becker, Frankenthal, hergestellt.

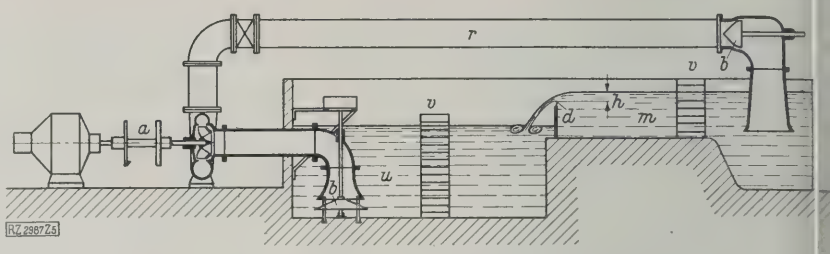



**Abb. 6.** Modellversuchsanstalt für Pumpen.

*a* Torsionskraftmesser
*b* Drosselteile
*d* Wehrkante
*h* Überfallhöhe
*m* Meßkanal
*r* Druckrohrleitung
*u* Pumpensumpf
*v* Beruhigungseinbauten

Durch besondere Anordnung der Rohrleitungen ist es möglich, die vorhandenen Pumpen bei ungewöhnlichen Betriebzuständen laufen zu lassen, deren Untersuchung unter Umständen zur Klärung von Strömungsvorgängen dient. So können z. B. die aufgestellten Druckpumpen umgekehrt als Turbinen laufen; man kann ferner durch eine Pumpe das Wasser in umgekehrter Richtung strömen lassen und damit die gewöhnliche Pumpencharakteristik über die Fördermenge null hinaus erweitern. So ergab sich für eine Kreiselpumpe von 200 mm Stutzenweite bei 35 l/s Wassermenge und 3,2 m Förderhöhe ein Wirkungsgrad von 71 vH. Lief das gleiche Rad als Turbine r umgekehrter Drehrichtung bei 4 m Gefälle und 50 Wassermenge, so ergab sich 79 vH Wirkungsgrad. Au für Kavitationsversuche werden die angegebenen Sch tungsmöglichkeiten verwendet.

Das Institut wird dauernd erweitert, nicht etwa Leistungen und Raumbedarf des Turbinen- und Pump versuchstandes zu steigern, sondern um weitere, klein Versuchstände für besondere strömungstechnische Einz versuche — ähnliche wie die oben beschriebenen — unt zubringen. Der anfänglich zur Verfügung gestellte Ra ist heute schon außer durch die Turbinen- und Pump versuchsanstalt durch Einzelversuchstände und durch e kleine Werkstatt besetzt. Ein weiterer Kellerraum ist Zwecke des Instituts freigemacht worden. Es ist fer geplant, eine Abteilung für Untersuchungen aus den A wendungsgebieten der Aerodynamik anzugliedern.

[B 2987]

## Die Gewinnung von Beryllium

Das bei der Firma Siemens & Halske A.-G., Berlin, benutzte Verfahren der Berylliumgewinnung[1]) stützt sich auf das von *Stock* und *Goldschmidt* angegebene Arbeitsverfahren und ergibt im Gegensatz zu den andern bisher angewandten Verfahren dichte Reguli des Metalles. Beryllium wird ähnlich wie Aluminium durch Schmelzflußelektrolyse gewonnen, und zwar muß die Schmelze eine Temperatur haben, die höher ist als der Schmelzpunkt des Berylliums (etwa 1285°); gerade hierin liegt die grundlegende Schwierigkeit der Gewinnung, da die meisten Salze, die an sich geeignet wären, bei dieser Temperatur bereits verflüchtigt sind. Ferner ist die besonders starke Oxydierbarkeit des Berylliums bei den hohen Abscheidungstemperaturen zu bedenken. Bei diesen Temperaturen macht auch die Auswahl der Baustoffe für die Elektrolyseure und die apparative Anordnung Schwierigkeiten. Als Elektrolyt benutzt man Berylliumoxyfluorid mit einem die Leitfähigkeit hervorrufenden Zusatz von Bariumfluorid. Bei Verwendung von Berylliumoxyfluorid kann man die Elektrolyse im fortlaufenden Arbeitsgange durchführen; ferner ist es auf einfache Weise aus dem Mineral Beryll herzustellen[2]).

Das Beryllium gewinnt man in einer Ofenanlage, Abb. 1. Der Tiegel zur Aufnahme des Schmelzelektrolyten besteht aus Acheson-Graphit; er ist zur Beschränkung des Abbrandes mit einem vom Wasser durchflossenen Kühlrahmen bedeckt. Der Tiegel selbst bildet die Anode, während als Kathode ein hohler, wasserdurchflossener, etwa 1 cm dicker Stab aus schwedischem Flußeisen dient. Ein über dem Tiegel angebrachter Abzug fängt die bei der Elektrolyse flüchtiggehenden Sublimate auf, um sie unschädlich zu machen oder für eine etwaige spätere Wiederverwendung zurückzuhalten. Die Gase werden in einen bleiernen Wäscher geleitet und hier durch Wasser gesogen, wobei sich alle festen und wasserlöslichen Bestandteile abscheiden.

Der Tiegel wird mittels elektrischen Stromes angeheizt und ein leicht schmelzbares Gemisch aus Natriumfluorid und Berylliumoxyfluorid in möglichst geringer Menge hineingegeben. Darauf wird die Kühlkathode hineingesenkt und die Elektrolyse in Gang gebracht. Nachdem man durch ständiges Steigern der Stromstärke die Schmelze auf helle Rotglut gebracht hat, wird die Bariumfluorid-Berylliumoxyfluorid-Mischung hinzugeben. Bei etwa 1400 ° ersetzt man die Kühlkathode dur eine neue, die man bis auf die Elektrolytoberfläche sen An der Kathode scheidet sich jetzt Beryllium ab; sobald si ein genügend starker Metallansatz gebildet hat, wird d Kathode ein wenig gehoben, und dies im Laufe der Elektr lyse in regelmäßigen Abständen wiederholt. Auf die Weise gelingt es, das Metall in Stangenform zu erhalte Eine Verarmung des Elektrolyts wird durch laufendes Nac tragen eines Gemisches aus Bariumfluorid und Berylliu oxyfluorid oder nur des letzteren aufgehoben.

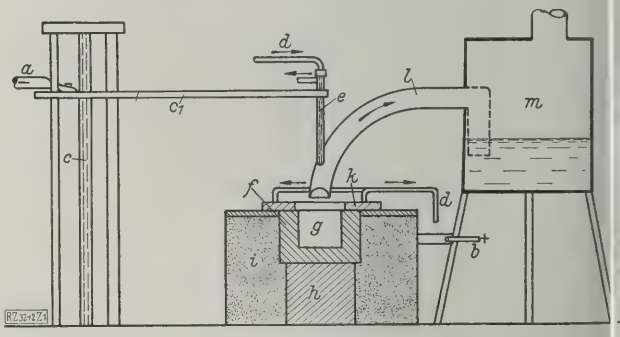



**Abb. 1**
Ofenanlage zur Berylliumgewinnung der Siemens & Halske A.-G. Berlin.

*a* Stromzuführung negativ
*b* „ positiv
*c* Kathodengestell
*c*1 beweglicher Kathodenhalter
*d* Kühlwasser
*e* Kühlkathode
*f* Graphittiegel (Anode)
*g* Elektrolyt
*h* Graphitblock
*i* Kohlengrieß
*k* Kühlrahmen
*l* Abzug
*m* Wäscher

Das gewonnene Metall hat eine Reinheit von etw 99,5 vH, die Stromausbeute beträgt etwa 75 bis 80 vH, d Metallausbeute etwa 90 vH. Der Gesamtenergiebedarf fü die Gewinnung von 1 kg Beryllium beträgt rd. 100 kW während man vergleichsweise bei der Aluminiumgewinnu etwa 30 kWh verbraucht. Durch Zusatz von Schwermetalle in Pulverform, die auf den anodisch geschalteten Tiegeboden fallen und anodisch aufgelöst werden, können unmi telbar Berylliumlegierungen, gleichfalls in Stangenfor gewonnen werden. Derartige Legierungen eignen sich gu als Vorlegierungen für die Herstellung der technisch wich tigen Berylliumlegierungen. [M 3242] *Jkl.*

[1]) Wissenschaftliche Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern Bd. 8 (1929) Nr. 1 S. 47. Vergl. Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 159.
[2]) DRP 375 824.

# RUNDSCHAU

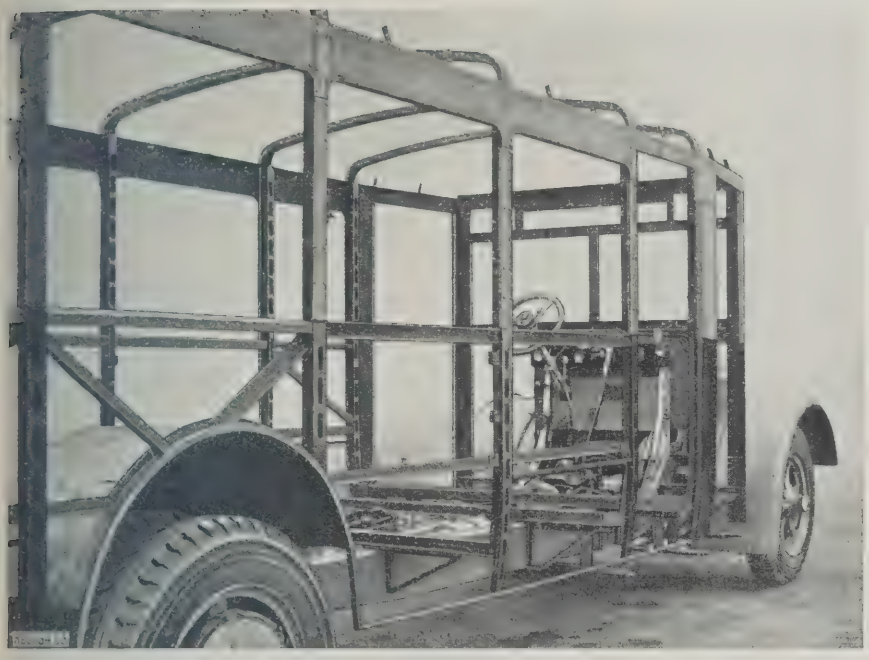


**Abb. 1**
Das Rahmenwerk eines Omnibusaufbaues.

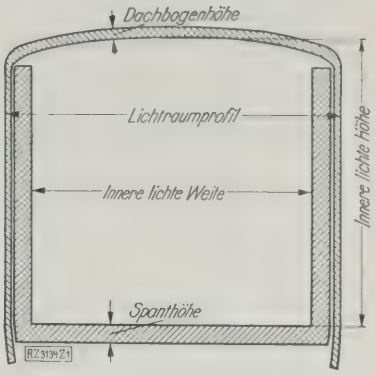



**Abb. 2.** Ineinander verschiebbare Spantenrahmen nach MAN.

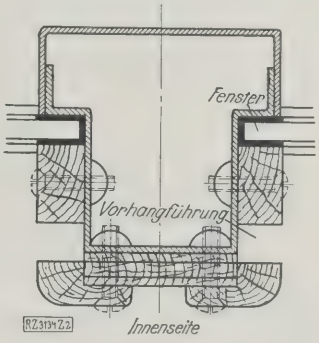



**Abb. 3.** Seitenwand-Hohlsäule für eiserne Omnibusaufbauten.

## *Kraftfahrzeuge*

### Genormte eiserne Aufbauten für Kraftomnibusse

Der mit Beginn der Reisezeit sich alljährlich belebende Verkehr bringt durch Eröffnung neuer Omnibuslinien und Außerdienstsetzung unbrauchbar gewordener Wagen den Verkehrsunternehmungen mitunter ganz plötzlich die Notwendigkeit, neue Fahrzeuge zu beschaffen. Die Wagenbauanstalten oder Kraftwagenfabriken halten für solche Fälle stets einige gebräuchliche Wagenbauarten vorrätig, doch ist den Verkehrsgesellschaften mit solchen typisierten Fahrzeugen nicht immer gedient, da sie Sonderwünsche in bezug auf Bauart und Ausstattung haben, die den örtlichen Verkehrsbedürfnissen angepaßt werden müssen.

Um daher trotz kurzer Lieferzeit Bestellern die für ihre Zwecke geeigneten Wagen in wirtschaftlichem Arbeitsgang liefern zu können, ist die Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, Werk Nürnberg, dazu übergegangen, die Einzelteile für eiserne Omnibusaufbauten, Abb. 1, zu normen. Unter Verwendung von vorbereiteten Baugliedern wurden drei Baumuster von Überlandomnibussen, darunter eine für die Deutsche Reichspost, trotz geringer Stückzahlen sogar im Fließverfahren hergestellt.

Die Möglichkeit für eine umfassende Normung der Einzelteile ergab sich aus der Eigenart der MAN-Spantenbauweise. Die Vollspanten des Wagenkastens bestehen aus zwei ineinandergeschobenen gepreßten Halbspanten, Abb. 2, die seitlich vernietet, neuerdings durch Punktschweißen verbunden werden. Der Oberspant, der gleichzeitig Dachträger ist, hat U-Querschnitt und wird bei Wagen mit Deckladeraum oben durch ein Winkeleisen verstärkt. Der Unterspant hat ebenfalls U-Querschnitt, jedoch mit seitlich abgebogenen Flanschen, Abb. 3, und bildet im Fahrgestell Querträger, die den Fußboden aufnehmen. Die Vereinigung dieser beiden Glieder ergibt Seitenwandsäulen mit T-förmigem Hohlquerschnitt, dessen hohe Widerstandfähigkeit gegen Verdrehung und gegen Knickung Versuche bestätigt haben.

Außen dienen diese T-Balken zum Anlegen der Fenster, Abb. 3, seitlich werden Leisten aufgesetzt, die dem herablaßbaren Fenster sowie dem Rollvorhang Führung geben, innen deckt eine breite Holzleiste die Eisensäule ab, so daß im Wageninnern nichts von der eisernen Bauart zu erkennen ist. Unterhalb der Fensterbrüstung werden an die Spanten Holzleisten gelegt, die dazu dienen, die innere Wandverkleidung in der Form von polierten Füllungen zu befestigen. Für alle Wagen erhalten diese Spanten gleiche Formen, Abb. 1; im allgemeinen beträgt ihre Breite 2300 mm. Die lichte Wagenhöhe läßt sich durch Verschieben der Halbspanten gegeneinander nach Bedarf verändern.

Für einen Wagenaufbau braucht man je nach Bauart und Fensterteilung zwischen 6 und 7 Spanten. Oberhalb der Fensterbrüstung bleiben die Spanten außen unverkleidet, unterhalb der Brüstung wird die äußere Seitenwand mit Blech verschalt. Man kann die Spanten daher in der neutralen Zone innen und außen aussparen und dadurch das Gewicht vermindern, ohne das Gerippe zu schwächen.

Nachdem die Fensterteilung festgelegt ist, werden die Spanten durch den um den ganzen Wagen herumgelegten aus einem Stück bestehenden, bandartigen Obergurt von U-förmigem Querschnitt miteinander verbunden. Dieser umklammert jeden einzelnen Spant und verleiht dadurch dem Gerippe hohe Steifigkeit. Die Brems- und Beschleunigungskräfte werden von Schrägstreben in der Seitenwand aufgenommen, während die Langstreben unter dem Brüstungsgurt als Seitenwandversteifung dienen. Sämtliche Gurte und Streben sind durch genormte Kappen mit den Spanten verbunden. Die Streben brauchen daher nur aus dem Winkelprofil auf Länge abgeschnitten, nach den Kappenbohrungen angerissen, gebohrt und dann mit diesen vernietet zu werden.

Als unterer Abschluß der Seitenwand dient ein schwaches Winkeleisen, um das das Verkleidungsblech aus Lautal herumgebördelt wird. Damit man beschädigte Blechtafeln leicht auswechseln kann, werden sie nicht mit dem Gerippe vernietet, sondern gegen Holzleisten neben den Spanten geschraubt; die Bleche werden also bei dieser Bauweise nicht in vollem Maß zum Tragen herangezogen. Durch Verwendung von Lautalblech vermindert sich das Gewicht des Aufbaues gegenüber Stahlblech um rd. 75 bis 80 kg. Das Kastengerippe mit den genormten Konsolen für die Trittbretter und Spanten wiegt bei 7 m Länge 370 kg, der fertige Aufbau 2110 kg.

Für die Normung eignen sich besonders auch die Außendrehtüren, von denen jeder Wagen drei erhält. Die vorderen Türen sind rechts und links gängig und sind, da die Ecksäulen unten nicht eingezogen werden, windschief. Die Tür in der hinteren Seitenwand dagegen ist unten beiderseits eingezogen. Aus diesem Grund und auch weil man Türen stets einpassen muß, hat man davon Abstand genommen, fertige Türen auf Vorrat zu legen, man begnügt

sich mit einer konstruktiven Normung, die darin besteht, daß die Türen nach der gleichen Zeichnung ausgeführt werden. Sie erhalten herablaßbare Fenster mit Kurbeltrieb und Roll- oder Schiebevorhänge.

Die Wahl des Baustoffes für die Türen hat lange zwischen Holz, Stahl und Leichtmetall geschwankt, bis man durch viele Versuche feststellte, daß eine Tür mit Stahlrahmen und Leichtmetallverkleidung um rd. 10 vH leichter als eine Eschenholztür ist; trotz der höheren Kosten hat man daher die Stahl-Leichtmetall-Bauweise angenommen, da der Gewichtsersparnis große Bedeutung zukommt.

Die Frage des Baustoffes für das Gerippe von Omnibusaufbauten ist heute zugunsten des Stahls als der Regel entschieden. Die hölzernen Aufbauten haben sich bei Großraumwagen als zu schwer und insbesondre bei hohen Geschwindigkeiten und den im Kraftwagenbetrieb auftretenden hohen Stoßbelastungen als zu wenig widerstandsfähig erwiesen. Sonderausführungen sind oft auch Wagen mit Leichtmetallgerippe, deren geringes Gewicht zwar die neuzeitlichen Ansprüche erfüllt, die sich aber wegen des hohen Preises bei uns noch nicht durchsetzen können. Die Deutsche Reichspost hat einige Kraftomnibusse, deren Aufbauten aus Lautal bei rd. 8,5 m Kastenlänge nur 1900 kg wiegen. Eiserne Aufbauten aus Preßteilen wiegen um rd. 15 vH weniger als hölzerne. Aufbauten mit Säulen und Spanten aus Walzeisen sind natürlich etwas schwerer als solche aus Preßteilen. [M 3134]

Nürnberg Dipl.-Ing. *E. Cramer*

## *Hüttenwesen*

### Wirtschaftliche Überlegungen bei Anschaffung und Betrieb elektrischer Widerstandöfen[1])

Maßgebend für die Wirtschaftlichkeit eines Ofens sind die Gesamtbetriebskosten, nicht die Wärmekosten allein. Die Gesamtbetriebskosten eines Ofens umfassen drei Teile: Wärmekosten, Löhne, Nebenkosten.

**Wärmekosten**

Im elektrischen Ofen wird Wärme im allgemeinen für drei Zwecke verbraucht: a) zur Erwärmung des Nutzgutes (wobei tot mitzuerwärmendes Gut, wie Einsatzkasten, Beschickvorrichtungen usw. zum Nutzgut gezählt wird); b) zur Deckung der Strahlungsverluste (einschließlich der Verluste durch Konvektion an der Ofenoberfläche); c) zur Deckung der Speicherwärme. Diese geht während der Betriebspausen zu einem größeren oder geringeren Teil verloren und muß dann beim Wiederanheizen des Ofens neu aufgebracht werden. — Bei der Ermittlung der Verluste ist die Erwärmungszeit zu berücksichtigen. Diese wird ausschlaggebend beeinflußt von der Dauer des Temperaturausgleichs im Gut. Dieser ist für einfache Formen und Werkstoffe, deren Werkstoffkennziffern bekannt sind, einer rechnerischen Behandlung zugänglich. Der Ausgleich der letzten kleinen Temperaturverschiedenheiten dauert unverhältnismäßig lange; die Erwärmung irgendeines Körpers wird also um so billiger, je weniger Anforderungen an Temperaturgleichmäßigkeit des Gutes gestellt werden.

**Löhne**

Sie lassen sich u. a. einteilen in Bedienungslöhne (z. B. Heizerlöhne beim brennstoffgefeuerten Ofen), Behandlungslöhne (z. B. Löhne für Einpacken beim Einsetzen) und Beschickungslöhne.

**Nebenkosten**

Sie haben oft sehr großen Einfluß auf die Gesamtkosten. Eine allgemeingültige Gliederung ist nicht möglich; für viele Fälle kann die nachfolgende gelten:

Bei den Nebenkosten am Werkstoff hat man zwischen Werkstoffverlust (z. B. Abbrand, Zunderbildung), Ausschuß, Nachbearbeitung und Weiterbearbeitung zu unterscheiden. Bei einem Ausschuß von $p$ vH (d. h. wenn von 100 Stück $p$ Stück verderben) ist die Verteuerung des Erzeugnisses größer als $p$ vH. Sie beträgt, wenn $B$ der Neuwert, $C$ der Altwert (Altwerkstoffwert), $A$ die Wärmekosten ohne Berücksichtigung des Ausschusses sind, und wenn man eine Wertzahl $b = \frac{B - C}{A}$ einführt, $a = 1 + b\frac{p}{100 - p}$. D. h. man muß $A$ mit $a$ multiplizieren, um die wahren Wärmekosten zu erhalten. Das Nachbearbeiten des Werkstoffes ist als unmittelbare Folge der Wärmebehandlung anzusprechen (z. B. Reinigung von Zunder). Zur Weiterbearbeitung gehören die Arbeitsgänge, die zeitlich auf die Wärmebehandlung folgen, ohne durch sie bedingt zu sein, soweit ihre Kosten von der Wärmebehandlung beeinflußt werden (z. B. Ziehen von Eisen oder Messing).

Nebenkosten am Ofen sind die Platzmiete (Vergleich des Platzbedarfes wird oft vergessen), die Abschreibung, die Ofenausbesserungen und Betriebsnebenkosten (z. B. Härtepulver, Schutzgas beim Blankglühen).

Einige der allgemeinen Unkosten können beim elektrischen Ofen niedriger sein als bei brennstoffgefeuerten (z. B. Feuerversicherung).

**Vergleich zweier Öfen**

1. Brennstoffgefeuerter Ofen und elektrischer Ofen. Beim Einsetzen des Wärmepreises beim Elektroofen ist der Einfluß des Ofenstromes auf die Kosten des sonstigen Stromverbrauchs in der Art zu berücksichtigen, daß die der Verbilligung entsprechenden Beträge dem Elektroofen gut zuschreiben sind. — Löhne und Nebenkosten betragen unter Umständen mehr als die Wärmekosten.

2. Mehrere elektrische Öfen. Die elektrischen Eigenschaften beurteilt man heute meist mittels abgeleiteter Kennzahlen (z. B. Wirkungsgrad, Leistungsfähigkeit). Diese Kennzahlen sind unzweckmäßig, unklar und unübersichtlich. An ihre Stelle sollten unmittelbare Kennzahlen treten. Als solche eignen sich: Verluste im Beharrungszustand bei der Arbeitstemperatur, gesamte Speicherwärme, Zahl der beheizten Flächen, Aufnahme in kW, Oberflächenbelastung der Heizelemente (in W/cm² Heizdrahtoberfläche). Ein Vergleich auf dieser Grundlage umfaßt nicht nur den Wärmeverbrauch, sondern gibt auch ein Bild über die voraussichtliche Lebensdauer der Widerstände. Es dürfte im Laufe der Zeit möglich sein, für die verschiedenen Kennzahlen Einflußziffern festzustellen, die sich nach dem Anwendungsbereich der Öfen richten können. Mittels der Einflußziffern könnte man wohl eindeutig die Öfen bewerten.

**Wirtschaftliche Betriebsführung**

Voraussetzung für eine wirtschaftliche Betriebsführung ist eine Anpassung der Ofenhalle und der Hilfsgeräte an den Ofen. Hier lassen sich, besonders in älteren Anlagen, noch viele Verbesserungen einführen. Die eigentliche Betriebsführung kann durch Aufstellen von Betriebsfahrplänen über eine längere Zeit — etwa eine Woche — große Ersparnisse erreichen. Durch Aneinanderreihen gleichartiger Arbeiten (Vermeidung von Temperaturwechsel), gute Ausnutzung des Ofens (hoher Füllungsgrad), Vermeidung von Pausen und Auskühlzeiten (zeitliche Ausnutzung) konnte man in einem bestimmten Falle Ersparnisse von rd. 40 vH im Stromverbrauch erzielen. Oft wird sich der Fahrplan wegen dringender Arbeiten mit kurzen Lieferzeiten nicht einhalten lassen. Es lassen sich aber die Mehrkosten, die dadurch entstehen, leicht ermitteln, was für eine richtige Betriebsbuchführung von sehr großem Werte ist. [N 3020]

Hennigsdorf b. Berlin Dr. *V. Paschkis*

### Über den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten

In der Arbeit[1]) sollte der Einfluß des Werkstoffs, der Düsenform, der Zugabnahme, der voraufgegangenen Formänderungen, des Schmiermittels und der Ziehgeschwindigkeit auf den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten geklärt werden. Zu diesem Zweck wurden Ziehversuche mit Eisen-, Stahl- und Kupferdrähten von 5 mm Dicke unter Messung der Ziehkraft einmal auf einer Zerreißmaschine mit einer Ziehgeschwindigkeit von 1 mm/s und einmal auf einer mit einer entsprechenden Meßvorrichtung versehenen Kettenziehbank mit einer Ziehgeschwindigkeit von 400 mm/s durchgeführt. Die Querschnittsänderungen betrugen bei den Zügen 10 bis 40 vH. Die Ziehdüsen waren keglig zugestellt. Der Neigungswinkel der Düsenwand gegenüber der Drahtachse betrug 3, 6, 12 und 20 °. An Schmiermitteln wurden Rüböl, Maschinenöl und Petroleum untersucht.

Um eine Verallgemeinerung der Versuchsergebnisse zu ermöglichen, wurde bei der Auswertung der Versuche als Vergleichsmaßstab der theoretische Kraftbedarf benutzt, der sich bei Geltung der Schubspannungshypothese ergibt, wenn man annimmt, daß das Ziehgut beim Durchgang durch die Ziehdüse sich parallelepipedisch vom Ausgangsquerschnitt auf den Endquerschnitt verformt. Bezeichnet man den Querschnitt vor dem Zuge mit $F_0$ und nach dem Zuge mit

[1]) *V. Paschkis*, Archiv für Eisenhüttenwesen Bd. 2 (1928/29) S. 487.

[1]) *Pomp, Siebel* und *Houdremont*: Über den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten. Mitt. d. Kaiser-Wilhelm-Inst. f. Eisenforschg. Bd. 11 (1929) S. 53.

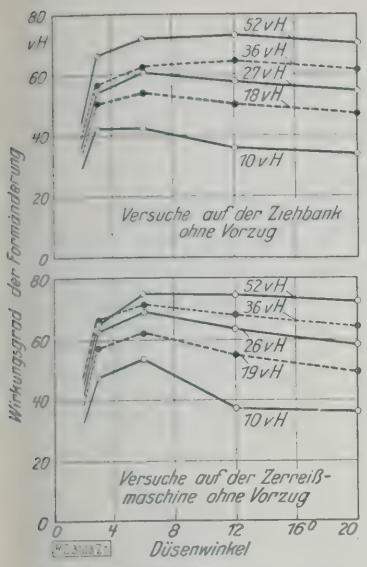



**Abb. 4.** Einfluß des Neigungswinkels der Ziehdüse und der Zugformänderung auf den Formänderungswirkungsgrad beim Ziehen von Flußstahldraht.

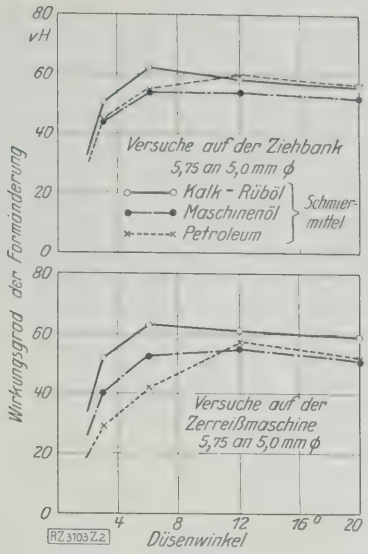



**Abb. 5.** Einfluß des Schmiermittels auf den Formänderungswirkungsgrad beim Ziehen von Flußstahldraht.

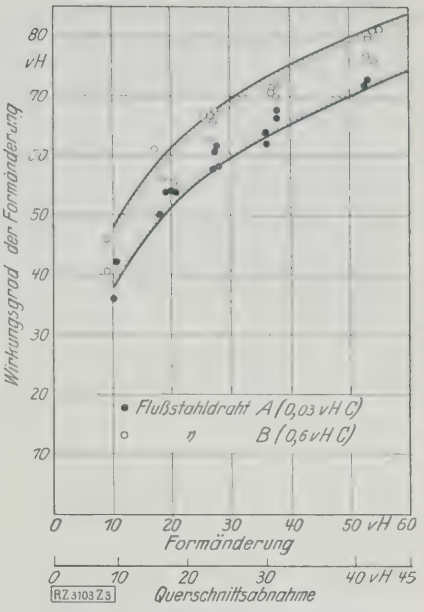



**Abb. 6.** Formänderungswirkungsgrad beim Ziehen von Flußstahldraht auf der Ziehbank mit Kalk-Rüböl-Schmierung.

$F_1$, die mittlere Formänderungsfestigkeit des Ziehgutes aber mit $k_{f_m}$ so ergibt sich für die theoretische Ziehkraft die Beziehung

$$P_{\text{theor.}} = F_1 k_{f_m} \ln \frac{F_0}{F_1} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

Sind die Anfangs- und Endabmessungen des Drahtes und die Zugfestigkeit des Ziehgutes vor und nach dem Zuge also bekannt, so läßt sich die theoretische Ziehkraft errechnen, da die mittlere Formänderungsfestigkeit des Werkstoffs mit praktisch genügender Genauigkeit dem arithmetischen Mittel aus den beiden Zugfestigkeitswerten entspricht. Den Quotienten aus theoretischer und wirklicher Ziehkraft kann man alsdann als den Formänderungswirkungsgrad des Ziehvorganges bezeichnen. Nachdem der Formänderungswirkungsgrad des Verfahrens einmal durch Versuche festgelegt ist, ist es möglich, die wirklichen Ziehkräfte durch Division des aus Gleichung (1) zu bestimmenden theoretischen Wertes durch den Formänderungswirkungsgrad zu berechnen.

In Abb. 4 ist der Einfluß des Neigungswinkels der Ziehdüse und der Formänderung $\ln \frac{F_0}{F_1}$ (Querschnittabnahme) für Züge auf der Zerreißmaschine und der Ziehbank bei Kalk-Rüböl-Schmierung des Ziehgutes, eines weichen Flußstahldrahtes, dargestellt. Ein Einfluß der Ziehgeschwindigkeit auf den Formänderungswirkungsgrad macht sich fast gar nicht bemerkbar. Bei höherer Ziehgeschwindigkeit scheinen die Ziehkräfte sogar infolge der Ausbildung eines besseren Schmierfilms zwischen Ziehgut und Düsenwandung etwas herunterzugehen. Sehr deutlich ist der Einfluß der Düsenform zu erkennen. Bei einem Neigungswinkel von 6° bei kleinen Abnahmen, von etwa 12° bei größeren Abnahmen erreicht der Formänderungswirkungsgrad die günstigsten Werte. Der Höchstwert verschiebt sich, wie Abb. 5 zeigt, zu größeren Düsenwinkeln, wenn die Schmierung verschlechtert wird. Besonders stark tritt ferner der Einfluß der Formänderung oder der Zugabnahme auf den Formänderungswirkungsgrad in Erscheinung. In Abb. 6 ist die Abhängigkeit des Formänderungswirkungsgrades von der Querschnittabnahme bei der Verwendung der günstigsten Düsenform und Kalk-Rüböl-Schmierung zur Darstellung gebracht. Bemerkenswert ist, daß der Formänderungswirkungsgrad bei starken Querschnittabnahmen bis über 70 vH, also auf sehr hohe Werte steigt. Bei härteren Stahldrähten und Kupferdrähten sowie bei vorgezogenen Drähten zeigten sich keine nennenswerten Abweichungen von den geschilderten Ergebnissen.

Nach Vorstehendem ist es im Ziehereibetrieb ein Gebot der Zeitersparnis sowie auch der Energieersparnis, eine Ziehfolge mit möglichst großen Zugabnahmen durchzuführen. Eine Grenze ist der Zugabnahme aber dadurch gesetzt, daß die Längsspannungen im gezogenen Draht stets kleiner bleiben müssen als die Zugfestigkeit des Werkstoffes unter Berücksichtigung der durch die Verformung bewirkten Werkstoffverfestigung und der im Düsenaustritt vorhandenen Ungleichförmigkeit in der Spannungsverteilung. Bildet man den Quotienten aus der mittleren Spannung im auslaufenden Draht, die sich aus der Zugkraft ja leicht berechnen läßt, und der Zugfestigkeit des Drahtes nach dem Zuge, so erhält man ein Maß dafür, wie weit der vorstehenden Bedingung Genüge geleistet worden ist, das als Anstrengungsgrad des Werkstoffes bei dem betreffenden Ziehvorgang bezeichnet werden kann. Der Anstrengungsgrad steigt mit wachsender Zugabnahme und mit dem dem Zuge vorausgegangenen Formänderung des Ziehgutes. Düsengestaltung und Schmierung beeinflussen ihn in ähnlicher Weise wie den Formänderungswirkungsgrad. Je mehr der Anstrengungsgrad sich dem Werte 1 oder 100 vH nähert, um so mehr ist die Gefahr zu einem Abreißen des Drahtes oder zu inneren Werkstofftrennungen, dem Überziehen, gegeben.

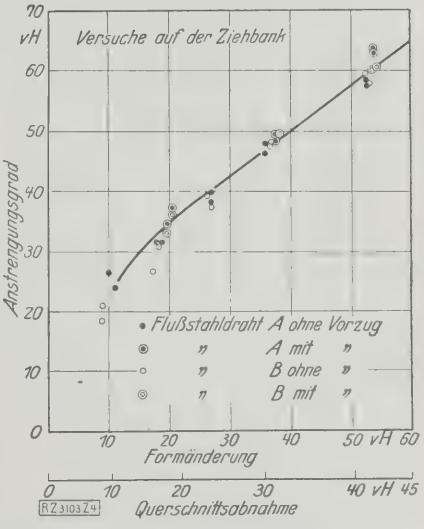



**Abb. 7** Anstrengungsgrad beim Ziehen von Flußstahldraht mit Kalk-Rüböl-Schmierung.

Bei den Versuchen hat es sich gezeigt, daß ein Anstrengungsgrad von 75 vH auch bei geglühtem Werkstoff, der also noch sein volles Formänderungsvermögen aufweist, praktisch nicht mehr erreichbar ist, ohne zu einem Zerreißen des Drahtes zu führen. Abb. 7 gibt die bei den Versuchen mit Flußstahldrähten ermittelten Anstrengungsgrade wieder. Querschnittabnahmen von 45 bis 50 vH, entsprechend Formänderungen von 60 bis 70 vH, dürften danach je nach dem gezogenen Werkstoff die obere Grenze der Zugabnahme darstellen, die praktisch stets noch um ein erhebliches unterschritten bleiben wird, um Ungleichmäßigkeiten im Werkstoff sowie Zusatzbeanspruchungen beim Einziehen der Drähte Rechnung zu tragen. [M 3103]

Düsseldorf-Clausthal *Siebel*

## *Gießerei*

### Ein neuer Kernofen

Senkrechte Öfen mit durchlaufender selbsttätiger Fördereinrichtung zum Trocknen von Kernen nach dem Schwärzen oder Zusammenkleben werden schon seit Jahren in Amerika und neuzeitlichen europäischen Gießereien verwendet. Bemerkenswert ist aber, daß man in allerneuster Zeit in Amerika dazu übergegangen ist, diese Ofenbauart auch zum eigentlichen Trocknen der Kerne zu benutzen. Bahnbrechend wirkte der Einbau von 16 solchen Öfen in einer erst kürzlich vollendeten Graugießerei für Kraftwagenmotorenteile, die bei einer Tagesleistung von 400 t nicht nur eine der größten ihrer Art, sondern in bezug auf ihre Einrichtungen auch eine der modernsten ist. Die 16 Öfen bewältigen in 19 h Kerne im Gesamtgewicht von 230 t, wobei die Trockendauer je nach der Dicke der Kerne 2 bis 4 h, die Temperatur etwa 250 °C beträgt. Jeder Ofen ist auf eine bestimmte Trockendauer eingestellt, die nicht geändert wird.

Die Isolation des Ofens, Abb. 8, hört in etwas über Manneshöhe über dem Fußboden auf, um die Förderplattformen zum Beladen und Entladen von innen und von außen zugänglich zu machen. An dieser Stelle sind die Plattformen durch Führungen am Schaukeln verhindert. Am Eintritt in die Trockenzone ist der Durchgangsquerschnitt zwischen Heizraum und Außenwand auf ein Mindestmaß verengt, und zwar ist diese Stelle so bemessen, daß sich mindestens zwei Plattformen gleichzeitig in dieser verengten Zone befinden, wodurch ein wirksamer Abschluß gegen Wärmeverlust erreicht wird. Auf der Austrittseite ist diese Verengung vermieden. Ein Lüfter, der bei *d*, Abb. 8, angeschlossen ist, saugt die verbrauchte warme Luft von oben ab und gleichzeitig aber von unten kalte Luft an, die an den nach unten wandernden Kernen vorbeistreicht und sie abkühlt. Die Absaugstelle *d* ist so angeordnet, daß die Kühlzeit etwa 20 vH der Trockenzeit beträgt.

Der Ofen besteht aus einem Eisengerüst, das oben zur Plattform für den Antrieb erweitert ist. Die Isolation ist auf der Innenseite des Gerüstes befestigt. Eine Abstützung des Ofens gegen das Gebäude wurde vermieden. In einigen Fällen, wo besonders flache Kerne, wie z. B. die der Zylinderköpfe, in Frage kamen, wurden die Förderplattformen zwei- und dreistöckig ausgeführt.

Auf der Beladeseite befinden sich die Kernmacher, deren Zahl 8 bis 14 beträgt. Die Kernmacher stellen die fertigen Kerne selbst auf den Förderplattformen ab. Auf der anderen Seite steht ein Hilfsarbeiter, der ablädt, die trockenen Kerne auf den in Reichweite stehenden Bänken der Kernputzereien abstellt und die Platten oder Schalen den Kernmachern wieder zurückgibt. Je vier Öfen haben eine gemeinsame Rollenbahn, auf der die Kerne gegebenenfalls zum Schwärzen und nachträglichen Trocknen gebracht werden.

Ein Nachteil dieses Ofens besteht nur in dem hohen Anschaffungspreis. Demgegenüber stehen folgende Vorteile:

1. geringer Platzbedarf: die Gießhalle der oben erwähnten Gießerei beansprucht 6000 m², die Kernmacherei nur 3700 m², ein für Gießereien für Kraftwagenmotorenteile, die naß gießen, sehr günstiges Verhältnis;
2. große Wärmeersparnis;
3. gutes Durchtrocknen der Kerne, da sie allmählich in die Zone der höchsten Temperatur gelangen;
4. geringe Förderwege für die Kerne sowie für die Platten und Schalen. [M 3118]

Zwickau *W. Menzel*

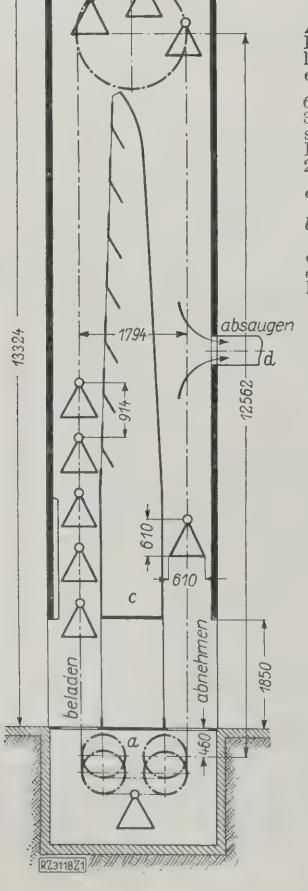



**Abb. 8**
Kerntrockenofen mit durchlaufender selbsttätiger Fördereinrichtung.

6″-Kette. Gesamte Kettenlänge 30 175 mm; 33 Plattformen in Abständen von 914,4 mm; Last für eine Plattform 350 kg; Trockendauer 2 bis 4 h; Temperatur rd. 250° C.

*a* Kettenzahnräder mit 16 Zähnen, Teilkreisdurchmesser 781 mm
*b* Kettenzahnräder mit 37 Zähnen, Teilkreisdurchmesser 1794 mm
*c* Heizkammer
*d* Lüfteranschluß
Breite der Plattform 1676 mm

## *Verarbeitende Industrien*

### Schnellgerbverfahren

Die Wirkung der bei der Lohgerbung benutzten pflanzlichen Gerbstoffe (Eichenrinde, Rohtannenrinde, Quebrachoholz u. a.) beruht ebenso wie die der bei der Mineralgerbung verwandten Chromsalze hauptsächlich darauf, daß sie die in den Rohhäuten enthaltenen Eiweißstoffe und den Leim fällen, also unlöslich machen, und somit Leder bilden. Die Versuche, den Gerbvorgang tierischer Häute zwecks Verminderung der Anlagekosten abzukürzen, sind alt.

Der Vorgang der Lederbildung dauerte bei der alten Lohgerbung (Grubengerbung) etwa acht bis zwölf Monate Abb. 9. Zur Beschleunigung dieses Vorganges wandte man mechanische Mittel an, indem man zunächst kürzere Zeit in der Grube gerbte und dann im Gerbfaß walkte. Diese gewaltsame Behandlung, bei der die Fasern zerrissen werden, Abb. 10, lieferte schon nach zwei bis drei Wochen Leder von allerdings schlechter Beschaffenheit. Das bei der Chromgerbung in einigen Stunden hergestellte Leder, das gegen Hitze besonders widerstandfähig ist, eignet sich wegen seiner geringen Abnutzungsfestigkeit für die meisten technischen Zwecke nicht.

Man muß also für diese Zwecke bei der Lohgerbung bleiben. Das Streben nach Abkürzung der Herstellzeit lieferte aber immer nur schlechtere Leder. Sie wurden schnell verbraucht und die Nachfrage nach Rohhäuten stieg ungeheuer. Die Preise für den Rohstoff wuchsen daher so stark an, daß jetzt kurzzeitig gegerbtes, schlechtes Leder wesentlich teuerer ist als früher gutes Leder.

Diesem Übelstand will eine neue Art der Gerbung abhelfen, die die Firma E. Luckhaus, Duisburg, jetzt vorgeführt hat. Ihr Verfahren, über das schon mehrjährige Versuche vorliegen, die in Gemeinschaft mit der I.-G. Farbenindustrie vorgenommen wurden, liefert schon in wenigen Tagen ein sehr haltbares, langfasriges Leder, Abb. 11. Man kann das neue Verfahren als technisches gegenüber den alten, handwerklichen der Grubengerbung bezeichnen. Die Häute werden, Abb. 12, an Gestellen in stehende Kessel ge-

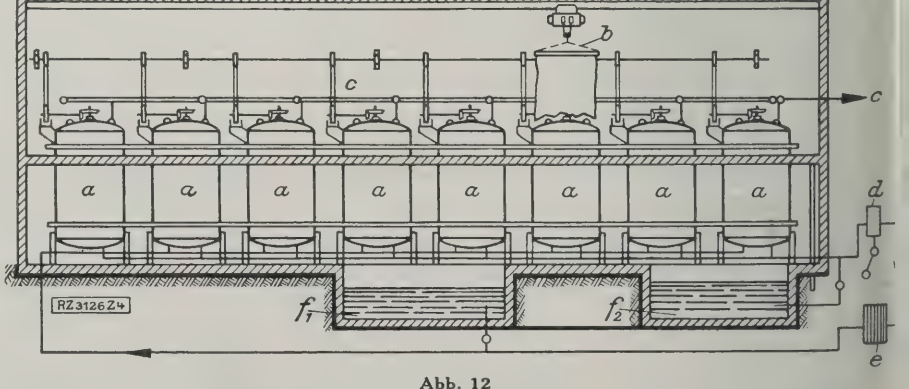



**Abb. 12**
Schema einer Anlage zur Gerbung nach dem Luckhaus-Verfahren. Leistung: 100 Häute am Tage.
*a* Gerbkessel *b* Einhängegestelle *c* Luftsaugleitung *d* Umwälzpumpe *e* Filter
$f_1$ Vorratgruben für frische Gerbbrühe $f_2$ Vorratbehälter für gebrauchte Gerbbrühe

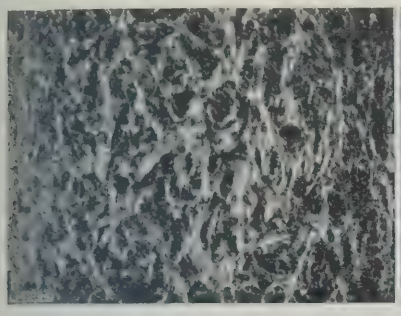


**Abb. 9**
Sogenanntes „Taunus-Vacheleder" in reiner Grubengerbung in zwölf Monaten hergestellt. Gute Faserbildung und reichlicher Gerbstoffgehalt. Daher gute Haltbarkeit.

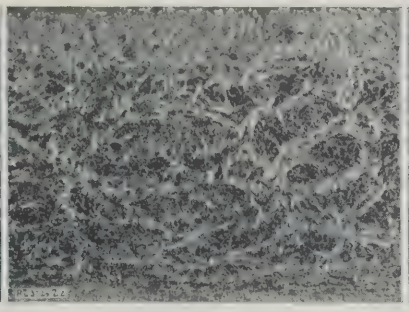


**Abb. 10**
„Vacheleder" in vierwöchiger Faßgerbung hergestellt. Geringer Faser- und Gerbstoffgehalt. Gefüge durch Gewaltanwendung zerrissen. Daher ist dieses Leder spröde und hat geringe Festigkeit.

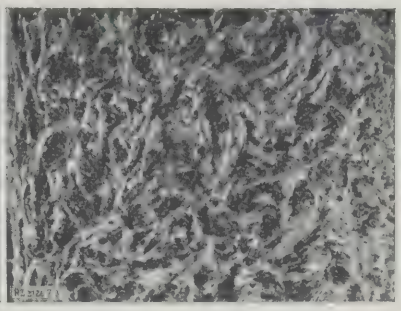


**Abb. 11**
„Vacheleder" in neuntägiger Luckhaus-Gerbung mit gewöhnlichen pflanzlichen Gerbstoffen hergestellt. Lange Fasern, großer Gerbstoffgehalt. Daher Weichheit und hohe Festigkeit.

hängt. In diesen erzeugt man möglichst hohe Luftverdünnung (95 vH), wobei die ständig durch die Kessel umlaufende Gerbbrühe anfangs auf 15 °, später auf 30 ° erwärmt wird. Die Gestelle mit den daran hängenden Häuten werden ständig langsam gedreht und die Brühe wird dauernd gefiltert, damit die ausgezogenen Schmutzstoffe nicht wieder die Poren der Häute verstopfen können. Keinerlei Gewalt wird angewendet. Da infolge des Luftabschlusses die Häute nicht oxydieren können, so kommen sie farblos aus den Kesseln und erfordern keine Bleiche.

Eine Erklärung der Wirkung dieses Verfahrens, das bisher nur rein erfahrungsmäßig ausgebildet wurde, besteht wohl in der Annahme eines besseren Auszuges der Schmutzstoffe und besserer Durchdringung der gereinigten und unter Einfluß der Luftverdünnung genügend geöffneten Zellen der tierischen Haut.

Man hofft, neben Steigerung der Güte vor allem eine Kapitalersparnis von 50 bis 80 vH zu erreichen. Dazu kommt noch ein Gewinn infolge Platzersparnis, denn die neue Gerberei braucht nur etwa ein Drittel der Bodenfläche der der alten Grubengerberei. Besonders wichtig ist aber auch der Umstand, daß man den Gerbvorgang jetzt während seines ganzen Verlaufes völlig in der Hand hat und jederzeit regelnd eingreifen kann. [M 3126]

Aachen *K. W. Geisler*

## *Elektrotechnik*

### Deïon-Luftschalter

Der Ölschalter beherrscht heute die Wechselstrom-Schalttechnik so gut wie vollständig, obwohl dabei die Feuer- und Explosionsgefahr durchaus nicht überwunden ist. Der Westinghouse Electr. & Manufact. Co. ist es nun im Deïon-Luftschalter[1]) gelungen, den Unterbrechungslichtbogen in vollkommener Weise zu entionisieren, ohne die sonst üblichen riesigen Lichtbogenlängen in den Kauf nehmen zu müssen, so daß damit Dreiphasenkurzschlüsse von über 15 000 A bei 12 000 bis 15 000 V sicher unterbrochen werden können. Die Entionisierungskammer, Abb. 13 und 14, des neuen Schalters besteht aus einem langen Satz 1,6 bis 0,8 mm dicker ringförmiger Kupferplatten, die ganz nahe, d. h. in Entfernungen von 1,6 mm und weniger, beisammen stehen und so eine Reihe Funkenstrecken bilden, in denen Isolationsstoffe den Abstand festlegen. Nach Versuchen verliert sich die Ionisierung der Kathodenschicht von 250 V Höchstspannung oder 175 V Effektivwert in einem Bruchteil einer Mikrosekunde ($10^{-6}$ s) nach Abschaltung der Spannung, d. h. es bildet sich beim Nulldurchgang des Stromes eine ionenfreie Schicht entsprechend 250 V. Man benutzt eine so große Anzahl Kupferplatten, daß auf jeden Spalt weniger als 175 V entfallen, weil sich eben dann die dielektrische Isolierfestigkeit oder die Entionisierung sofort nach der Unterbrechung einstellt. Für größere Spannungen je Spalt verliert sich die Ionisierung nur langsam, so daß Wiederzündungen nach dem Stromdurchgang durch null auftreten. Im Mittel darf man nicht höher als 110 bis 130 V je Spalt gehen, weil die Spannungsverteilung nicht gleichmäßig ist, obwohl man durch einen statischen Schirm aus Mikarta mit eingelegten Metallstreifen, Abb. 13 und 14, die Spannungsverteilung gleichmäßiger gestaltet. Um den Unterbrechungslichtbogen zum Verlöschen zu bringen, wird er durch kräftige Magnetfelder, die durch Stromspulen zwischen den Kupferplatten erzeugt werden, in die engen Zwischenräume zwischen den Kupferplatten hineingeblasen, so daß der unterteilte Lichtbogen ganz nahe an die entionisierenden Kathoden kommt. Damit die Platten durch den Lichtbogen nicht verbrennen, muß dieser mit einem mehrfachen der Schallgeschwindigkeit bis zu 15mal in einer Halbperiode um den ringförmigen Kreispfad zwischen den Kupferplatten herumgejagt werden, bis im Nullwert des Stromes die Entionisierung an den Kalt-Kathoden jede weitere Strömung verhindert. Benachbarte Spulen

[1]) *Slepian:* Journ. Am. Inst. El. Engrs. Bd. 48 (1929) Nr. 2 S. 93. *Dickinson* u. *Baker* S. 96 und *Jamieson* S. 101, ferner *Wilcox*, El. Journ. (Märzheft 1929) S. 97.

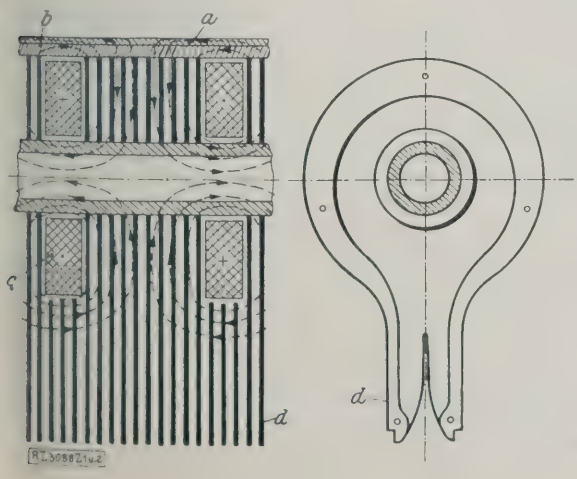



**Abb. 13 und 14**
Plattenanordnung (Kammer zur Entionisierung des Lichtbogens) des Deïon-Luftschalters für hohe Abschaltleistungen.
*a* magnetischer Rückschluß
*b* elektrostatischer Schirm
*c* Magnetfeldspule
*d* Kupferplatten

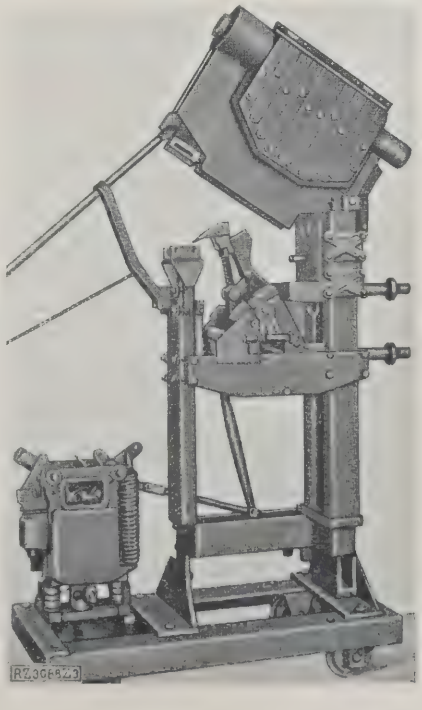


**Abb. 15**
Einpoliger Deïon-Luftschalter für 15000 V.
(Die Entionisierungskammer ist hochgeklappt.)

wirken entgegengesetzt, so daß die Kraftlinien in die Spalte hineingedrängt werden; innerhalb und außerhalb der Spulen sind geeignete Eisenwege zum Kraftlinienrückschluß eingeschaltet. Die Spulenenden sind mit den benachbarten Platten verbunden und sind damit so lange hinter den Lichtbogen geschaltet, als er vorhanden ist.

Die isoliert abgedeckte Entionisierungskammer, die leicht um einen Zapfen herausgedreht werden kann, Abb. 15, sitzt oben auf dem Schalter über den festen Kontakten, die durch übliche Bürstenhauptkontakte überbrückt werden. Der Lichtbogen wird unmittelbar unterhalb der V-förmigen Hörner, Abb. 14, der ringförmigen Kupferplatten gezogen und in die vielfach unterteilten Zwischenräume zwischen den Platten hineingetrieben.

Der Schalter eignet sich für Gleichstrom wesentlich weniger gut, man kann nur eine Gleichspannung etwa gleich 20 vH der Wechselspannung unterbrechen.

In der Crawford Avenue Station der Commonwealth Edison Co., Chikago, wurden mit einem dreipoligen elektrisch betätigten Deïon-Schalter für 15 000 V und 2000 A mit Hilfe von drei verschiedenen 12 000 V-Stromerzeugern je von 60 000 bis 75 000 kVA Leistung 92 Kurzschluß-Ausschaltungen ausgeführt, bei denen in der ersten Periode Effektivwerte von 30 000 A erreicht wurden. Nur zwei Versager traten auf, wobei aber die bei Ölschaltern bekannten Zerstörungserscheinungen ausblieben.

Prag [M 3088] Prof. Dr. *F. Niethammer*

## *Kommunale Technik*

### Wasserverbrauch und Wasserbeschaffung in Großstädten

Wie hoch sich der städtische Wasserverbrauch in der Gegenwart und in der Zukunft gestaltet, und wie für ihn ausreichende Wassermengen zu beschaffen sind, das sind Fragen, die neuerdings die großstädtischen Wasserwerkingenieure ganz besonders beschäftigen. Auf der letzten Tagung des Deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern und der anschließenden des Vereines für Wasser-, Boden- und Lufthygiene in Berlin kam dies besonders zum Ausdruck.

In „Engineering News-Record“[1]) behandelt der Chefingenieur des Gesundheitsamtes des Staates Maryland, *Abel Wolman*, den Verbrauch großer Städte an der Hand von Ermittlungen aus verschiedenen Ländern und stellt die Entwicklung des Wasserbedarfs in den Jahren 1907 bis 1927 von 34 deutschen, amerikanischen, englischen und französischen Großstädten graphisch dar. Man sieht hieraus, daß 1915 und die folgenden Kriegsjahre in den meisten Städten eine Spitze des durchschnittlichen Kopfverbrauchs bringen, was sich durch den starken Bedarf der Kriegsindustrie erklärt. In verschiedenen Städten, so in Hamburg, Berlin, New York, nähert sich der Verbrauch wieder dieser Spitze, ja überholt sie. In der letzten Zeit hat in deutschen Großstädten, wie der Direktor der Berliner Städtischen Wasserwerke-A.-G., *Kühne*, in einem Vortrag über technische Fragen der Wasserbeschaffung, Wassernutzung und Wasserreinigung auf der Tagung des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene mitteilte, der Verbrauch die bisherige Höhe um 40 bis 70 vH überschritten. Die Zahl von 100 l für den mittleren Tagesverbrauch je Kopf der Bevölkerung, seit dem 6. und 7. Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts bis vor einigen Jahren ein vielfach angenommenes Richtmaß, ist also heute weit zu erhöhen.

Es ist natürlich zu fragen, inwieweit die einzelnen Verwendungsarten des Wassers am Wachsen des Wasserverbrauchs beteiligt sind, und ob dies Anwachsen als berechtigt oder als übertrieben zu bezeichnen ist. *Abel Wolman* gliedert den Verbrauch und kommt zu dem Schluß, daß der Verbrauch in Großstädten in erster Reihe eine Funktion der industriellen Geschäftslage und in zweiter Reihe des Standes der gesundheitlichen Hauseinrichtungen ist. *Kühne* schiebt diesem letzten und dem Verbrauch der Siedler in den Gärten ganz entscheidenden Einfluß auf die Verbrauchspitzen zu. Er warnt in diesem Zusammenhang davor, die Steigerung des Komforts bis zur Vergeudung fortzusetzen; Warmwasserversorgung und die Spülkästen der Aborte verführen oft zum Verschwenden des Wassers. In gewissen vornehmen Wohngegenden Berlins könne man den höchsten Wasserverbrauch nicht mehr wie bisher an Wochentagen, sondern am Sonntag vormittag als dem Hauptbadetag beobachten. Man solle ernstlich prüfen, ob man die Wasserverschwendung nicht einschränken und durch Stockwerk-Wassermesser den einzelnen Wohnungsinhaber zur Sparsamkeit erziehen soll.

So sehr *Kühne* die unumstrittenen Vorzüge der Grundwasserversorgung anerkennt, so wenig verschließt er sich der Notwendigkeit, sich angesichts des steigenden Bedarfes dem Oberflächenwasser wieder mehr zuzuwenden. Dies könne zur Zeit unbedenklich geschehen, da wir nach dem Stande der Wissenschaft in die Lage versetzt sind, jedes Oberflächenwasser zu reinigen[2]). In diesem Zusammenhang ist eine Forderung Prof. *Bürgers* erwähnenswert, die er in seinem Vortrag auf der mehrfach erwähnten Tagung über „Die Aufgaben der Wasserhygiene und die praktische Durchführung der gesundheitlichen Überwachung der Wasserversorgungsanlagen“ gab, in den Fabrikbetrieben mehr als bisher besondere Betriebwasserleitungen, die nötigenfalls mit Oberflächenwasser gespeist werden könnten, anzulegen.

Man wird den Worten *Kühnes* volle Beachtung schenken müssen, aber ebenso überlegen, ob es am Platz ist, den Verbrauch durch die Warmwasser- und Badeeinrichtungen zu drosseln, oder ob derartige Wasserverbrauchstellen nicht zum neuzeitlichen, dem heutigen Stande der Gesundheitspflege und der wirtschaftlichen Betriebsführung entsprechenden Haushalt gehören. Die Belehrung der Bevölkerung erscheint nicht so aussichtslos, und es dürfte gerade Aufgabe der Ingenieure jeder Stellung sein, der Gesamtheit der Stadtbevölkerung den Gedanken einzuhämmern, daß gutes Wasser in der Regel der Stadt nicht in beliebiger Menge zufließt, sondern ein Kunsterzeugnis darstellt, das viele Ingenieurarbeit und viel Kraftaufwand erfordert. [N 3299]

Berlin Dipl.-Ing. *Baer*

[1]) Bd. 102 (1929) Nr. 24 S. 943.

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 788, Bd. 73 (1929) S. 553.

## *Technisches Schulwesen*

### Ausbildungsfragen

Ingenieur, Meister und Facharbeiter sind die drei, deren bestmögliche Ausbildung zu fördern von jeher Aufgabe des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen gewesen ist. Mit ihnen hat er sich auch in seiner Eisenacher Tagung am 8. und 9. Juni 1929 beschäftigt.

Der erste Verhandlungstag war den Technischen Mittelschulen gewidmet. Prof. *Matschoß* als Verhandlungsleiter betonte, man solle nicht das Trennende in den Vordergrund stellen, sondern ausgehen von den Gedanken, über die man einig sei. Übereinstimmung herrsche über die Notwendigkeit der Technischen Mittelschule; Grundlage jeder Erörterung müsse die Achtung vor der Meinung des Anderen sein; anerkannt werde, daß auch das Leben erziehe, nicht nur die Schule; Zweck der Verhandlung sei, Klärung zu schaffen, nicht Mehrheitsbeschlüsse herbeizuführen.

Oberstudiendir. *Volk* behandelte

**die brennenden Fragen im technischen Schulwesen.**

Die Schulen müssen ständig neuen Forderungen nachkommen und Erstarrung vermeiden. Die Höheren Maschinenbauschulen, mit denen er sich vorzugsweise beschäftigte, müßten richtig in den einheitlichen Aufbau des gesamten technischen Schulwesens eingereiht werden. Eine große Gefahr sei darin zu sehen, daß bei dem dauernd zunehmenden Drang zum Abitur die Obersekundareife an Bedeutung verliere und die durchschnittliche Wertigkeit derer, die sich mit dieser Reife der technischen Ausbildung zuwenden, abnehme. Enge Fühlung mit den Höheren Schulen müsse gesucht werden, damit Klarheit über das Maß des Wissens bestehe, das für die Aufnahme in die Höhere Maschinenbauschule gefordert werde. Auch auf die schwierige Frage der Berechtigungen ging der Vortragende ein und streifte kurz die Vorschläge für Verlängerung der Ausbildung zur Bewältigung der Stoffülle. Seine Ausführungen klangen aus in der Forderung nach Verlebendigung der Schule, nach enger Verbindung also zwischen Schule und schaffendem Leben.

Dir. Dr.-Ing. *Vetter*, Nürnberg, sprach über

**die praktische Ausbildung.**

Der in letzter Zeit häufig gemachte Vorschlag, an die Stelle der Praktikantenausbildung eine ordnungsmäßige Lehrzeit zu setzen, ist abzulehnen. Die praktische Ausbildung soll dem künftigen Ingenieur mehr vermitteln als eine Summe von Handgriffen. Eine planmäßig aufgebaute, möglichst vielseitige Ausbildung ist nötig, damit der Praktikant eindringt in Sinn und Ziel der industriellen Arbeit und damit er durch Zusammenarbeit mit dem Arbeiter die richtige Einstellung zum Menschen gewinnt.

Die Dauer der Praxis ist mit zwei Jahren ausreichend. Um die Gesamtausbildungszeit des Ingenieurs nicht zu

verlängern, darf auch die praktische Tätigkeit nicht weiter ausgedehnt werden, sie sollte aber durch bessere Regelung und Ausnutzung „veredelt" werden.

Leider ist die Zahl guter Praktikantenstellen immer noch zu klein. Die Industrie müßte die Bedeutung der guten Ausbildung ihrer künftigen Ingenieure erkennen und auch Besichtigungen, die ein unentbehrliches Ausbildungsmittel sind, bereitwilliger gestatten. Berufserfahrung kann allerdings die beste praktische Tätigkeit ebensowenig vermitteln wie die Schule.

Für die Vermittlung von Praktikantenstellen sollte man Listen anlegen und auch den Berufsämtern zugehen lassen. Die praktische Ausbildung könnte wertvoller gestaltet werden, wenn die Schule mehr Einfluß auf sie nähme.

Über diesen Einfluß der Schule im besonderen sprach Oberstudiendir. Dr.-Ing. *Förster,* der von seinen Magdeburger Erfahrungen berichtete. Wirksam könne der Einfluß der Schule nur dort sein, wo der Nachwuchs in seiner Mehrzahl am Orte oder in nächster Nähe wohne. Die Praktikanten eines Jahrganges werden einem Pfleger zugeteilt, der sie berät. Der Praktikant hat das Werkstattbuch des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen zu führen. Der Versuch, durch Fernunterricht auf die auswärtigen Schüler einzuwirken, ist ein Fehlschlag gewesen. Drei bis vier Beratungsstunden im Halbjahr, zu denen Ortsansässige und Auswärtige geladen werden, scheinen sich zu bewähren. Die während der Praxis geführten Bücher werden acht Wochen vor Unterrichtsbeginn durchgesehen, u. U. wird durch eine Prüfung festgestellt, ob die praktische Ausbildung von Erfolg gewesen ist.

**In der Aussprache**

berichtete Hr. *Thiele,* Dortmund, über die Erfahrungen der Praktikantenämter der Technischen Hochschulen. Auch er betonte, daß es weniger auf die Zeitdauer der Ausbildung, als auf die Sorgfalt ankomme, die das Werk der Ausbildung seiner Praktikanten widme. Hr. *Krug,* Berlin, vertrat den Standpunkt der Praxis, indem er forderte, man solle die praktische Ausbildung eher verlängern als verkürzen. Vor allem müsse der Praktikant die Bedeutung wirtschaftlicher Fertigung kennenlernen. Dr. *Berckenhoff,* Eßlingen, konnte mitteilen, daß in Württemberg von dem mit Obersekundareife Eintretenden drei Jahre Werkstattpraxis, von den übrigen vier Jahre verlangt werden. Hr. *Jachmann,* Wetzlar, wünscht, daß die Höheren Maschinenbauschulen bei der Betreuung der Praktikanten nicht nur auf die Ortsansässigen Rücksicht nehmen. Die Berufsschule sollte Kurse zur Vorbereitung auf die Höhere Maschinenbauschule einrichten. Das sechste Semester kann erst dann in Betracht gezogen werden, wenn der Wirkungsgrad der ersten fünf Semester den Höchstwert erreicht hat. Nach Ansicht von Hrn. *Kellner,* Schmalkalden, kommt es vor allem darauf an, daß der Praktikant Fertigkeiten beurteilen kann. Wünschenswert wäre die Ausbildung nicht nur in der Werkstatt, sondern auch im Arbeitsvorbereitungs- und Kalkulationsbüro. Hr. *Horstmann,* Berlin, bezeichnet als Zweck der praktischen Ausbildung:

Sammlung einer Summe von Kenntnissen,
Einfühlung in das Wirtschaftsleben,
sich umzuschulen vom abstrakten Denken zum natürlichen Sachdenken.

Die Güte der Ausbildung hänge ab von der Eignung des Auszubildenden und von den Verhältnissen der Umwelt. Die Ausbildungszeit von zwei Jahren wolle man nicht überschreiten, aber den Wirkungsgrad verbessern. Man könne an Praktikantenkurse und an Vorbereitung durch die Berufsschule denken, auch werde die Beratung durch die Schulen selbst nützlich sein. Die Unterbrechung der Schulausbildung durch praktische Tätigkeit sei bisher nicht eingeführt; man solle aber einmal an einer Schule den Versuch machen. Stets aber müsse sich das Werk selbst der Ausbildung seiner Praktikanten annehmen. Hr. *Miller,* Hamburg, teilt mit, daß die Staatslehranstalten Hamburg einen besonderen Arbeitsausschuß zur Prüfung der Praktikantenausbildung eingesetzt haben. In einer Eignungsprüfung vor Beginn der Praxis können Ungeeignete ausgeschieden werden. Während der Praxis sucht die Schule ihren Einfluß durch ganztägigen Unterricht auszuüben. Daneben ist in den Abendstunden eine lose Arbeitsgemeinschaft mit Sprechabenden und dergl. eingeführt. Hr. *Hanner,* Berlin, hält die Aufstellung von Richtlinien für notwendig, die gemeinsam für Hochschul- und Mittelschulpraktikanten sein könnten. Hr. *Heilandt,* Berlin, wünscht neben die Werkstattpraxis auch Büropraxis gesetzt zu sehen, damit der angehende Ingenieur auch wisse, was der Konstrukteurberuf ist.

Hr. *Matschoß,* Berlin, faßt die Aussprache dahin zusammen, daß es der Wunsch der Industrie sei, die praktische Arbeitzeit eher zu verlängern als zu verkürzen. Wichtig sei enge Verbindung zwischen Industrie und Schule. Wichtiger als schriftliche Richtlinien sei die persönliche Fühlung zwischen Lehrern und Betriebsleitern. Die Praktikanten sollen nicht nur auf den technologischen Unterricht vorbereitet werden, sondern vor allem Menschenkenntnis erwerben und sehen, was organisieren und disponieren bedeutet. Schulwissen wird heute schon zuviel vermittelt, die Kunst, sich selbst zu helfen, zu wenig.

Oberstudiendir. *Müller,* Dortmund, berichtete sodann über den an preußischen Höheren Maschinenbauschulen erstmalig in Dortmund gemachten Versuch, eine

**„Höhere elektrotechnische Schule"**

einzurichten. Eine Gabelung der Höheren Maschinenbauschule in den höheren Semestern könne nicht ausreichend sein. Von 200 Wochenstunden in fünf Semestern sind bei der neuen Schule 72 der Elektrotechnik gewidmet, während die Höhere Maschinenbauschule nur 24 hierfür zur Verfügung stellen kann.

Daneben hat Dortmund auf Wunsch der Industrie eine Sonderklasse für „Eisenbau" eingerichtet, die sowohl von den Absolventen des normalen fünfsemestrigen Lehrganges anschließend als auch von Ingenieuren aus der Praxis besucht werden kann. Hagen plant eine Sonderklasse für die Kleineisenindustrie. Diese Aufbauklassen sollen nur ein Semester in jedem Jahr bestehen; an der fünfklassigen Höheren Maschinenbauschule als Regelfall soll festgehalten werden.

**In der Aussprache**

hierzu betonte Hr. *Stauch,* Berlin, daß ihm 72 Stunden für die Behandlung der vielen in Aussicht genommenen Gebiete zu wenig erscheinen; hauptsächlich sollten die physikalischen Grundlagen gelehrt werden. Hr. *Volk* berichtet über seinen Besuch der École supérieure in Paris, wo in den Aufbausemestern für Elektrotechnik nur zwei Stunden Vortrag am Vormittag geboten werden und fünf Stunden Übungen am Nachmittag, während die übrigen Stunden den Privatstudien der Schüler vorbehalten sind, für die eine große Zahl kleinerer Studierzimmer und Unterrichtsmaterial in großer Vollständigkeit zur Verfügung gestellt werden. Hr. *Bauersfeld,* Jena, wünscht, daß der größte Wert auf die Elemente gelegt wird. Der Konstruktionsunterricht soll nur einfache Aufgaben behandeln. Wichtiger als das „Was" ist das „Warum".

Hr. *v. Hanffstengel,* Berlin, teilt mit, daß auch in englischen Schulen mehr Wert gelegt wird darauf, das Denken zu lehren als das Wissen. Hr. *Horstmann,* Berlin, wünscht, daß die Schulen eine breite theoretische Grundlage schaffen. Die Hauptfrage sei, wie das abstrakte Wissen zum geistigen Eigentum der Schüler gemacht werden könne. Durch Anwendungsbeispiele müßten Brücken zur Praxis geschlagen werden. Bei den Sonderkursen könne die Gefahr bestehen, daß die Schüler in eine bestimmte Richtung gedrängt werden, in der ihnen die Praxis später keine Betätigungsmöglichkeit bietet. Hr. *Matschoß* möchte die Sonderkurse vornehmlich als Fortbildungsmöglichkeiten für in der Praxis stehende Ingenieure ansehen.

Am zweiten Verhandlungstag führte zuerst Dr. *Bauersfeld,* Jena, den Vorsitz. Die Verhandlungen wurden eingeleitet durch einen Bericht von Prof. Dr. *Litt,* Leipzig, über

**Grundsätzliches zur Ausbildung der Gewerbelehrer.**

Er begründete in sehr überzeugender Weise die von ihm aufgestellten Thesen[1]).

Zum Schluß seiner von hohem Ernst getragenen Ausführungen betonte er, daß die Hochschulvorbildung für den Gewerbelehrer weder der Eigenart der Tätigkeit dieses Berufes gerecht werde, noch der Hochschule nützlich sein könne. Den Schaden davon werde die gesamte nationale Kultur und das deutsche Bildungswesen haben, Handwerk, Industrie und Berufsschule mit eingeschlossen.

In wertvoller Ergänzung zu diesen allgemeinen Ausführungen brachte Ing. *Lenz,* als Berichterstatter des deutschen Ausschusses, einen ausführlichen auf eigenen Erfahrungen fußenden Bericht über

**die Entwicklung der Gewerbelehrer-Ausbildung in Preußen**

und teilte mit, welche Eindrücke eine vom deutschen Ausschuß entsandte Besichtigungsgruppe beim Besuch der drei preußischen berufspädagogischen Institute gewonnen habe.

In einer mehrstündigen, stark in die Breite gehenden

**Erörterung**

kamen sehr deutlich abweichende Meinungen, insbesondere aus dem Lager der Berufsschullehrer selbst, zum Ausdruck. Eine sachliche Klärung war leider nicht zu erzielen. Es

[1]) Vergl. den ausführl. Bericht in der „Technischen Erziehung" Bd. 4 (1929) Nr. 7.

bleibt aber die Hoffnung, daß in einem kleineren Ausschuß, in den Vertreter aller Richtungen zu berufen wären, doch noch über diese für unseren Nachwuchs an Facharbeitern ungeheuer wichtige Frage Übereinstimmung unter den Beteiligten herbeigeführt werden kann.

Infolge der langen Ausdehnung der Erörterung zur Frage der Ausbildung von Berufsschullehrern kam leider die Behandlung des

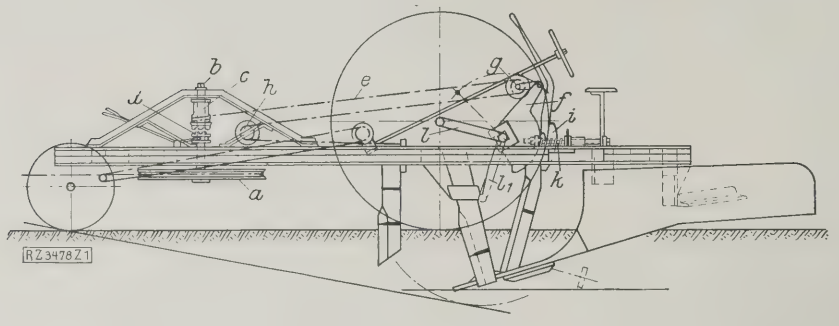
**Werkmeisterproblems**

sehr zu kurz. Immerhin zeigten die unter dem Vorsitz von Dr. *Grießmann*, Magdeburg, vorgetragenen Berichte des Hrn. *Buschmann* vom Deutschen Werkmeisterverband, des Hrn. Regierungsbaumeisters *Frauendienst* vom Städtischen Gewerbesaal Berlin und des Hrn. Obering. *Krug* von den Siemenswerken Berlin, wie weit die Übereinstimmung in allen wichtigen Fragen hier ging und wie alle Beteiligten zu einer Zusammenarbeit auf diesem Gebiete bereit sind. Die Ausbildung begabter Facharbeiter zu Meistern und deren Fortbildung muß gemeinsam gefördert werden, wobei das Ziel dieser Aus- und Fortbildungsarbeit nicht verwischt werden darf: ein tüchtiger, auf allen Gebieten neuzeitlicher Fertigung beschlagener, mit dem nötigen theoretischen Wissen ausgestatteter Meister, wie er gerade in unseren neuzeitlichen Betrieben nicht entbehrt werden kann.

Auch diese wichtige Frage soll in einem kleinen Arbeitsausschuß behandelt werden, für den die Eisenacher Tagung bei der Kürze der zur Verfügung stehenden Zeit nur eine Anregung geben konnte.

[N 3311] *Kothe*

# Kleine Mitteilungen




Grabenpflug großer Leistung für Seilzug.

*a* Seilscheibe
*b* Spindel
*c* Windentrommel
*d* Kupplung
*e* Aushebeseil
*f* Bremshebelarm
*g*, *h* Rollen
*i* Bremsklötze
*k* Federn
*l* gekröpfte Achse in waagerechter Stellung
$l_1$ Achse *l* in senkrechter Stellung

## Fowler-Seilpflug zum Ausheben von Gräben

Zum Ausheben von breiten und tiefen Gräben in sumpfigem Gelände, baut die Firma J. Fowler & Co. einen Grabenpflug von großer Leistung für Seilzug, s. Abb., der Gräben von 2 m Breite oben und 0,2 m am Grunde und 0,6 m Tiefe in einem Arbeitsgang ausheben kann. Dazu bedarf es eines Seilschleppers von 80 PS Leistung. Das Zugseil führt um die waagerecht am Rahmen angeordnete Seilscheibe *a* zur Zugmaschine zurück. Der Rahmen mit den Pflugscharen ruht vorn auf niedrigen lenkbaren Rädern, hinten auf der gekröpften Achse der 2,25 m hohen Hinterräder. Bemerkenswert ist die Vorrichtung zum Ausheben des Pfluges: Von der Windtrommel *c* auf der Spindel *b* führt das Aushebeseil *e* zu der am Bremshebelarm *f* gelenkig befestigten Rolle *g*, von hier über Rolle *h* zu dem die Bremsklötze *i* tragenden Balken, an dem es schließlich festgemacht ist. Die Bremsklötze werden mittels Federn *k* von den Rädern abgehalten. Wird die die Seilwinde mitnehmende Kupplung *d* eingerückt, so wickelt sich das Aushebeseil auf, die Bremsklötze legen sich an, der Hebelarm *f* schwenkt nach vorn, die gekröpfte Achse *l* gelangt aus der fast waagerechten in die nahezu senkrechte Stellung $l_1$ und hebt den Rahmen und die Schare hoch. („Engineering“ 23. August 1929 S. 248*) [N 3485 a] *Ro.*

## Löffelbagger mit 12 m³ Löffelinhalt

Vor kurzer Zeit ist in einem amerikanischen Steinkohlen-Tagebau ein Löffelbagger der Marion Steam Shovel Co. aufgestellt worden, der rd. 1000 t Dienstgewicht bei 12 m³ Löffelinhalt hat. Der Ausleger ist rd. 27 m, der Löffelstiel fast 18 m lang. Die für den Antrieb erforderliche elektrische Energie wird mittels eines Kabels einer 4000 V-Überlandleitung entnommen und über einen im Bagger eingebauten Einankerumformer von 800 kVA den verschiedenen Motoren zugeleitet. Der Energieverbrauch beträgt rd. 0,4 kWh für 1 m³ Aushub, entsprechend einem Arbeitsaufwand von 3000 kWh für 7500 m³ in neunstündiger Arbeit.

Zum Fortbewegen dienen vier Drehgestelle auf Raupenketten, ähnlich wie bei dem schon bekannten Löffelbagger mit 9 m³ Löffelinhalt[1]). Diese großen Bagger mit elektrischem Antrieb haben es erst ermöglicht, nach verhältnismäßig dünnen Kohlenflözen, die unter ziemlich mächtiger Deckschicht liegen, zu schürfen. Der Bagger mit 12 m³ Löffelinhalt soll z. B. ein Kohlenflöz von nur 0,9 m Mächtigkeit gewinnen, das unter einer 7,6 m dicken Deckschicht liegt. („Electrical World“ 10. August 1929 S. 266, 274/76*) [N 3485 b] *Sd.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 17 S. 577.

## Schwierige Eisenbahnbeförderung von Riesentransformatoren

Zum Befördern von vier 60 000 kVA-Transformatoren von den Westinghouse-Werkstätten in Sharon, Pa., nach der Umspannstelle Roseland bei Newark, N. J., waren besondere Maßnahmen erforderlich, die über die auch in Deutschland übliche Benutzung von besonderen Tiefladewagen noch hinausgingen. Insbesondere mußte man die Gleise der Erie-Eisenbahn bei Caldwell, N. J., um rd. 460 mm tiefer legen, um die zulässige lichte Profilhöhe einzuhalten. Die Transformatoren sind rd. 10 650 mm hoch, haben 6700 mm Breite und 7000 mm Länge und wiegen mit Öl je rd. 275 t. Das Blechgewicht beträgt etwa 57 t, das Kupfergewicht rd. 14 t. Die Aufteilung der Lasten ergab 125 t Höchstlast für den einzelnen Tiefladewagen. Außer den vier besonders ausgebildeten Tiefladewagen waren für die vier Transformatoren noch 18 übliche Tiefladewagen (well type), 14 Langwagen, 6 gewöhnliche Flachwagen und 14 Tankwagen erforderlich. Die Transformatoren wurden ohne Öl verladen, waren aber in besonders hergestellte Verladegehäuse eingebaut, die man mit Stickstoffgas füllte, um die Güte der Isolierung zu erhalten. [N 3485 c] *K. M.*

## Maschine zum Entfasern von Hanf

Zur Gewinnung der Hanffaser benutzt die Fa. Robey & Co., Lincoln, eine Maschine, bei der an Trommeln befestigte Schläger die Stengel bearbeiten und so das Fleisch von der Faser entfernen. Der Hanf gelangt mittels eines Kettenförderers auf eine in einer engen Umhüllung umlaufende Trommel, worin der Hanf geschlagen wird. Danach werden die halb entfleischten Stengel umgewendet und auf eine zweite ähnliche Trommel geführt; die abgerissenen Fleischteile werden vorher mittels eines Luftstromes abgeblasen. Nach Durchgang durch die zweite Trommel ist die Faser vollständig rein. Die Maschine ist einschließlich des 4,9 m langen Zuführtisches insgesamt 9 m lang und braucht 80 PS. („The Engineer“ 23. August 1929 S. 165*) [N 3485 f] *Schr.*

## Kessel für Betriebs- und Versuchszwecke

Die C. H. Wheeler Mfg. Co., Philadelphia, hat seit mehr als einem Jahr einen Kessel in Betrieb, der zu gleicher Zeit Sattdampf von 12,3 at für Fabrikationszwecke und Dampf bis zu 30 at Druck und 427 ° zum Prüfen von Luftpumpen und ähnlichen Einrichtungen unter Betriebsbedingungen liefern kann. Der Kessel wird mit dem Versuchsdruck betrieben und der Fabrikationsdampf mittels eines Druckminderventils auf 12,3 at gedrosselt. Der Versuchsdampf wird in

zwei besonderen, mit Leuchtgas beheizten Überhitzern, deren Gasventile von einem thermoelektrischen Pyrometer selbsttätig beeinflußt werden, auf die gewünschte Temperatur überhitzt. Je nach der geforderten Versuchs-Dampfmenge können die Überhitzer einzeln oder gemeinsam in Betrieb genommen werden. Der Kessel wird mit Anthrazit beheizt, die Eintrittstemperatur des Speisewassers beträgt 97 bis 102 °. („Power" 13. August 1929 S. 244*) [N 3485 d] *Le.*

### Dreiachs-Kraftomnibusse im Londoner Verkehr

Die London General Omnibus Co. hat Anfang August d. J. den ersten von den 270 Dreiachsomnibussen in den Verkehr eingesetzt, die sie bei der Associated Equipment Co. bestellt hat. Sie beabsichtigt, in verhältnismäßig kurzer Zeit ihren ganzen Park von etwa 1000 zweiachsigen Omnibussen durch dreiachsige zu ersetzen. Die neue Bauart ist schon längere Zeit versuchsweise in Gebrauch gewesen. Ihr wichtigstes Merkmal ist, daß sie den Übergang von der Vollgummi- zur Luftbereifung bedingt, wodurch die Bequemlichkeit der Fahrgäste wesentlich gefördert wird. Die Fahrzeuge werden von Sechszylindermotoren von 100 mm Zyl.-Dmr. und 130 mm Hub angetrieben, die bei 2500 U/min 95 PS leisten und mit den vierstufigen Wechselgetrieben zusammengebaut sind. Nach Ausbau eines Querträgers kann der ganze Block aus dem Rahmen entfernt werden. Die beiden Treibachsen haben Schneckenantrieb und drei Ausgleichgetriebe. Beide Bremsen wirken auf die vier Hinterräder, die Fußbremse unter Vermittlung eines Unterdruck-Hilfszylinders nach Dewandre. Über die Wagenaufbauten ist noch nicht endgültig entschieden. Der erste Wagen faßt 54 Sitzplätze, von denen 30 auf dem Oberdeck liegen, und hat ungedeckte Treppe. („Motor Transport" 12. August 1929 S. 201/03*) [N 3485 e] *H.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Der Quecksilberdampf-Gleichrichter.** Von *Kurt E. Müller-Lübeck.* 2. Bd.: Konstruktive Grundlagen. Berlin 1929, Julius Springer. 350 S. m. 340 Abb. u. 4 Taf. Preis 42 *RM.*

Nach einer vierjährigen Pause ist der zweite Band erschienen und hat die hochgespannten Erwartungen voll erfüllt.

An Bedeutung hat das Werk dadurch sehr gewonnen, daß der zweite Band erst jetzt erschienen ist; denn eben in den letzten Jahren hat die Anwendung des Quecksilberdampf-Gleichrichters einen gewaltigen Aufschwung genommen, und es sind wertvolle Erfahrungen gesammelt worden, die jetzt berücksichtigt werden konnten.

Das Werk beginnt mit einer theoretischen Abhandlung über die Charakteristiken des Quecksilberdampf-Gleichrichters. Man muß bewundern, wie elegant und umfassend der Verfasser mathematisch schwierig zu erfassende Verhältnisse im Gleichrichter behandelt, z. B. die Spannungscharakteristik, die er bis zum Kurzschluß ableitet. Dabei wird berücksichtigt, daß mit zunehmender Belastung immer mehr Anodenströme zu gleicher Zeit fließen; die verschiedenen Transformatorschaltungen treten als Sonderfälle eines „verallgemeinerten Normalgleichrichters" auf. Ebenso ist die Welligkeitscharakteristik gewürdigt, die sehr wichtig ist für die Behebung von Fernsprechstörungen, und schließlich die Leistungscharakteristiken und die schwierige Frage der Beurteilung des Leistungsfaktors beim Gleichrichter. Der theoretische Teil wird abgeschlossen mit einigen Betrachtungen über den Kurzschlußstrom und die Berechnung von Gleichrichteranlagen.

Der konstruktive Teil gibt ein zusammenfassendes Bild des heutigen Standes der Technik des Quecksilberdampf-Gleichrichters, wobei der Verfasser sehr objektiv ist. Hervorzuheben ist schließlich noch das Kapitel über die für Gleichrichteranlagen sehr wichtigen Schnellschalter.
[E 3281] *Krijger*

**Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft.** 10. Bd. 1927. Hamburg 1928, Verlag der Hafenbautechnischen Gesellschaft, E. V. Für den Buchhandel: VDI-Verlag, Berlin. 222 S. m. 283 Abb. und 5 Taf. und Textbl. Preis 30 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 27 *RM.*

Das 10. Jahrbuch reiht sich seinen Vorgängern würdig an. Der wissenschaftliche Teil bringt zunächst die auf der Hauptversammlung gehaltenen Vorträge: *Skalweit* berichtet über „Die Bedeutung des Ruhrgebietes und der Ruhrkohle"; die Ruhrförderung wird in Vergleich gesetzt mit der Weltförderung und besonders mit der englischen Kohlenförderung. Ein inhaltreicher Aufsatz: Die Duisburg-Ruhrorter Häfen von *Germanus* führt nicht nur die technische Ausgestaltung an der Hand von Zeichnungen und Plänen vor, sondern behandelt auch sehr eingehend den Güterverkehr dieses größten Binnenschiffshafens der Welt. Die Mittel zur Beschleunigung der Kohlenverladungen im Hafen bringt *Wehrspan* in seinem Aufsatz „Kohlenverladung am Rhein-Herne-Kanal". Es folgt eine Reihe von Beiträgen verschiedener Verfasser über die Werkhäfen am Niederrhein und über die Mülheimer Hafenanlagen, in denen ebenfalls die technische Ausgestaltung sowie die Wirtschafts- und Verkehrslage behandelt werden. In besonderen Aufsätzen werden die Eisenbahnverhältnisse der Duisburg-Ruhrorter Häfen und die Schiffahrtwege vom Rhein nach der Ruhr dargelegt. Es folgen drei Aufsätze über holländische Häfen; von besonderem Wert ist der Bericht über die Entwicklung des Kaimauerbaues in Rotterdam durch den Vergleich mit der Bearbeitung des gleichen Themas im 9. Jahrbuch über die bremischen Uferbefestigungen, ebenso ein Aufsatz über zweigeschossige Schuppen im Amsterdamer Hafen, ein Thema, das auch schon im 9. Jahrbuch am Beispiel des Hamburger Hafens erörtert wurde. Den Schluß bildet ein Aufsatz von *Grübeler* über die Befeuerung und Betonnung der Elbe. [E 3346] *Lübbers*

**Die Grundlagen der Tragflügel- und Luftschraubentheorie.** Von *H. Glauert.* Übers. von *H. Holl.* Berlin 1929, Julius Springer. 202 S. m. 115 Abb. Preis 13,75 *RM.*

Der Mangel an einer zusammenfassenden, leicht lesbaren Darstellung der bisherigen Arbeiten über die Tragflügel- und Luftschraubentheorie mag wohl manchen Ingenieur vom Studium dieses Gebietes abgehalten haben. Das vorliegende Buch von *Glauert* ermöglicht es jedem Leser, dem die Grundlagen der Differential- und Integralrechnung bekannt sind, sich einen Einblick in die Aeromechanik zu verschaffen. Umfangreiche, schwierige mathematische Entwicklungen sind vermieden. Bei der Übertragung ins Deutsche wurde die englische Fassung beibehalten; die Formelbezeichnung schließt sich, entgegen der in der deutschen aerodynamischen Literatur üblichen, gewissen Gewohnheiten der Turbinenfachleute an, was nicht unbedingt als zweckmäßig anzusehen ist.

In den ersten Kapiteln werden die Grundlagen der Hydrodynamik wiedergegeben. Sodann behandelt der Verfasser ausführlich die Auftriebstheorie für einen unendlich breiten Flügel. Einen Einblick in das schwierige Problem des Widerstandes gibt das Kapitel „Zähigkeit und Widerstand". Daran schließt sich die Darstellung der Theorie für Flügel mit endlicher Spannweite. Weiterhin wird noch der Einfluß der endlichen Begrenzung der Windkanäle auf die Ergebnisse der Modellversuche untersucht. Die Entwicklung der Luftschraubentheorie wird in den letzten Kapiteln gezeigt.
[E 3390] *H. Peters*

*Waeser-Dierbach,* **Der Betriebs-Chemiker.** 4. Aufl. Von *Bruno Waeser.* Berlin 1929, Julius Springer. 340 S. m. 119 Abb. Preis 19,50 *RM.*

Die technische Führung eines chemischen Betriebes ohne ein gewisses Maß von Kenntnissen der Ingenieurwissenschaften war früher schon mit Schwierigkeiten verknüpft und ist es heute noch viel mehr, wo die Wirtschaftlichkeit häufig durch Verwendung neuzeitlicher, zweckmäßig gestalteter Apparate und Maschinen bedingt ist. Nur in wenigen chemischen Fabriken sind Betriebsingenieure vorhanden; der junge Betriebschemiker, insbesondre der nur auf der Universität ausgebildete, braucht aber einen betriebstechnischen Ratgeber. Als solcher hat sich seit einem Vierteljahrhundert das vorliegende Buch bewährt. Die neue Auflage ist zeitgemäß ausgestaltet und vervollständigt. Der Text zeichnet sich aus durch straffe Form des Dargestellten und wird durch vielfach recht gute Abbildungen unterstützt.

Wenn auch die zum Teil elementar gehaltenen Ausführungen über die angewandte Mechanik dem Ingenieur vollkommen geläufig sind, so dürften doch für ihn manche Besonderheiten, die das Buch aus der chemischen Technik bringt, von Belang sein, zumal durch häufige Literaturhinweise das Eindringen in Einzelheiten ermöglicht wird.
[E 3328] Dr. *Schaub*

**Untersuchungsmethoden der Lack- und Farben-Industrie** (Physical and Chemical Examination of Paints, Varnishes, Lacquers and Colors). Von *Henry A. Gardner*. Übersetzt und ergänzt von *Bernhard Scheifele*. Berlin 1929, Union Deutsche Verlagsgesellschaft. 807 S. m. 240 Abb. Preis 45 *RM*.

Unter den Neuerscheinungen, die die Lack- und Farbenindustrie betreffen, ist dieses Buch besonders hervorzuheben. Für den Ingenieur, der sich mit der Vollendungstechnik zu befassen hat, d. h. der Technik, deren Aufgabe es ist, die Erzeugnisse ansprechend und dauerhaft auf den Markt zu bringen, bedeutet die Herausgabe dieses Werkes die Erfüllung eines lang gehegten Wunsches.

Es fehlte bisher an einem Buche, aus dem der Ingenieur schnell und sicher Auskunft entnehmen konnte über Eigenschaften, Deckkraft und Helligkeit von Farbfilmen. Über ihre Konsistenz, Viskosität, Spritzfähigkeit, Plastizität, Abhängigkeit von Filmdicke und Austauchgeschwindigkeit, Abreibbarkeit, Trockengeschwindigkeit, Glanzmessungen usw. findet er in dem Werk viel Praktisches und Wissenswertes. Die Darstellung zeichnet sich im besonderen dadurch aus, daß gerade der physikalischen Prüfung im Gegensatz zur struktur-chemischen ein breiter Raum gewidmet ist. Die zerstörenden Kräfte, denen der Farbfilm gewachsen sein muß, sind vornehmlich physikalischer Art. Es ist daher klar, daß auch den Ingenieur die physikalische mehr als die chemische Seite interessiert.

Aber auch der Ingenieur, der als Forscher und Kalkulator für sein Unternehmen Untersuchungen durchzuführen hat, kommt zu seinem Recht. Die Kapitel über beschleunigte Wetterprüfung und Naturlageversuche sind als klassisch zu bezeichnen. Die Anschaffung des Buches empfiehlt sich allein schon wegen dieser beiden Monographien. Zu erwähnen ist noch, daß sich der Bearbeiter der mühevollen aber dankenswerten Aufgabe der Umrechnung der Zahlentafeln unterzogen hat.

[E 3266] Dr.-Ing. *Paul Nettmann*

Sammlung Göschen, 1006. Bd.: **Elektrizität im Hause.** Von *F. Niethammer*. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 140 S. m. 104 Abb. Preis 1,50 *RM*.

Die vorliegende Schrift ist geeignet, zu zeigen, welche Möglichkeiten rein technisch für die Anwendung der Elektrizität im Haus gegeben sind; darüber hinaus erlaubt sie, durch kurze Angaben der wichtigsten wirtschaftlichen Fragen und durch Anführung von Leistungen, Stromverbrauchzahlen, Wirkungsgradkurven auch eine Beurteilung der wirtschaftlichen Möglichkeit der Anwendung der behandelten elektrischen Geräte in der Praxis des Hausbetriebes. Die Darstellung wird wirksam ergänzt durch eine große Anzahl von Abbildungen, die sich durch Klarheit der Darstellung auszeichnen.

[E 3259] *M. Mengeringhausen*

**Abhandlungen und Berichte über Technisches Schulwesen.** In Verbindung mit dem Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine und dem Verein deutscher Ingenieure veranlaßt und herausg. vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwesen. Band X: **Bericht über die Hochschultagung Dresden 1928.** Berlin 1929, Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwesen. 100 S. Preis geb. 2,60 *RM*.

Das Buch enthält die sechs in der Hochschultagung vor getragenen Berichte, die ganze umfangreiche Aussprach und die als „Ergebnisse" zusammengefaßten hauptsächlich sten Wünsche und Forderungen, die in der Tagung ge äußert worden sind. Über die Gründe für die Hochschul tagung und die Bedeutung, die ihr für das Unterrichtswese an den Technischen Hochschulen und seine Auswirkung au die Entwicklung der deutschen Technik überhaupt zukomm ist auf den Aufsatz „Die Hochschultagung Dresden" vo *E. Heidebroeck* auf S. 1235 in Nr. 34 dieser Zeitschrift hin zuweisen; darin zeigt sich auch deutlich die Wichtigkei der nun vorliegenden Veröffentlichung. [E 3449]

**Hochdruckdampf II.** Sonderheft der VDI-Zeitschrift. Berli 1929, VDI-Verlag. 169 S. m. 433 Abb. u. 3 Taf. Prei 6 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Inhalt: *Chr. Eberle*, Der Einfluß des Hochdruckdampf auf die Entwicklung industrieller Dampfanlagen. *E. Neßle* Hochdruckdampf und Wärmeinhalt. *Löffler*, Hochdruck dampfbetrieb. *E. Josse*, Untersuchungen an der 60 at-Dampf kraftanlage von A. Borsig. *W. G. Noack*, Dampfturbinen fü hohen Druck. *E. Josse*, Untersuchungen an neuzeitliche mehrgehäusigen Dampfturbinen. *Löffler*, Energiewirtscha und Hochdruckdampfbetrieb. *H. Bauer*, Getriebedampf turbinen für hohe und höchste Drücke. *W. Abendroth* Dampfkraftanlage mit Benson-Kessel im Kraftwerk der Sie mens-Schuckertwerke. *A. Stodola*, Leistungsversuche a einer 11 000 kW-Zoelly-Dampfturbine. *F. Münzinger*, Di Kesselanlage des Großkraftwerkes Klingenberg. *E. A. Kraf* Die Turbinenanlagen im Großkraftwerk Klingenberg *H. Gleichmann*, Das Benson-Verfahren zur Erzeugung höchst gespannten Dampfes. *W. E. Wellmann*, Abnahmeversuch an einer 80 000 kW-Turbodynamo des Großkraftwerkes Klin genberg. *St. Löffler*, Das Zeitalter des Hochdruckdampfes *R. P. Wagner*, Die Schmidt-Hochdrucklokomotive. *O. Knol lauch* und *W. Koch*, Die spezifische Wärme des überhitzte Wasserdampfes für Drücke von 30 bis 120 at und von Sätti gungstemperatur bis 450 °C. *H. Nordmann*, Die Schmidt Hochdrucklokomotive. *O. H. Hartmann*, Erfahrungen mi dem Schmidt-Hochdrucksicherheitskessel. *Gleichmann*, Wei terentwicklung des Benson-Verfahrens.

**Vielschnittbänke**, ihre Konstruktion und Arbeit. Von *Ma Kurrein*. Berlin 1929, Verlag der Werkzeugmaschine 114 S. m. 164 Abb. Preis 15 *RM*.

Arbeiten aus dem Michel-Institut für Fabrikwirtschaft: **Di Steuerung der Materialbewegung in Fabriken mit Einze und Massen-Fertigung.** Von *M. Ahlburg*. Berlin 192 Julius Springer. 110 S. m. 7 Abb. Preis 4,50 *RM*.

**Die Kühlung der Braunkohlenbriketts.** Von *Herber Schuster*. Halle (Saale) 1929, Wilhelm Knapp. 108 S. m 37 Abb. Preis 7,60 *RM*.

**Handbuch der Mineralchemie.** Herausgeg. von *C. Doelte* und *H. Leitmeier*. 4. Bd. 15. Lfg. Dresden und Leipzi 1929, Theodor Steinkopff. 213 S. Preis 12 *RM*.

Deutscher Ausschuß für Eisenbeton. 60. H.: **Versuche übe Längen- und Gefügeänderung von Betonzuschlagstoffe und Zement-Mörteln unter Einwirkung von Temperature bis 1200 °C.** Von *Kurd Endell*. Berlin 1929, Wilhel Ernst & Sohn. 32 S. m. 10 Abb. u. 11 Taf. Preis 4,80 *RM*

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Neuzeitliche Flaschenkellereimaschinen. Von *E. Rausch* | 1253 |
| Aus der Elektrizitätswirtschaft | 1260 |
| Schmiedespannungen, Vergütungsspannungen und Wärmespannungen | 1260 |
| Über die Beziehungen der Dauerbiegefestigkeit zu den statischen Festigkeitswerten. Von *W. Herold* | 1261 |
| M. Rudeloff † | 1267 |
| Carl Freiherr Auer von Welsbach † | 1268 |
| Neuerungen im Baumaschinenwesen. Von der Leipziger Baumesse. Von *A. Bonwetsch* | 1269 |
| Schiffssicherheitsvertrag 1929 | 1274 |
| Erzförderung und Mannschaftsfahrt im Schleppschacht. Von *H. Smonker* | 1275 |
| Entladen von Getreideschiffen. Von *P. Schröder* | 1278 |
| Das Institut für Strömungsmaschinen an der Technischen Hochschule Karlsruhe. Von *W. Spannhake* | 1280 |
| Die Gewinnung von Beryllium | 1282 |
| Rundschau: Genormte eiserne Aufbauten für Kraftomnibusse — Wirtschaftliche Überlegungen bei Anschaffung und Betrieb elektrischer Widerstandöfen — Über den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten — Ein neuer Kernofen — Schnellgerbverfahren — Deïon-Luftschalter — Wasserverbrauch und Wasserbeschaffung in Großstädten — Ausbildungsfragen — Kleine Mitteilungen | 128 |
| Bücherschau: Der Quecksilberdampf-Gleichrichter. Von *K. E. Müller* — Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft — Die Grundlage der Tragflügel- und Luftschraubentheorie. Von *H. Glauert* — Der Betriebs-Chemiker. Von *B. Waeser* — Untersuchungsmethoden der Lack- und Farben-Industrie. Von *H. A. Gardner* — Elektrizität im Hause. Von *F. Niethammer* — Abhandlungen und Berichte über Technisches Schulwesen: Bericht über die Hochschultagung Dresden 1928 — Hochdruckdampf II — Eingänge | 129 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 73 SONNABEND, 14. SEPTEMBER 1929 Nr. 37

# Kohlenauswahl und Kokseigenschaften

*Von Dr.-Ing. OTTO HUPPERT, Berlin*

*Die Beschaffenheit der Kokskohle. Die Kokssorten. Auswahl der Kohlen zur Herstellung einer bestimmten Kokssorte. Die Mischung der zu verkokenden Kohlen. Der wissenschaftliche Ausbau des Kohlenmischverfahrens.*

Während des Krieges und kurze Zeit nachher richteten die Kokereien Deutschlands ihr Augenmerk noch mehr als vorher auf die Gewinnung der Nebenerzeugnisse sowie auf die Ausgestaltung der Gas- und Wärmewirtschaft. Auf die Erzeugung von gutem Koks war man weniger bedacht. Nachdem uns aber durch Versailles ein beträchtlicher, wertvoller Teil der Kohlengruben genommen war, mußte man natürlich mehr und mehr danach streben, durch geeignete Auswahl der Kohlen und deren Aufbereitung, sowie durch sorgfältige Verkokungsverfahren, mit den geringsten Mitteln den besten Koks herzustellen.

Wozu auch immer ein Koks verwendet werden mag, ein hoher Aschengehalt ist stets unerwünscht.

### Die Asche

einer Förderkohle setzt sich nach ihrer Herkunft aus zwei Teilen zusammen: den Mineralstoffen der Pflanzen und den wechselnden Mengen von angeschwemmtem Sand und Tongestein. Ein hoher Aschengehalt einer Kohle ist stets auf große Mengen von diesen angeschwemmten Stoffen zurückzuführen, deren Verteilung innerhalb der Kohle sehr ungleichmäßig ist. Wird daher ein guter Koks verlangt, so müssen diese Fremdstoffe zum mindesten dadurch gleichmäßig verteilt werden, daß man die Förderkohle mahlt und dabei mischt. Der Koks wird besser, wenn man durch geeignete Aufbereitung jene Bestandteile zum größten Teil beseitigt.

Mittels der heutigen Aufbereitungstechnik kann man eine ziemlich reine, aschenfreie Kohle herstellen. Die wichtigste Eigenschaft für eine zu verkokende Kohle ist aber nicht der Aschengehalt, sondern ihre

### Backfähigkeit,

die allerdings zum guten Teil auch vom Gehalt an Asche und von deren Beschaffenheit abhängt. Zunehmend erhitzte, zum Verkoken geeignete Kohle wird um 400 ° herum unter mehr oder weniger großer Gasentwicklung teigig bis flüssig, sie backt. Bei einer Temperatur von etwa 150 ° wird sie wieder fest. Erst dadurch entsteht das einheitliche, stückige, poröse Gebilde, das man Koks nennt. Man bestimmt die Backfähigkeit einer Kohle nach dem Verfahren von *Meurice*[1]) dadurch, daß man feststellt, wieviel feinen Sand die gleichfalls feingemahlene Kohle beim Verkoken im Tiegel zu binden vermag. Ein großer Teil der geförderten Kohlenmengen hat keine Backfähigkeit. Diese, vornehmlich geologisch älteren Kohlen werden zwar beim Erhitzen weich aber nicht homogen und zerfallen beim Erkalten. Sie können aber trotzdem zur Erzeugung eines guten Kokses gebraucht und daher in der Großindustrie verarbeitet werden, wenn man sie mit gut backender Kohle vermischt, wobei häufig der aus dem Kohlengemisch erhaltene Koks noch besser ist, als der aus der backenden Kohle allein hergestellte.

### Der Treibdruck

einer Kohle kann die Ofenwandungen gefährden. Darum müssen z. B. treibende Magerkohlen, die einen ausgezeichneten Koks ergeben, mit weniger treibenden Kohlen vermischt werden. Dazu eignen sich stark backende Kohlen besonders gut. Im übrigen ist das Treiben eine Eigenschaft, die auch gasreiche Kohlen haben können; je dichter die Kohlen im Ofen liegen, um so mehr sind die Ofenwände gefährdet.

Ebenso wichtig ist das Mischen der Kohlen für die Gaswerke, da sie die Kohlensorten verarbeiten müssen, die sie erhalten, während die Kokereien meistens mit eigener Zeche verbunden sind und daher viel gleichmäßiger beliefert werden. Da die Gaswerke heute bestrebt sein müssen, einen Koks höchster Güte herzustellen, so genügt es für sie nicht, eine gute Gaskohle oder Gasflammkohle mit viel

### flüchtigen Bestandteilen

zu verarbeiten, da diese einen zu porösen und zu weichen, unter gewissen Umständen sogar einen ganz minderwertigen Koks ergeben; es bedarf vielmehr des Zusatzes einer Magerkohle, die die Eigenschaften des Kokses verbessert. Menge und Art der flüchtigen Bestandteile sind übrigens, wie später gezeigt werden soll, von großer Bedeutung für eine Kokskohle, und ihre Bestimmung dient heute den meisten Kokereien als wichtigster Wegweiser bei der Kohlenmischung.

Weitaus die größte Menge der verkokten Kohlen wird zu Hochofenkoks verarbeitet. Die meisten Hochöfener halten, in Übereinstimmung mit *H. Koppers*, die Reaktionsfähigkeit des Kokses für seine wichtigste Eigenschaft bei der Verwendung im Hochofen. Es gibt allerdings einzelne Fachleute, die die Bedeutung der Reaktionsfähigkeit bestreiten[2]). Überhaupt sind die Ansichten der Hochöfener über die an einen guten Hochofenkoks zu stellenden Anforderungen geteilt[3]). Über die Reaktionsfähigkeit des Kokses ist in den letzten Jahren ein umfangreiches Schrifttum entstanden, das zum Teil von *Metzger* und *Pistor* zusammengestellt worden ist[4]). Sie erwähnen 64 größere deutsche, in den Jahren 1921 bis 1927 erschienene Abhandlungen über das Gebiet. Dazu kommt noch eine Reihe ausländischer Veröffentlichungen.

*Koppers*[5]) hat als erster im Anschluß an die Arbeiten von *Simmersbach* auf die praktische Bedeutung der Reaktionsfähigkeit von

### Hochofenkoks

hingewiesen. Er beobachtete, daß der in Amerika verwendete Bienenkorbkoks erheblich bessere wirtschaftliche Ergebnisse zeitigte, als der sogenannte Nebenproduktenkoks, der in den neueren Öfen bei höherer Temperatur und oft durch Übergarstehen hergestellt worden war und infolgedessen einen Teil seiner Reaktionsfähigkeit eingebüßt hatte. 1908 wurden die ersten Koppers-Öfen in Amerika in Betrieb gesetzt, und zwar in Form einer Versuchsanlage auf dem Werk Joliet, die aus 280 Koksöfen bestand und vier Hochöfen versorgte. Schon sehr bald ergab sich, daß

[1]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 972.

[2]) Vergl. *Bansen*, „Stahl und Eisen" Bd. 46 (1926) S. 1018.
[3]) Vergl. *Thau* u. *Mogwitz*, „Stahl und Eisen" Bd. 43 (1923) S. 1127
[4]) „Kohle, Koks, Teer" Bd. 12. Halle 1927.
[5]) „Stahl und Eisen" Bd. 34 (1914) S. 585.

der Betrieb der neuen Öfen wesentliche Ersparnisse brachte, und daß der dabei hergestellte Koks trotzdem sehr reaktionsfähig war. Es ist das Verdienst von *Koppers*, die Frage nach der Auswahl der Kohlen und ihrer weiteren Behandlung zur Gewinnung bestimmter Kokssorten praktisch und wissenschaftlich verfolgt und immer wieder auf die große wirtschaftliche Bedeutung dieser Fragen hingewiesen zu haben[6]). *Koppers*[7]) hat ein Verfahren zur Bestimmung der Reaktionsfähigkeit des Kokses gefunden, das heute, hie und da abgeändert, ziemlich allgemein benutzt wird. Es beruht darauf, daß man durch eine Schicht feinkörnigen Kokses bei Temperaturen von 950 ° Kohlensäure leitet und feststellt, wieviel Kohlenoxyd sich dabei bildet. *Koppers* sieht also in dem Umsetzungsgrade der Kohlensäure zu Kohlenoxyd das Maß der Reaktionsfähigkeit.

Meistens wird zum Betrieb des Hochofens ein nicht zu dichter Koks mit großen Zellen und dünnen Zellwänden verwendet. Hochofenkoks soll eine gewisse Härte haben, damit er den im Hochofen herrschenden Druck — über dessen Größe die Meinungen allerdings geteilt sind — auszuhalten vermag. Wichtig für einen wirtschaftlichen Hochofenbetrieb ist ein gleichmäßiger Aschen- und Schwefelgehalt des Kokses, da man nur dadurch die Schlackenzusammensetzung berechnen kann. Da

**Gießereikoks**

lediglich zur Erzeugung hoher Temperaturen zum Schmelzen des Roheisens dient, so ist die an sich unwirtschaftliche Reduktion von Kohlensäure zu Kohlenoxyd hier sehr unerwünscht. Der Schmelzkoks soll daher eine möglichst geringe Reaktionsfähigkeit aufweisen. Gießereikoks kann darum dichter sein als Hochofenkoks. Verlangt werden Festigkeit, Großstückigkeit und große Reinheit, besonders in bezug auf den Schwefelgehalt.

Koks zur Herstellung von Wassergas sollte reaktionsfähig und vor allem aschenarm sein, da die Kosten der Schlackenentfernung hier besonders hoch sind. Niedriger Gehalt an Schwefel ist erwünscht, weil Teile in Form von Schwefelwasserstoff in das Wassergas übergehen. Der Schmelzpunkt der Asche darf nicht zu tief liegen, da sonst Schlackenbildung begünstigt wird. Ein zu hoher Schmelzpunkt schädigt die Wände des Gaserzeugers.

Bei

**Hausbrandkoks**

spielen Aschengehalt, Schmelzpunkt der Asche und Dichte des Koksgefüges eine weniger wichtige Rolle. Eine gewisse Reaktionsfähigkeit und ein niedriger Zündpunkt sind besonders für Kleinfeuerungen erwünscht. Die spezifisch leichteren Sorten von Gaskoks sind im allgemeinen billiger, weil weniger beliebt, da sie zu rasch wegbrennen und daher die Arbeit an den Feuerungen verteuern. Besondere Ansprüche an Härte werden nicht gestellt, doch soll Hausbrandkoks so zähe sein, daß er bei der Beförderung nicht zerbröckelt.

Nach *Thau*[7a]) hängt die Beschaffung des Kokses zu 80 vH von der Art der verwendeten Kohle ab; 20 vH entfallen auf die Behandlungsweise der Kohle bei der Verkokung, wie z. B. Ofentemperatur, Ofenheizung, Geschwindigkeit der Wärmedurchdringung, Ofenbreite, wobei erwähnt sei, daß sich die Kokereifachleute über keine einzige dieser Bedingungen völlig einig sind. Was die

**Auswahl der Kohlen zur Herstellung eines bestimmten Kokses**

und dessen Herstellungsweise anbelangt, so wird von einer Kohle im allgemeinen zur Erzeugung von Hochofenkoks neben guter Backfähigkeit eine beträchtliche Menge an flüchtigen Bestandteilen verlangt, da gasreiche Kohlen, infolge der Einwirkungen des entweichenden Gases auf die Oberflächengestaltung einen reaktionsfähigeren Koks ergeben als gasarme. Planmäßige Aufbereitung zur Beeinflussung der Backfähigkeit oder Verringerung des Schiefergehaltes ist notwendig. Zuweilen wird es geboten sein, die im Kohlengefüge verteilte Faserkohle, die nicht backt und meist in einem Korn von 0 bis 0,2 mm vorhanden ist, vor der Verkokung durch umlaufende Siebe abzuscheiden und zur Kohlenstaubfeuerung zu verwenden. *Koppers* legt besonderes Gewicht auf die Entgasungstemperatur und den Entgasungsgrad[7]).

Zur Gewinnung von Gießereikoks eignen sich feinaufbereitete, gewaschene, gut schmelzende Magerkohlen. Der Verkokungsvorgang ist so zu leiten, daß die schon durch die Auswahl der Kohle bedingten Kokseigenschaften, wie geringe Reaktionsfähigkeit, Härte, Dichte, dadurch verstärkt werden. Für die Herstellung von Wassergaskoks ist auf niedrigen Aschen- und Schwefelgehalt der Kohlen sowie auf die Einhaltung gewisser Grenzen für den Schmelzpunkt der Asche besonderes Gewicht zu legen. Für Hausbrandkoks kommt nicht so sehr eine bestimmte Kohle in Betracht, als vielmehr die Art der Aufbereitung und der Verkokung. Da leichte Entzündbarkeit und Reaktionsfähigkeit von besonderem Werte sind, so spielen auch hier wie bei Hochofenkoks niedrige Entgasungstemperaturen und ein nicht zu vollständiger Entgasungsgrad (Gehalt an Wasserstoff) eine Rolle.

Da man für eine bestimmte Koksverwertung nur selten über die entsprechende Kohle verfügt, und da sich kaum je mit einer Kohle alle Koksverbrauchseigenschaften erreichen lassen, so ist fast immer eine

**Mischung der zu verkokenden Kohlen**

geboten, selbst für die Kokereien, die über eine Zeche verfügen. Die Frage der Kohlenmischung ist angesichts der Bestrebungen zur Rationalisierung in der Industrie im In- und Auslande immer wichtiger geworden. Auf der Brennstofftagung der Weltkraftkonferenz, London, Herbst 1928, betonte der Franzose *E. Langrogne* in einem Vortrag über die Fortschritte in der Kokereiindustrie, welche Bedeutung der Herstellung eines durchgebildeten Kohlenmischverfahrens zukäme. Er wies darauf hin, daß die Lothringer Hüttenwerke, als sie noch im deutschen Besitze waren, nur Ruhrkohle verwendet hätten, und daß Frankreich mit dem Besitze jener Hüttenwerke zugleich die Saarkohle erhalten hätte, deren Koks für die Lothringer Hochöfen ungeeignet wäre. Erst durch bestimmte Mischungen, die in längeren Versuchen erprobt wurden, gelang es, den Koks der gasreichen Saarkohle in Lothringen zu verwerten. Auch in Amerika und England beschäftigt man sich zur Zeit eingehend mit den Kokereimischverfahren und der damit zusammenhängenden Frage nach der Kennzeichnung der Kohle, und auf der Londoner Tagung 1928 wurde der Vollzugausschuß der zweiten Berliner Weltkraftkonferenz 1930 aufgefordert, „sich mit den nötigen Vorkehrungen zu befassen und internationale Bezeichnungen für die Einteilung der Kohle nach ihren Eigenschaften herbeizuführen und ein einheitliches System zu schaffen, um damit die grundlegenden Eigenschaften der Kohle zu bestimmen".

Die Kennzeichnung der Kohle nach ihren Eigenschaften, insbesondere nach ihrem Verhalten beim Verkoken zur Erzeugung eines bestimmten Kokses ist die Grundlage eines zu schaffenden Kohlenmischverfahrens. Diese Grundlage muß erst hergestellt werden, denn es ist bis heute noch nicht gelungen, einen derartigen Einblick in die verwickelte Zusammensetzung der Kohle zu erlangen, als daß man daran denken könnte, die Kohle nach wissenschaftlichen Gesichtspunkten in klar voneinander geschiedene Klassen einzuteilen. Dennoch hat die umfangreiche Arbeit, die auf dem Gebiet im letzten Jahrzehnt praktisch und theoretisch geleistet wurde, bereits ihre Früchte getragen.

Durch das Mischen hat man es zunächst in der Hand, Kohlen, die schlecht oder gar nicht backen, mit gut backenden zusammen zu verkoken. Ferner kann man das für die Wände der Kokskammern äußerst verhängnisvolle Treiben bestimmter Kohlen durch Vermischen mit nicht treibenden Kohlensorten verhindern. In diesem Falle hat sich als Zusatzmittel Schwelkoks gut bewährt[8]). Überhaupt wird mehr und mehr Halbkoks als Mischmittel, besonders für sehr gasreiche Kohlen zur Verbesserung des Kokses benutzt, wobei man zuweilen, wie z. B. im Saargebiet, einen Halbkoks als Zusatz benutzt, der aus ein und derselben Kohle hergestellt ist, die einen Koks mit Eigenschaften ergibt, die an sich nicht ausreichen. Weiterhin werden zweck-

[6]) „Stahl und Eisen" Bd. 41 (1921) S. 1173 u. 1254.
[7]) Z. Bd. 69 (1925) S. 531 und „Entgasen und Vergasen", Sonderheft der VDI-Zeitschrift, Berlin 1926, S. 29.
[7a]) s. Anm. [8]) S. 1293.
[8]) Vergl. *Schuhmacher*, „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 72 (1929) S. 9.

Abb. 1
Förder-, Mahl- und Mischanlage für die Zentralkokerei III der Zeche Prosper.
Schüchtermann & Kremer-Baum, A.-G. für Aufbereitung, Dortmund.

mäßigerweise aschenreiche Kohlen mit aschenarmen vermischt. Große Vorteile bietet das Mischverfahren für gewisse Kohlenabfälle, für die man keinerlei Verwendung hat. So erwähnt *Thau*[8a]) einen Koks, der aus Sandkohle hergestellt und daher schwammig war, so daß er bald nach dem Ausstoßen in Staub und Kleinkoks zerfiel. Nach dem Vermischen dieser Kohle mit 30 vH Kohlenschlamm wurde ein brauchbarer Koks erzeugt. Ganz allgemein sollte man möglichst nur solche Kohlen miteinander mischen, die innerhalb der gleichen Temperaturgrenzen erweichen, sonst läuft man Gefahr, einen zu weichen Koks herzustellen.

So wertvoll auch der Laboratoriumsversuch (Backfähigkeit, Heizwert, Aschengehalt, Schmelzpunkt der Asche, Erweichungspunkt, Reaktionsfähigkeit, Elementaranalyse, Bestimmung der flüchtigen Bestandteile usw.) sein mag, so entscheidet schließlich doch nur der Großversuch einwandfrei über die Art einer zu verkokenden Kohle.

Kohlenmischanlagen, über die heute fast alle Zechen verfügen, haben sich durchweg bewährt. Die Zeche de Wendel bei Hamm mischt ihre eigene Kohle, die etwa 28 vH flüchtige Bestandteile enthält und deren Koks die Festigkeit 73 (Trommelprobe) ergibt, mit 12 vH Kokskohle mit 16 vH flüchtigen Bestandteilen und erhält so einen Koks von sehr gleichmäßiger Beschaffenheit und einer Festigkeit von 80 bis 82. Im allgemeinen dürfte in erster Linie die Prüfung der Backfähigkeit als Wegweiser für die Mischung dienen. So teilen z. B. die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke im Saargebiet die verschiedenartigen Kohlensorten, die sie hauptsächlich von den im französischen Besitz befindlichen Zechen beziehen müssen, ein in fett, mittelmäßig und schlecht backende Kohlen und lagern sie dementsprechend. Der Saarkohle mit etwa 22 vH flüchtigen Bestandteilen werden durchschnittlich 10 vH Magerkohle mit 6 bis 8 vH flüchtigen Bestandteilen zugesetzt. Über die Zusatzmenge entscheidet der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen der betreffenden Saarkohle. Saarkoks ist an sich splitterig. Durch Zusatz der Magerkohle wird es, innige Mischung vorausgesetzt, möglich, die Splitterigkeit zu verringern, so daß ein sehr brauchbarer Hochofenkoks hergestellt werden kann. Die Versuche, die von auswärts bezogene Magerkohle durch eigenen Schwelkoks zu ersetzen, sind noch nicht abgeschlossen. Die allgemeine Einführung dieses Mischverfahrens scheint an den hohen Anlage- und Betriebskosten der Schwelerei zu scheitern. Es gibt im Saargebiet eine französische Staatskokerei, auf die *Langrogne* in seinem Londoner Vortrag hingewiesen hat. Man fügt dort der Saarkohle 16 bis 18 vH Saarschwelkoks mit 15 bis 18 vH flüchtigen Bestandteilen zu. Über die Wirtschaftlichkeit dieser Arbeitsweise vermochte ich nichts zu erfahren. Der Koks soll zwar gut aussehen, eine Verwendung im Hochofen aber keine wesentliche

[8a]) s. Anm. [8]) S. 1293.

Abb. 2. Verteilertische unter den Kohlenbunkern auf Zeche Prosper.

Güteverbesserung erkennen lassen. Außerdem sollen bei diesem Verfahren die Schwierigkeiten der Verarbeitung der Nebenerzeugnisse sehr belastend sein.

Die Röchlingschen Eisen- und Stahlwerke haben eine Reihe von Großversuchen mit ausländischen, gutbackenden und stark blähenden Zusatzkohlen gemacht. So wurden z. B. 20 vH Emma-Kohle von den holländischen Staatsgruben der Saarkohle beigemischt und dadurch ein ganz ausgezeichneter Koks erhalten. Die damit erlangten Vorteile deckten aber die Kosten der teuren Zusatzkohle nicht, so daß auf einen Dauerbetrieb dieser Art verzichtet werden mußte. Die in Westfalen meistens zur Herstellung von Hochofenkoks zur Verfügung stehende Fettkohle hat ein sehr großes Backvermögen. Sie gibt nach Ansicht der meisten Hochöfener, für sich allein verkokt, einen wenig reaktionsfähigen Koks. Das Mischen mit andern Kohlensorten ist daher hier ganz besonders geboten.

Die Zechen Prosper der Rheinischen Stahlwerke verfügen über eine neuzeitlich eingerichtete, von der Firma Schüchtermann & Kremer-Baum, A.-G. für Aufbereitung, Dortmund, erbaute Kohlenmischanlage, Abb. 1 bis 7. Die zu verarbeitenden Kohlensorten werden in Eisenbahnwagen über eine Schrägrampe zu den einzelnen Bunkern gefahren und unmittelbar in diese entleert. Unter den Ausläufern der 14 Kohlenbunker *a*, Abb. 5, die je 265 t fassen, befinden sich umlaufende Tische *b*, Abb. 2, von denen das Gut in der gewünschten Menge auf zwei Gurtförderer *c*, Abb. 6, abgestrichen wird. Soll Stückkohle verarbeitet werden, so wird diese in die beiden ersten Bunker *d* entleert und durch Aufgabeschuhe *e* gleichmäßig den Magnetscheidern *f* zugeführt. Die mitkommenden Eisenteile werden hier ausgeschieden und die Kohlenstücke fallen den Hammermühlen *g* zu, die sie zu Feinkohlen mahlen und auf die Gurtförderer *c* abgeben. Durch ein Querband *h* sowie zwei ansteigende Förderbänder *i*, Abb. 4 und 7, gelangt die Feinkohle in den Mischturm, wo sie durch

einen umlaufenden Tisch *k* in die vier Schleudermühlen *l*, s. a. Abb. 3, verteilt, von diesen innig gemischt und zerkleinert wird, Abb. 8 und 9. Die fertige Kokskohle fällt alsdann auf zwei Gurtbänder *m*, von denen sie durch fahrbare Abwurfwagen *n* in die acht Kokskohlenbunker von je 1000 t Inhalt verteilt wird. Die Spitzen der Kokskohlentürme sind durch Segmentschieber *o* abgeschlossen, mittels derer die Kohle in die Koksofen-Füllwagen gelassen und von diesen den Koksöfen selbst zugeführt wird. Die Vorrichtungen werden durch Elektromotoren angetrieben. Die Gebäude hat man in Eisenbeton und die Förderbrücken in Eisen ausgeführt. Die Leistung der Anlage beträgt 500 t/h Kokskohle.

Eine ähnliche Anlage befindet sich auch auf der Grube Anna des Eschweiler Bergwerk-Vereins. Dort werden die Kohlen von zwei verschiedenen Gruben gemischt. Die eine Kohle enthält nach Angabe der Werkleitung 23 bis 24 vH flüchtige Bestandteile, die andre 18 bis 19 vH, die Mischkohle 20 vH. Durch die Schleudermühlen wird eine Kohlenmischung erzeugt, deren Korngröße zu 80 vH unter 3 mm beträgt. Auf diese Weise wird ein Koks gewonnen, der eine Festigkeit von 80 vH (*Simmersbach*) aufweist.

**Wissenschaftlicher Ausbau des Kohlenmischverfahrens**

Von dem Ziel, eine einheitliche Kennzeichnung der Kokskohle auf wissenschaftlicher Grundlage zu schaffen

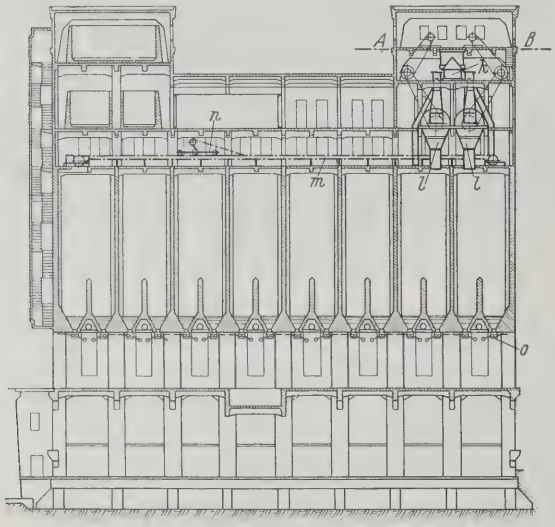



Abb. 3

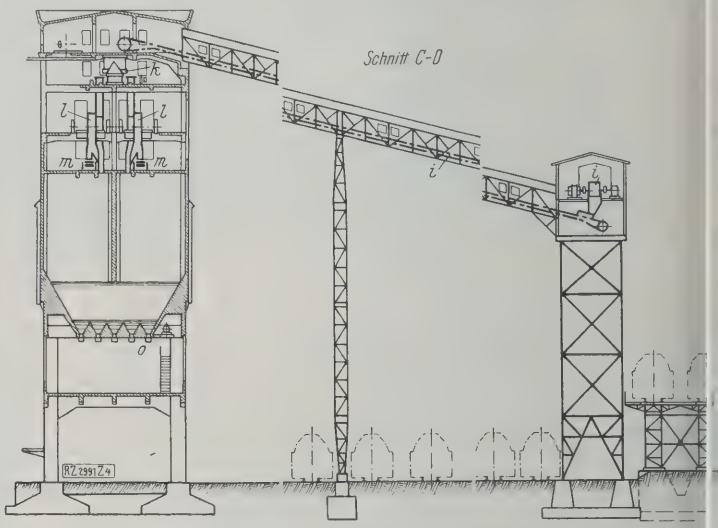



Abb. 4




Abb. 5

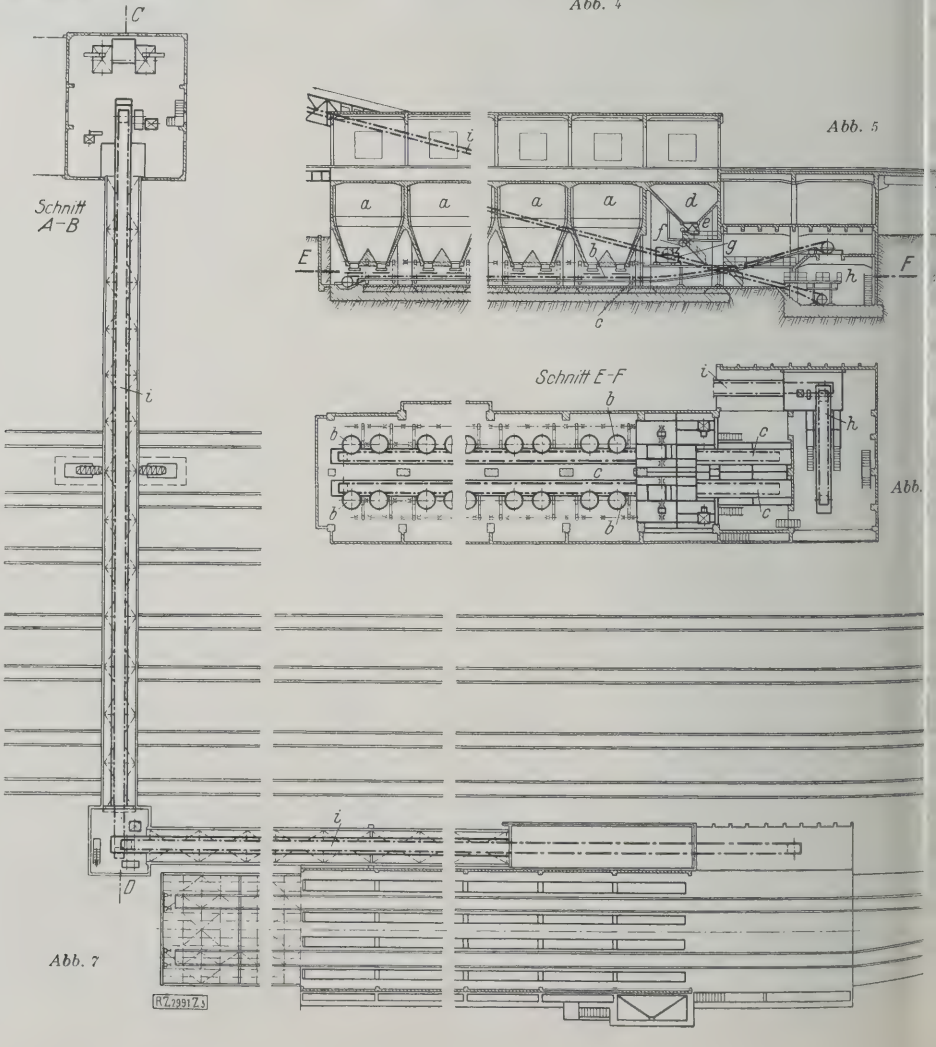



Abb. 6

Abb. 7

**Abb. 3 bis 7**
Förder-, Mahl- und Mischanlage für die Zentralkokerei III der Zeche Prosper.

*a* Kohlenbunker
*b* umlaufende Tische
*c* Gurtförderer
*d* Bunker
*e* Aufgabeschuhe
*f* Magnetscheider
*g* Hammermühle
*h* Querband
*i* Förderbänder
*k* umlaufende Tische
*l* Schleudermühlen
*m* Gurtbänder
*n* Abwurfwagen
*o* Segmentschieber

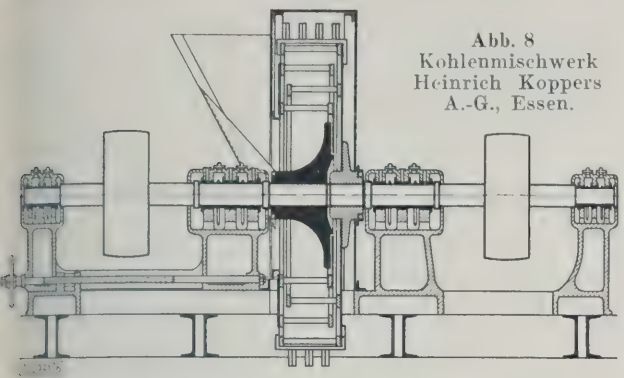


Abb. 8
Kohlenmischwerk
Heinrich Koppers
A.-G., Essen.

ind wir offenbar noch weit entfernt. Immerhin läßt sich as heutige, trotz seiner Erfolge im ganzen noch unvoll-ommene und ganz und gar nicht einheitliche Kohlenmisch-erfahren wesentlich verbessern, wenn folgende von *. Damm*[9]) aufgeworfene Fragen beantwortet werden önnen: Welches sind die Ursachen der Backfähigkeit und es Treibvermögens der Kohle und der Reaktionsfähigkeit es Kokses, und welche Schlüsse lassen sich aus dem durch ersuch feststellbaren Entgasungsverlauf auf die Verkok-arkeit ziehen? Mit der Lösung dieser Fragen ist man in er letzten Zeit ein gutes Stück weitergekommen. Es ist as Verdienst *Franz Fischers* und seiner Mitarbeiter[10]), ie beiden Bestandteile der Kohle, die die Träger von Back-ähigkeit und Treibvermögen sind, abgeschieden und streng ekennzeichnet zu haben. *Fischer* extrahiert Kohle unter )ruck mit Benzol und zerlegt den dadurch erhaltenen Extrakt wieder mit Petroläther. Es entsteht dabei ein mehr der weniger dickflüssiger Teil, das Ölbitumen und ein ester, pulveriger, brauner Rückstand, das Festbitumen. )as Festbitumen ist der Träger des Treibvermögens, das ölbitumen der der Backfähigkeit.

Im Rahmen dieser Arbeit ist es nicht möglich, auf das mfangreiche Schrifttum der Ursachen der Reaktionsfähig-eit des Kokses einzugehen; auf die Arbeiten von *Metzger* nd *Pistor*[10a]), *Agde* und *Schmidt*[11]), *Agde*[12]), *Aufhäuser*[13]) nd *Bähr*[14]) kann nur hingewiesen werden. Hingegen nöge auf die Arbeiten von *O. Ruff* über die aktive Kohle nd ihr Adsorptionsvermögen[15]) hier kurz eingegangen ein, da es mir einzig durch das Rüstzeug der physikali-chen Chemie möglich erscheint, den Ursachen der Reak-ionsfähigkeit des Kokses näherzukommen. Das unüber-ehbar umfangreiche Schrifttum über aktive Kohle hat, ab-esehen von der äußeren Form, auch inhaltlich viel Ähn-iches. Es handelt sich aber um zwei ganz verschiedene Erscheinungen: Aktivität und Reaktionsfähigkeit. Im chrifttum der beiden Gebiete gibt es Forscher, die die rsache der Erscheinungen in den verschiedenen Modi-ikationen des Kohlenstoffs, andre, die sie in bestimmten ohlenstoffverbindungen suchen; wieder andre halten kata-ytische Einflüsse für maßgebend.

Die Arbeiten *Ruffs* dürften den Streit über die Wir-ung der aktiven Kohle geschlichtet haben. *Ruff* stellte fest:

1. Wesentlich für die Aktivierung ist die Oberflächen-estaltung.

2. Träger der Aktivität ist der amorphe Kohlenstoff. edoch zeigt jeder Koks Graphitlinien in erheblicher Dicke. uch in den gleich noch näher zu beschreibenden Grund-örpern des Kokses befinden sich Graphitkristalle, und war um so mehr, je länger die Erweichung während er Koksbildung angedauert und in je höheren Tempera-uren sie sich hingezogen hat.

3. Die Kohlenstoffatome sind zum Teil geordnet und esättigt, zum Teil ungeordnet und valenzchemisch unge-ättigt. Alle Atome umschließen in unregelmäßigen, etwa

[9]) „Archiv f. d. Eisenhüttenwesen" Bd. 2 (1928) Heft 2.
[10]) „Brennstoff-Chemie" Bd. 6 (1923) S. 33.
[10a]) „Kohle, Koks, Teer" Bd. 12. Halle 1927.
[11]) „Kohle, Koks, Teer" Bd. 18. Halle 1928.
[12]) Jahrbuch für Chemie und Technik der Brennstoffe u. Mineral-le Bd. 1 (1928).
[13]) „Glückauf" Bd. 60 (1924) S. 1195.
[14]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 67 (1924) S. 234.
[15]) Z. f. angew. Chemie Bd. 38 (1925) S. 793.

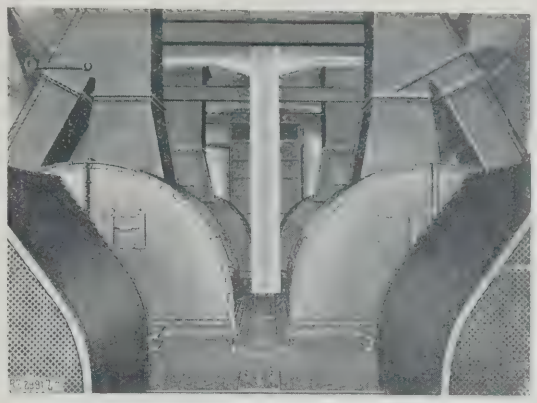


Abb. 9. Schleudermühlen der Zeche Prosper.

drei Atome dicken Schichten kleine Hohlräume, und zwar neben den mikroskopisch sichtbaren auch noch kleinere, sogenannte Atomlücken. Der mittlere Abstand der untereinander zusammenhängend verbundenen Atome ist etwa gleich dem des Graphitgitters. In diesen Gebilden sind Mineralreste (Asche), gesättigte und ungesättigte Kohlenstoffatome eingelagert. Die ungesättigten, von der Oberfläche der Hohlräume her zugänglichen Kohlenstoffatome oder Atomkomplexe sind die Grundkörper der Adsorption. Bei der Verkokung wird die Bildung einer Haut dicht gelagerter, gesättigter Kohlenstoffatome begünstigt, die die Grundkörper verdeckt. Der Zweck der Aktivierung ist die Beseitigung dieser Haut.

4. Mittel zur Aktivierung sind: aus der Kohle oder dem Koks entwickelte Gase oder Dämpfe, d. h. Stoffe, die geeignet sind, die Oberfläche anzuätzen. Das Entweichen von Wasser ist für die Aktivierung von geringer Bedeutung, weil die Graphitbildung erst gegen Schluß des Verkokungsvorganges wirklich bedeutungsvoll wird, wenn das meiste Wasser bereits entwichen ist. Überhaupt tritt die Bedeutung von Gasen und Dämpfen als Mittel zur Aktivierung zurück, wenn es sich um die Herstellung harter Kokse handelt; denn in diesem Fall ist eine gründliche Erweichung und Verbackung der Kohlenmasse Vorbedingung, also die Ausscheidung erheblicher Mengen von Kohlenstoffatomen aus der flüssigen Phase. Je härter der Koks daher verlangt wird, um so größer muß die Zahl graphitischer Teile sein, die in den Grundkörpern eingelagert sind. Eine Beschränkung der Graphitbildung wird im wesentlichen nur dadurch zu erreichen sein, daß man die Verkokungszeit verkürzt.

5. Durch zu hohe Verkokungstemperatur, besonders wenn sie anhält (Übergarung), werden die Atome durch Ausgleich ihrer Affinitäten geordnet; daher nimmt die Aktivität ab.

6. Da diese Ordnung im Graphit ihren Höhepunkt erreicht, so ist auf Vermeidung der Graphitbildung hinzuarbeiten.

7. Das Waschen der Kohle ist der Aktivierung dienlich, aber nicht etwa weil das Wasser der Oberflächengestaltung nützt, sondern weil durch das Waschen Mineralbestandteile, insbesondere Eisen, beseitigt werden, die die Graphitbildung fördern können.

Es scheint mir, daß aus allen diesen durch persönliche Mitteilungen von *Ruff* ergänzten Feststellungen über aktive Kohle sich Parallelen für die Reaktionsfähigkeit des Kokses ergeben. Da die Lebhaftigkeit des Vorganges:

$$CO_2 + C = 2\,CO$$

das Merkmal der Reaktionsfähigkeit ist, so ist anzunehmen, daß die Zahl der freiliegenden, ungesättigten Kohlenstoffatome auch für die Reaktionsfähigkeit des Kokses von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Man geht heute in der Praxis vielfach von der Backfähigkeit oder von der Menge der flüchtigen Bestandteile der Kohle oder von beiden aus, um das Mischverhältnis der Kohlen zu bestimmen, und beachtet dabei, daß stark treibende Kohlen nicht ungemischt verwendet werden. Wie *Damm* in einer für das ganze Stoffgebiet wichtigen Ar-

beit[15a]) nachweist, genügt die Bestimmung dieser Eigenschaften der Kohle nicht, um ihr Verhalten bei der Verkokung und die Kokseigenschaften vorauszusagen. So wichtig auch die Erkenntnis der nach *Fischer* gewonnenen Träger von Backfähigkeit und Treibvermögen der Kohle für die Kohlenforschung sein mögen, so sieht doch *Damm* von ihrer Bestimmung zur Beurteilung einer Kokskohle ab, weil es einstweilen noch nicht gelingt, diese Bestandteile einwandfrei und restlos abzuscheiden. Auf die Extraktion der Kohle vorläufig verzichtend, bedient sich *Damm* außer der Bestimmung der Backfähigkeit nach *Meurice*[15b]) und der Reaktionsfähigkeit in etwas abgeänderter Form nach *Koppers*[15c]) noch der Feststellung von Treibdruck und Entgasungsverlauf.

Unter Blähgrad oder Treibgrad versteht man die Vergrößerung des Volumens, die backende Kohlen im Erweichungszustande infolge der Gasentwicklung zeigen. Kann sich die Kohle, wie z. B. in der Kokskammer, nicht ausdehnen, so üben die gleichen Kräfte, die das Blähen verursachen, einen gewissen Druck auf die Ofenwände aus, den Treibdruck. Daß dieser Druck um so größer ist, je dichter die Kohle in den Ofenkammern liegt, wurde bereits erwähnt. Indessen läßt sich aus dem Blähvermögen nicht ohne weiteres auf den Treibdruck schließen, gibt es doch stark blähende Kohlen, die keinen Treibdruck ausüben, weil sie so dünnflüssig sind, daß die Gasbläschen bei dem geringsten Widerstande platzen. Andre, zähflüssige Kohlen blähen nur wenig und üben einen großen Treibdruck aus. Unbekannte Kohlen auf ihren Treibdruck hin zu prüfen, ist von großer Wichtigkeit, da bei manchen Kohlen der vorübergehende Treibdruck so groß ist, daß die Ofenwände aufs schwerste gefährdet werden. Dennoch ist die Meinung, daß der Treibdruck eine unerwünschte Kohleneigenschaft sei, irrig, da ein gewisser Treibdruck nach der Ansicht *Damms* für die Bildung eines dichten Kokses notwendig ist. Nur ein Zuviel ist vom Übel. Daher ist die Mischung von treibender Kohle mit weniger treibender für die Beschaffenheit eines guten Kokses von großer Bedeutung.

*Damm* bestimmt den Treibdruck in einfacher Weise unter Benutzung des von *F. Korten*[16]) empfohlenen, etwas abgeänderten Verfahrens. Als neues, wichtiges Erkennungsmittel für das Verhalten der Kohle bei der Entgasung und für die Beschaffenheit des Kokses empfiehlt *Damm* die Feststellung des Entgasungsverlaufes. Er geht dazu von einem Festpunkt aus, nämlich dem durch Versuch bei zunehmenden Temperaturen zu bestimmenden Erweichungspunkt der Kohle. Die Menge der flüchtigen Bestandteile wird auf drei Temperaturzonen verteilt, von denen die erste, die Vorentgasung, bis zu 25 ° unter den Erweichungspunkt, die zweite, die Entgasung, von da bis zu 25 ° über den Erweichungspunkt geht. Die dritte Zone, die Nachentgasung, umfaßt die Menge der flüchtigen Bestandteile, die nach Beendigung der Entgasung aus der wieder festgewordenen Kohlenmasse entsteht.

Sechs Kohlen *a* bis *f* wurden in einem elektrischen Röhrenofen im Kohlensäurestrom der Entgasung unterworfen. Die in einem Schiffchen liegende Versuchskohle wurde jeweils am Ende der Temperaturzonen gewogen. Die sechs Kohlensorten verhalten sich innerhalb der drei Zonen sehr verschieden, Abb. 10. Während die Kohlen *a* und *b* schon bei der Vorentgasung 12 bis 13 vH des Kohlengewichtes, d. h. über 30 vH der insgesamt vorhandenen flüchtigen Bestandteile verlieren, beträgt der Verlust bei den Kohlen *c* und *d* nur 3 bis 5 vH. Eine zu starke Vorentgasung ist deshalb schädlich für den Verkokungsverlauf, weil sie durch die Zersetzung von Bitumen die Backfähigkeit herabsetzt. Diese Wirkung kann so groß werden, daß eine an sich backende Kohle ihre Backfähigkeit vollständig verliert. Dies trifft z. B. für die Kohle *b* zu, deren Backfähigkeit bei genügend langer Vorentgasung von 12 auf 0 fiel.

Das einzige Mittel, um derartiger Kohle, wenn sie allein vergast werden soll, ein notwendiges Maß von Backfähigkeit zu erhalten, ist rasche Vergasung (so wie dies

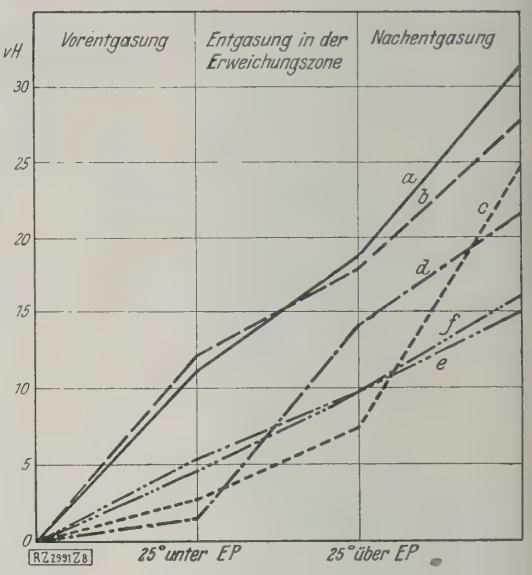



**Abb. 10. Entgasungskurve von sechs Steinkohlensorten *a* bis *f* nach *Paul Damm*.**

bei der Bestimmung der Backfähigkeit im Laboratorium gemeinhin geschieht), damit so viel Bitumen für die zweite Zone, die Erweichungszone, erhalten bleibt, daß die Kohle backt. Es ist daher für die Untersuchung einer Kokskohle von Bedeutung, neben der Backfähigkeit der Rohkohle auch diejenige der bis in die Nähe des Erweichungspunktes möglichst langsam erhitzten Kohle zu kennen. Da übrigens eine Kohle eine größere oder eine geringere Vorentgasung aufweist, immer wird durch die Menge der entwickelten flüchtigen Bestandteile die Backfähigkeit herabgesetzt werden. Daher findet die von *Koppers* immer wieder vertretene Forderung: Schmale Kammern und hohe Temperatur zwecks rascher Vergasung hier ihre Bestätigung. Allerdings gibt es gewisse Ausnahmen: stark backende und zugleich stark treibende Kohlen, die in der Erweichungszone schäumen, sowie auch Kohlen mit starker Nachentgasung erfordern ein langsames Erhitzen in der ersten Zone, sonst wird die Gasentwicklung in der Erweichungszone noch stärker und die Rißbildung des stärker schwindenden Kokses noch beträchtlicher.

Auch der Treibdruck wird durch die Vorentgasung beeinflußt; aber nicht ungünstig wie die Backfähigkeit, sondern vorteilhaft, da er mit zunehmendem Entweichen der flüchtigen Bestandteile abnimmt. Eine starke Entgasung, wie sie Kohle *d*, Abb. 10, zeigt, läßt auf beträchtlichen Treibdruck schließen.

Die Stärke der Nachentgasung ist für die Koksbeschaffenheit von größter Bedeutung. Ist sie so groß wie bei Kohle *c*, so tritt ein so starkes Schwinden des Kokses ein, daß er, wie z. B. der Saarkoks, rissig und splitterig wird. Ist die Nachentgasung aber so schwach, wie bei den Kohlen *e* und *f*, so ist das Schwinden zu gering, und es besteht die Gefahr, daß der Koks im Ofen hängen bleibt.

*Damm* hat die aus den sechs Kohlen hergestellten Koksorten auf ihre Reaktionsfähigkeit nach dem Verfahren von *Koppers*[16a]) geprüft, Abb. 11. Die Kurven, die am weitesten nach rechts ausholen, stellen die Kokse geringster Reaktionsfähigkeit vor. Aus verschiedenen äußerst aufschlußreichen Zahlentafeln schließt *Damm*, daß die Reaktionsfähigkeit einer Kokssorte um so geringer ist, je stärker die Kohle treibt und je höher gleichzeitig die Backfähigkeit ist. Nach dem vorhin im Anschluß an die Untersuchungen *Ruffs* Gesagten scheint mir die Annahme berechtigt, daß die Reaktionsfähigkeit eines Kokses um so größer sein müßte, je mehr seine Oberfläche im letzten Teile der Garung durch ausströmende Gase angeätzt wird, damit die Zugänge zu den Anziehungszentren freigelegt werden. Vergleicht man Abb. 10 und 11 miteinander, so erkennt man, daß die Kohlen mit der stärksten Nachentgasung, nämlich *a*, *b*, *c*, in der Tat die stärkste Reak-

[15a]) s. Anm. [9]) S. 1297.
[15b]) „Glückauf" Bd. 62 (1926) S. 972.
[15c]) s. Anm. [7]) S. 1294.
[16]) „Stahl und Eisen" Bd. 40 (1920) S. 1105.
[16a]) s. Anm. [7]) S. 1294.

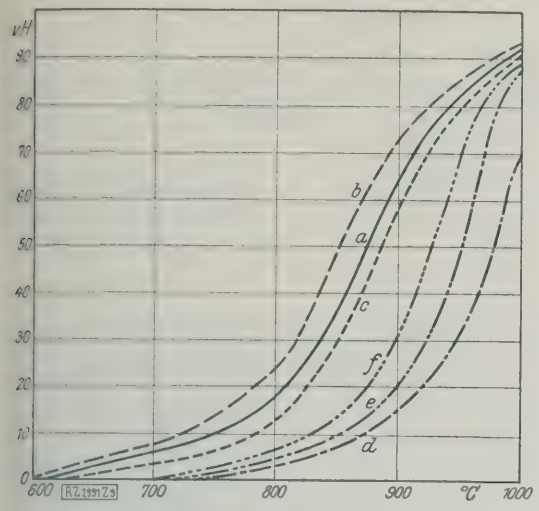



Abb. 11. Reaktionsfähigkeit der Kohlen *a* bis *f* nach *Paul Damm*.

nsfähigkeit ihrer Kokse zeigen. Um hier Klarheit zu halten, bedarf es allerdings einer größeren Zahl von tersuchungen. Bestätigt sich die Annahme, so wäre es glich, aus dem *Dammschen* Entgasungsversuch auch chtige Schlüsse auf die Reaktionsfähigkeit des Kokses ziehen.

Aus den verhältnismäßig einfachen Bestimmungen von ckfähigkeit, Treibdruck und Entgasungsverlauf ergibt h eine Reihe von Bedingungen für die Kohlenmischung. r sich allein sind nicht verkokbar: 1. treibende Magerhlen, da sie die Ofenwandungen gefährden; 2. stark ckende und zugleich stark treibende Kohlen, da sie en minderwertigen, schaumigen Koks ergeben; 3. Kohmit sehr geringer Nachentgasung, da sie nicht genügend ıwinden und daher das Ausstoßen des Kokskuchens erıweren; 4. Kohlen mit sehr starker Vorentgasung, da Gefahr besteht, daß sie durch die große Menge der gleich anfangs entweichenden flüchtigen Bestandteile ihre Backfähigkeit verloren haben. Bei den Kohlen der letzteren Art gibt eine Bestimmung der Backfähigkeit von vorentgaster Kohle über die Verkokbarkeit Aufschluß. Aus den Eigenschaften dieser vier Kohlenarten ergibt sich ohne weiteres die Wahl der entsprechenden Zusatzkohlen: Für treibende Magerkohle stark backende Kohle, für schäumende Kohlen schwach oder nicht backende, für Kohlen mit zu starker Vorentgasung die Kohlensorten mit entgegengesetztem Verhalten. Dabei ist zu beachten, daß besonders Kohlen mit starker Vorentgasung zur Verhinderung vorzeitiger Zersetzung rasch auf die Temperatur des Erweichungspunktes gebracht werden sollten (schmale Kammern, hohe Temperatur).

Besonders für Gießereikoks wäre, falls eine Nachprüfung die *Dammschen* Untersuchungen über den Treibdruck bestätigt, durch die Art der Kohlenmischung und durch dichte Lagerung im Ofen auf einen gewissen Treibdruck hinzuarbeiten, da er das Koksgefüge dichter machen soll. Umgekehrt sollte eine Kohlenmischung für die Herstellung eines leicht reagierenden Hochofenkokses nur geringen Treibdruck aufweisen, dafür aber eine nicht zu schwache Nachentgasung zeigen.

### Zusammenfassung

Die Mischung von Kokskohlen gewährt selbst nach der heute in der Praxis meist durchgeführten einfachen Ausführungsweise, die im wesentlichen nach Backfähigkeit, Menge der flüchtigen Bestandteile und äußerer Beschaffenheit der Kohlen (Kohlengrus, Kohlenschlamm usw.) ausgeübt wird, für Kokereien und für Gaswerke große Vorteile. Das Kohlenmischverfahren ist im weiteren Ausbau begriffen, besonders nach der wissenschaftlichen Seite hin. Backfähigkeit, Treibdruck und Entgasungsverlauf bilden wertvolle Anhaltspunkte für das Verhalten der Kohle beim Verkoken und für die Beschaffenheit des Kokses (Reaktionsfähigkeit, Kokshärte, Koksdichte). Die Prüfung der Beziehungen des Entgasungsverlaufes zur Reaktionsfähigkeit und die Feststellung der Ursachen dieser Fähigkeit mit den Mitteln der physikalischen Chemie scheinen aussichtsreich. [B 2991]

---

## aunkohlentrocknung nach dem Verfahren von Fleissner

Nach dem Verfahren des verstorbenen Prof. *Fleissner* es möglich, lignitische Braunkohle unter Beibehaltung Stückform zu trocknen. Während bei allen andern ckenverfahren das Trocknen der Kohle von der Oberhe des zu trocknenden Kohlenstücks ausgeht und infolge Schwindens der jeweils äußeren Schicht beim Trocknen Kohle bei dieser Art der Trocknung vollständig zu s zerfällt, wird nach dem Verfahren von *Fleissner* die le in besonderen Vorrichtungen auf eine Temperatur 200 ° erhitzt, ohne daß zunächst eine Verdampfung einrt. Hierzu wird Sattdampf von 10 bis 15 at abs Druck wendet. Da die Braunkohlen Kolloidkörper sind, so wer- beim Erwärmen solcher Gele die Kohäsionskräfte und it die innere Reibung vermindert. Infolgedessen läßt bei einer solchen Erwärmung der Braunkohle ein Teil Wassers als Flüssigkeit auspressen. Die Menge des ausbaren Wassers hängt außer von Temperatur und Druck Sattdampfes auch von den kolloidalen Eigenschaften der le ab. Versuche[1]) haben gezeigt, daß dieser Anteil bei den schiedensten europäischen Braunkohlen zwischen 22 und H des ursprünglichen Wassergehaltes bei 15 at abs Druck Sattdampfes liegt. Das abgepreßte Wasser enthält die serlöslichen Alkalisalze der Kohle. Außerdem stellte sich us, daß die Wasseraustreibung ein nicht umkehrbarer gang ist, daß also die Kohle nach dem Trocknen kein ser mehr aufnimmt.

Da durch das Auspressen des Kolloidwassers die Kohle cht genügend entwässert wird, wendet *Fleissner* anschließend noch eine Entspannungstrocknung und schließlich Nachverdampfung an. Der erste Teil der Entwässerung, Auspressen des Kolloidwassers, wird so durchgeführt, die Kohle in einem Dämpfer mit Sattdampf von 15 bis t abs zusammengebracht wird. Das Kolloidwasser sammelt sich mit dem kondensierten Teil des Sattdampfes am Boden des Dämpfers an. Am Ende des Dämpfungsabschnittes wird der Inhalt des Dämpfers auf Atmosphärendruck entspannt; hierbei werden ein Teil — im Betrieb etwa ein Fünftel — des Kondensates und auch ein Teil des in der Kohle unter Druck stehenden Wassers als Sattdampf von Atmosphärendruck verdampfen. Da am Ende des Verdampfungsabschnittes die Kohle noch eine Temperatur von mindestens 100 ° hat, kann noch eine Nachverdampfung angeschlossen werden.

Bei der Braunkohle von Köflach, Österreich, mit 35 vH Feuchtigkeit werden bei 15 at im ersten Abschnitt 27 bis 28 vH, im zweiten etwa 20 vH und im dritten etwa 22 vH, zusammen je nach dem Druck etwa 69 bis 73 vH des Wassergehaltes der Rohkohle ausgetrieben. Für dieselbe Kohle ist in Köflach bei der Österreichisch Alpinen Montangesellschaft eine Großanlage mit einem Tagesdurchsatz von 1100 t Rohkohle mit 3500 kcal/kg in Betrieb. Die Förderkohle mit 35 bis 36 vH Wasser wird durch ein Becherwerk mit 100 t/h Leistung in die je 120 t fassenden Rohkohlenbunker gefördert und gelangt von hier in die 12 Dämpfer mit einem Nutzinhalt von je 20 m³. Die auf 13 bis 15 vH Restwassergehalt getrocknete Kohle mit einem Heizwert von 5500 kcal/kg wird für den Verkauf auf Sieben in verschiedene Kornklassen zerlegt. Ein ganzer Trockenvorgang, bestehend aus Füllen des Dämpfers, Vorwärmen, Dämpfen, Entspannen, Lüften und Entleeren, dauert 3 h 20 min. Da das Verfahren größere Mengen Dampf höherer Spannung erfordert, sind Ruths-Speicher nicht anwendbar; besser scheinen dagegen Kessel mit großem Wasserraum zu sein. Der Wärmeverbrauch beläuft sich auf 460 kcal auf 1 kg entferntes Wasser. Die Gesamtkosten einschließlich Abschreibung und Verzinsung betragen in der Köflacher Anlage 1,23 ℳ auf 1 t Rohkohle oder 1,66 ℳ auf 1 t Trockenkohle. Das Verfahren erscheint für lignitische, nicht brikettierfähige Braunkohle von größter wirtschaftlicher Bedeutung. [N 3407] *Prockat*

[1]) „Braunkohle" Bd. 28 (1929) S. 649.

# Gewinnung und Verwertung der Gärungskohlensäure

*Von Dr. FRITZ WINDISCH, Institut für Gärungsgewerbe, Berlin.*

*Vergeudung des $CO_2$-Gases; Ausnutzung der Gärungskohlensäure in Nordamerika. Lösung der gärungstechnologischen Voraussetzungen. Widerlegung der Gärungsschädigung durch Kohlensäure. Anlagen zur Gärungskohlensäure-Gewinnung. Einfache Bottichabdeckung. Nathan-Verfahren. Verflüssigungsanlage und Kraftbedarf für die Verflüssigung. Wirtschaftlichkeit der Gewinnung von Gärungskohlensäure, ihre Verwertungs- und Absatzmöglichkeiten und die Herstellung von Kohlensäureeis.*

In den Gärungsgewerben, wo die Kohlensäure als sehr lästiges Abfallprodukt auftritt, wurde das $CO_2$-Gas bisher mit mehr oder weniger großem Kostenaufwand unverwertet aus den Gärräumen abgesogen. Infolge dieser Maßnahme fallen große Mengen Kohlensäure, zu deren industrieller Erzeugung vielfach der hochwertige Brennstoff Koks verfeuert wird, nutzloser Vergeudung anheim. Allein in Deutschland gehen auf diese Weise bei einer durchschnittlichen Erzeugung von 4 Mill. hl Alkohol rd. 320 000 t $CO_2$ verloren.

In den Vereinigten Staaten von Amerika hat man bereits vor dem Alkoholverbot die Gärkohlensäure-Gewinnung in großem Umfange betrieben, z. B. in dem damals bedeutendsten Brauereiunternehmen der Welt, der Pabst-Brauerei in Milwaukee. Aber gegenwärtig bereitet sich auch in unserm Lande ein günstiger Wechsel der Anschauungen in der Frage der Gärkohlensäure vor; sie ist geradezu in eine wichtige Entwicklungsstufe getreten, wodurch zwangläufig die Aufmerksamkeit auf zweckentsprechende Anlagen und maschinelle Einrichtungen erwacht ist.

### Lösung der gärungstechnologischen Voraussetzungen

Um die Gärkohlensäure in technisch brauchbarer Form gewinnen zu können, muß man die Gärbottiche in der Brauerei und die Gärgefäße in der Brennerei luftdicht verschließen. Das $CO_2$-Gas kann nun nicht mehr frei in den Gärraum entweichen, sondern wird unter Entgegensetzung eines gelinden Druckes in einen Sammelbehälter abgelassen.

Die Notwendigkeit der Bottich- und Gärgefäßabdeckung war bisher der stärkste Hinderungsgrund für den Gärungsfachmann, sich zur nebenbetrieblichen Umstellung auf $CO_2$-Gewinnung zu entschließen. War man doch bis in die jüngste Zeit der Meinung, besonders in Brauereikreisen, daß die bei der Gärung nicht frei entweichende Kohlensäure den Hefepilz vergifte, den Gärverlauf zum vorzeitigen Stillstand bringe und Schwierigkeiten und unliebsame Abweichungen in jeder Beziehung verursache.

Alle diese falschen Vorurteile und irrigen Anschauungen konnte der Verfasser durch seine zahlreichen wissenschaftlichen und praktischen Studien zu dieser Frage in biologischer und gärungstechnischer Hinsicht widerlegen[1]). Es ließ sich der Beweis des Gegenteils von allen bisherigen grundlosen Mutmaßungen erbringen. Am wichtigsten war hierbei die Feststellung, daß die gute Beschaffenheit des Bieres von der Abdeckung der Bottiche in keiner Hinsicht beeinflußt wird. Damit steht der Abfangung und Gewinnung der Kohlensäure in den Gärungsgewerben kein Hindernis mehr im Wege.

### Anlagen zur Gewinnung von Gärkohlensäure

Die wesentliche Voraussetzung, um einen Gärungszweig auf nebenbetriebliche $CO_2$-Gewinnung umzustellen, besteht in der Schließung der Bottiche oder Gärgefäße. Dieser Eingriff in den bisher offen sich vollziehenden Gärvorgang ermöglicht bei einer veränderten Arbeitsweise im Gärkeller oder Gärraum die Gewinnung der Kohlensäure.

Im Brauereigewerbe gibt es aber seit längerer Zeit noch eine zweite Möglichkeit, die Gärungskohlensäure als Nebenerzeugnis zu erhalten: das *Nathan*-Verfahren[1]). Der Bau einer *Nathan*-Anlage bedingt eine

[1]) Vergl. Wochenschrift für Brauereien Bd. 45 (1928) S. 277 und S. 547, Bd. 46 (1929) S. 106; Jahrbuch der Versuchs- und Lehranstalt für Brauereien in Berlin Bd. 19 (1928) S. 282.

**Abb. 1**
Gärkeller mit abgedeckten Bottichen

*a* Mannlochdeckel *b* Schauglas *c* Abzugrohr für die Kohlensäuregase *d* Rohr zur Entnahme von Proben und zum Einsenken eines Thermometers *e* Kühlrohre

grundsätzliche Umgestaltung des Brauereibetriebes hat den Übergang zu einer völlig veränderten Bierer gung zur Voraussetzung. Das Kennzeichnende *Nathan*-Verfahren ist die Schnellreifung des Bieres dem Bottich, wodurch der Lagerkeller überhaupt in F fall kommt.

Allgemein in jedem Brauereibetrieb durchführbar, o die tiefgreifenden technischen Umbauten beim Überg zum *Nathan*-Verfahren, ist die einfache Bottich deckung, der ich darum auch mein Hauptstudium gewandt und meine praktischen Erfahrungen entnom habe.

In der Brauerei Hannover-Wülfel ist die Abdeck der Bottiche mit Aluminiumhauben vorgenommen. Ab zeigt einen Teil des abgedeckten Gärkellers. Selbst ständlich lassen sich die Bottiche auch anders schlie z. B. mit Eisen- oder Spiegeldrahtglas-Platten, die mit Pizianith abgedichtet sind. Betonbottiche kann man fach hochmauern, wenn der Abstand von Bottichrand zur Kellerdecke nicht allzugroß ist.

Von den Bottichen gelangt die Kohlensäure du Rohrleitungen in den Gasbehälter, Abb. 2, und von aus zur Verflüssigungsanlage, Abb. 3. Zur Einhalt des Druckes sind in die Rohrleitungen Druckre eingebaut. Aus dem Gasbehälter saugt ein Verdichter Kohlensäure an und drückt sie mit rd. 3 at durch Trocken- und Reinigungsanlage, in der sie von ruchs- und Geschmackstoffen, Wasser und Alko dämpfen gereinigt wird. Das so gereinigte $CO_2$-Gas nun nach den üblichen Verfahren verflüssigt und gefüllt.

Der Kraftbedarf für eine solche Anlage zur V flüssigung von Gärkohlensäure, bezogen auf den Jah ausstoß einer Brauerei, ist in Zahlentafel 1 zusamm gestellt.

Das Abfangen der Kohlensäure ist im Brenner gewerbe durch die leichtere Möglichkeit, die Gärgef abzudecken, noch einfacher. Zum Verflüssigen und füllen des $CO_2$-Gases gelten die gleichen Verhältni wie sie vorstehend erörtert wurden.

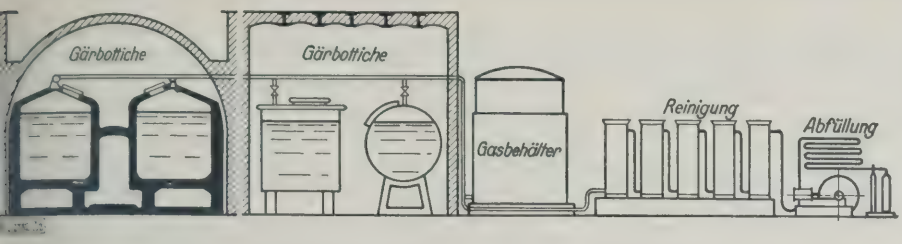



Abb. 2. Gärkeller, Reinigungs- und Abfüllanlage für Gärkohlensäure.

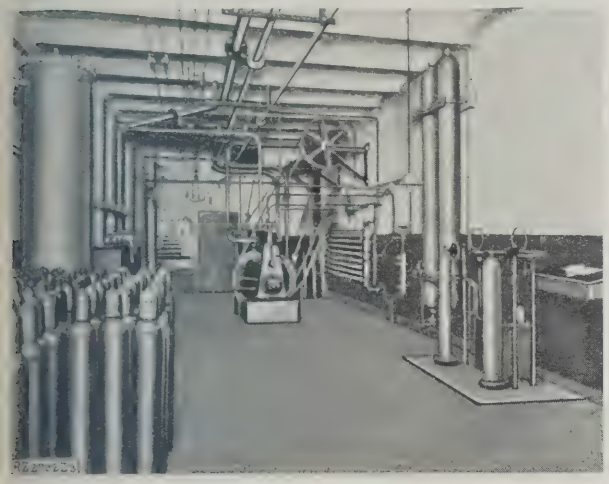


Abb. 3
Gesamtansicht der Reinigungs- und Verflüssigungsanlage.

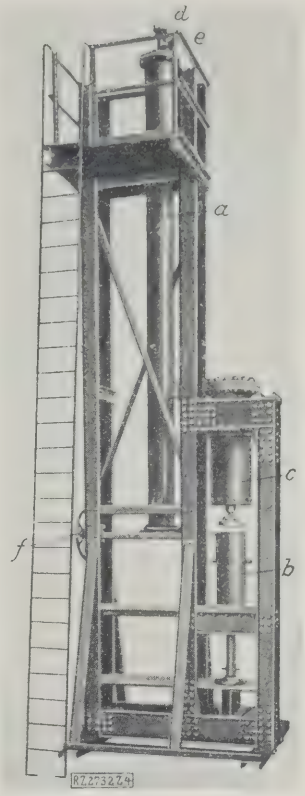



Abb. 4
Vorrichtung zur Herstellung von Kohlensäureeis mit Presse.

*a* Erzeugungszylinder
*b* Preßbehälter für Trockeneis
*c* hydraulische Presse
*d* Sicherheitsventil
*e* Abgasventil
*f* Handrad zur Betätigung der Abschlußplatte

**Zahlentafel 1. Kraftbedarf.**

| Jahresausstoß der Brauerei hl | Kraftbedarf PS |
|---|---|
| 40 000 | 4,5 |
| 90 000 | 6,0 |
| 190 000 | 10,0 |
| 480 000 | 22,0 |
| 960 000 | 38,0 |

### Wirtschaftlichkeit

Zur Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Gewinnung von Gärkohlensäure sei eine Wirtschaftlichkeitsberechnung angeführt, die ich mir aus den Büchern der Wülfel zusammengestellt habe. Der Kapitalbedarf zur Errichtung einer $CO_2$-Gewinnungsanlage, des Gasbehälters, der Abdeckung der Bottiche einschließlich der Monage und der Anschaffung von 3250 Stahlflaschen betrug 25 626 ℳ. Die Selbstkosten für die Erzeugung von flüssiger Kohlensäure beliefen sich einschließlich einer Abschreibung von 15 vH des Anlagekapitals und 7,5 vH des Flaschenkapitals und einer Verzinsung von 10 vH des Gesamtkapitals auf 34 214 ℳ. Im Jahre 1927/28 wurden in der Brauerei in Wülfel 133 000 kg $CO_2$ gezogen, was bei 50 ℳ für 1 kg $CO_2$-Gas einer Einnahme von 66 500 ℳ entspricht. Der Reingewinn betrug rd. 32 000 ℳ. Zieht man noch die Ersparnis an Kühlmitteln und Hopfen in Rechnung, die sich bei abgedeckter Gärführung erwiesen hat, so steht eine Anlage wie die in Wülfel im vierten Betriebsjahre mit 1 ℳ zu Buch. Die Errichtung einer $CO_2$-Gewinnungs-Anlage ist bei gesichertem Absatz also außerordentlich verlockend.

### Verwertungs- und Absatzmöglichkeiten

Die Furcht vor Überflutung des Marktes mit Kohlensäure und vor Absatzschwierigkeiten, wenn plötzlich eine wirtschaftliche Erfassung der Gärkohlensäure einsetzen würde, bildet nach Beseitigung der technologischen Bedenken den Hauptgrund der Zurückhaltung im Gärungsgewerbe.

Der Bedarf an $CO_2$-Gas ist auch jetzt bereits beträchtlich, so vor allem zum Zwecke des Ausschenkens von Bier, in den Sodawasserfabriken, für medizinische Zwecke in Badeanstalten; ferner wird in den Zuckerfabriken zur Saturation des Zuckersaftes, weiter zur Herstellung von Ammoniaksoda, Bleiweiß und Hirschhornsalz, sowie bei der Herstellung von Salyzilsäure Kohlensäure verwendet.

Seiner Geruchlosigkeit verdankt das $CO_2$-Gas die Benutzung als Kälteträger für Eismaschinen, besonders bei Anwendung in geschlossenen Räumen, die gleichzeitig zur Aufbewahrung von Lebensmitteln dienen. Bekannt ist die fäulnisverhindernde Wirkung einer Kohlendioxyd-Atmosphäre; infolgedessen ist $CO_2$ zum Frischerhalten von Milch, Fleisch, Eiern, Früchten, Obstsäften usw. sehr geeignet. Neuerdings werden feuergefährliche Flüssigkeiten unter Abschluß und Verdrängen der Luft durch gasförmiges $CO_2$ aufbewahrt, wodurch die Explosion im Fall einer Zündung verhindert wird. Ferner ist die Bekämpfung örtlicher Brände in geschlossenen Räumen, z. B. Schiffsräumen, durch Einleiten von $CO_2$ zu erwähnen. Desgleichen wurde die Anwendung von $CO_2$ zur Vermeidung der Selbstentzündung von Steinkohle in Vorschlag gebracht. Die Bedeutung von Kohlensäure als Pflanzennährmittel ist erst in neuerer Zeit wichtig geworden.

Zum Punkte Absatzmöglichkeiten von $CO_2$-Gas verdient hier weiterhin ein Einzelfall Erwähnung, dem allgemeine Bedeutung zukommt. Kürzlich fragte eine Firma der chemischen Großindustrie um Namhaftmachung einer $CO_2$ gewinnenden Brauerei an, da sie täglich 500 kg $CO_2$ zum Austreiben eines andern Gases, das weiterverarbeitet werden soll, braucht; die Stahlflaschen zum Abfüllen sollten von der anfragenden Firma geliefert werden.

Ein neues Absatzgebiet für $CO_2$-Gas haben sich die amerikanischen Gärungsindustrien durch Weiterverarbeitung dieses Rohproduktes in der chemischen Großindustrie geschaffen. So vergärt man in Amerika in großem Umfange Mais, um Butylalkohol daraus zu gewinnen. Das wichtigste Nebenerzeugnis dieses Verfahrens stellen die Gärungsgase dar, die zu 60 vH aus Kohlensäure und zu 40 vH aus Wasserstoff bestehen. Während man ursprünglich die Kohlensäure herauswusch, um den Wasserstoff auf Ammoniak zu verarbeiten, hat man dies ganz aufgegeben und den Betrieb auf die Gewinnung von Methanol umgestellt, seitdem

man gelernt hat, aus Kohlensäure und Wasserstoff synthetischen Methylalkohol zu gewinnen.

Auch Prof. *Franz Fischer* ist es bereits 1925 gelungen, aus Kohlensäure und Wasserstoff auf dem Kontaktwege einen leicht siedenden Motorbetriebstoff, Synthol, herzustellen, der trotz seines geringen Heizwertes (7540 kcal) dem Benzin noch überlegen zu sein scheint, wie Fahrversuche gezeigt haben. Wird die Brennstoffsynthese aus Kohlensäure und Wasserstoff zu industriell brauchbaren Ausbeuten vereinfacht, so ergeben sich Umwandlungen auf dem Brennstoffmarkt, an dem die Gärungsindustrien hervorragend beteiligt wären.

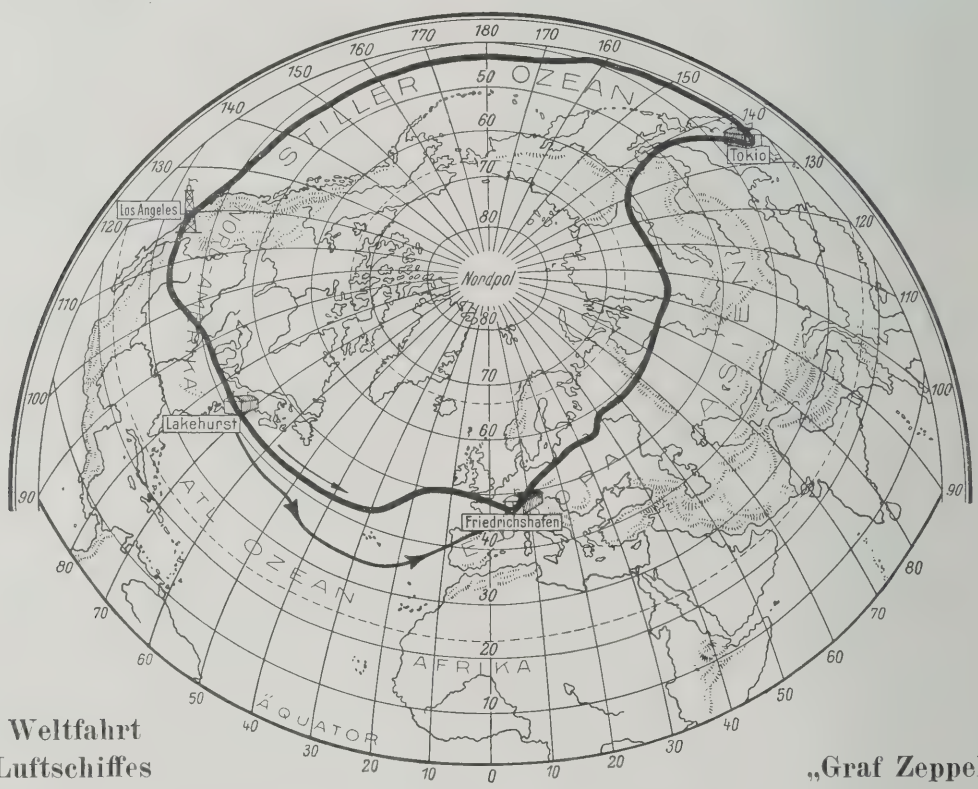
### Kohlensäureeis

Eine zur Zeit wichtige Frage ist die Erzeugung von fester Kohlensäure (Kohlensäureeis). In technischer Hinsicht sind auch bei uns schon die Vorbedingungen für die Gewinnung des Kohlensäureeises gelöst. Eine Einrichtung zur Herstellung von fester Kohlensäure zeigt Abb. 4. Die in dem Preßzylinder *b* fertig gepreßten Blöcke haben bei der normalen Ausführung rd. 300 mm Dmr., 600 bis 700 mm Länge und wiegen r 50 kg. Sie können in kleinere Blöcke zersägt werde

Die Erzeugungseinrichtungen für Schnee sind gut geg Wärme zu isolieren. Zur Verbesserung der Wirku wird für jede Anlage ein Wärmeaustauscher mitgeliefe in dem durch die vom Erzeugungszylinder *a* abziehend kalten Kohlensäuregase die zur Anlage gehende flüssi Kohlensäure vorgekühlt wird.

Die Verwendungsmöglichkeiten der festen Kohle säure als Kühlmittel, das für viele Zwecke durch g wöhnliches Eis gar nicht zu ersetzen ist, sind manni facher Art. Es sei nur in diesem Zusammenhange a einen Vortrag von Prof. *Plank*[2]), Karlsruhe, verwiese der sich im Deutschen Kälteverein nach eingehend Studien in den Vereinigten Staaten von Amerika üb die Herstellung und Eigenschaften des Kohlensäureeis sowie über seine Brauchbarkeit in deutschen, Kühlmitt brauchenden Wirtschaftszweigen ausführlich geäuße hat. [B 2732]

[2]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 7 S. 221.




## Die Weltfahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“

In der Geschichte des Weltverkehrs stellt die Fahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“, die in der Zeit vom 8. August bis 4. September 1929 die Welt in Spannung und Bewunderung gesetzt hat, einen Markstein dar. Ist sie doch die erste Reise eines Luftfahrzeuges rund um die Erde. Deutscher Geist und deutsche Arbeit haben diese Leistung vollbracht, und unsere besondere Anerkennung gilt den Führern dieses Werkes, Dr.-Ing. E. h. *Hugo Eckener*, Dr.-Ing. E. h. *Ludwig Ferdinand Dürr* und Dr.-Ing. E. h. *Karl Maybach*. Diese Fahrt ist ein glänzendes Ergebnis dreißigjähriger Erfahrung im Bau von lenkbaren Zeppelin-Starrluftschiffen; die erste Fahrt fand statt am 2. Juli 1900.

Die Weltfahrt führte von Lakehurst über den Atla tischen Ozean nach Friedrichshafen, über Europa und Asi weiter nach Tokio. Dort fand das Luftschiff Unterkun in der Luftschiffhalle Kasumigaura, die früher in Jüte bog stand. Vollendet wurde diese Umfahrt über den Still Ozean und das amerikanische Festland. Die gesamte Reis dauer betrug rd. 21 Tage 5 Stunden.

Einen glänzenden Abschluß fand die Fahrt bei d Rückkehr des Luftschiffes zum Heimathafen, die das E gebnis brachte, daß die Reisedauer von Friedrichshaf nach Friedrichshafen sogar nur rd. 20 Tage 4 Stunden b trug. [M 3495]

| Flugweg (Zeitangabe auf MEZ bezogen) | | Streckenlänge (geschätzt) km | Reine Flugzeit h | min | Geschw (geschät km/h |
|---|---|---|---|---|---|
| Lakehurst, 8. August vormittags, | —Friedrichshafen, 10. August mittags . . . . . | 8 100 | 55 | 25 | 150 |
| Friedrichshafen, 15. August vormittags, | —Tokio, 19. August nachmittags . . . . . | 11 750 | 100 | 50 | 120 |
| Tokio, 23. August nachmittags, | —Los Angeles, 26. August vormittags . . . . . | 9 650 | 79 | 50 | 120 |
| Los Angeles, 26. August nachmittags, | —Lakehurst, 29. August vormittags . . . . . | 4 740 | 52 | — | 100 |
| Lakehurst, 1. September mittags, | —Friedrichshafen, 4. September vormittags . . | 8 100 | 67 | 30 | 120 |

**Luftfahrzeit** Lakehurst—Lakehurst (**34 240** km geschätzt) 288 h 5 min.
Luftfahrzeit Friedrichshafen—Friedrichshafen (**34 240** km geschätzt) **300 h 10 min**.

# Kraftgasverwendung im Luftschiff „Graf Zeppelin“

*Von Dipl.-Ing. FRITZ STURM, Friedrichshafen / Mitteilung des Luftschiffbau Zeppelin, Friedrichshafen*

*Die technischen Einrichtungen für den Betrieb der Motoren des Luftschiffes „Graf Zeppelin“ (LZ 127) mit Kraftgas. Die untersuchten Kraftgase. Praktisch können alle Mischungen von schweren Kohlenwasserstoffen verwendet werden. Durch Zumischen von Wasserstoff erreicht man die gewünschte Dichte, etwas schwerer als Luft. Prüfstand- und Fahrtmessungen, die gut übereinstimmen, geben einen Einblick in die Fahrtleistungen von LZ 127 und die Wirtschaftlichkeit des Luftschiffbetriebes mit Kraftgas. Versuche mit erhöhten Verdichtungsgraden zeigen einen Weg zu weiterer Steigerung der Wirtschaftlichkeit.*

In den VDI-Nachrichten vom 28. September 1928 sind einige Bilder vom Luftschiff LZ 127 veröffentlicht, in denen die neuartige, zum erstenmal in einem Luftschiff eingebaute Kraftgasanlage angedeutet ist. Die Gründe, die zur Verwendung von Kraftgas führten, waren:

Infolge des Verbrauchs an Benzin wird während der Fahrt das Luftschiff dauernd leichter, es muß daher für je 1 kg verbrauchten Betriebstoff rd. 1 m³ Wasserstoff abgeblasen werden. Diese Maßnahme ist vor allem bei Luftschiffen mit Heliumfüllung unwirtschaftlich und bedeutet außerdem für den Führer eine gewisse Bindung an den jeweiligen Gewichtzustand des Schiffes sowie an die Wetterlage. Jahrelange Versuche, Ballastwasser aus den Auspuffgasen zu gewinnen, haben noch keine gute Lösung gebracht. Über das Ergebnis englischer Vorversuche, den überschüssig werdenden Wasserstoff in den Motoren zu verbrennen, ist wenig bekannt geworden.

### Die technischen Einrichtungen

für den Kraftgasbetrieb setzen sich zusammen aus: Zellen, Rohrleitungen, Absperrmitteln, Sicherheits- und Meßeinrichtungen. Die Kraftgaszellen sind wie die Wasserstoffzellen aus sogenannter Stoffhaut hergestellt, einem mit Darmhäuten beklebten leichten Baumwollgewebe. Aus den Zellen saugen die Motoren das Gas selbst an. Die Gasverteilung zeigt Abb. 1.

In der Mitte jeder Zelle, unmittelbar über dem Laufgang sind Absperrventile eingebunden. Von diesen weg führen Rohrkrümmer zur Hauptlängsleitung. Diese verbindet 12 Zellen, II bis XIII, und besteht aus Aluminiumrohren von 100 mm l. W. und 1,25 mm Wanddicke, die aus Stücken von rd. 5 m Länge teils zusammengeschweißt, teils durch starke Duritmuffen miteinander verbunden sind.

In der Hauptleitung sind fünf Absperrventile eingebaut, die den Zweck haben, die einzelnen Zellen auf bestimmte Motoren zu verteilen. Bei Regelbetrieb sind die Ventile geschlossen und den seitlichen Motoren je zwei bestimmte Zellen zugeordnet; der hintere Motor wird aus den Zellen II bis V versorgt, die infolge der Verjüngung des Schiffskörpers kleiner sind als die übrigen.

Von der Hauptleitung zweigen die einzelnen Leitungen zu den Motoren ab. Diese bestehen aus Duraluminrohr von 57 mm l. W., 1,5 mm Wanddicke und sind für die Seitenmotoren im seitlichen Laufgang verlegt. In jede Motorleitung sind eingebaut: ein Absperrventil unmittelbar neben dem Hauptlaufgang und eine Drosselscheibe zum Messen des spezifischen Verbrauchs und zum Überwachen des Motorbetriebs. In eine Motorleitung ist versuchsweise auch eine Trockengasuhr, Bauart Strömungsteiler, der Askania-Werke, eingebaut. Darin werden die Schwankungen der Luftdichte durch ein von einem Dichtemesser betätigtes Reibradgetriebe berichtigt. Die Ablesungen der Uhr zeigen die durchfließenden Gasmengen in m³, umgerechnet auf 0 ° und 760 mm Q.-S. an.

In der Maschinengondel gabelt sich jede Leitung in vier Stränge von entsprechend kleinerem Querschnitt, die zu den Maybach-Sondervergasern am vorderen und hinteren Motorende führen. Vor der Gabelung befinden sich zwei Ventile: am Maschinenwärterstand ein mit der Hand zu betätigendes Absperr- und Regelventil und hinter diesem ein selbsttätiges Absperrventil. Der Zweck des ersten Ventils ist, bei verschiedenen Gasarten den Motor auf günstigste Gasmenge einregeln zu können. Das selbsttätige Absperrventil wird mittels einer Membran betätigt, die unter dem Einfluß des Unterdrucks im Saugrohr des Motors steht. Dieses Ventil ist bei Motorstillstand geschlossen und öffnet sich, sobald der Motor beim Anlassen mit Druckluft die erste Umdrehung macht. Sobald der Motor stehen bleibt, schließt sich auch das Ventil wieder. Es ist daher ein Sicherheitsventil. Auch wenn der Maschinenwärter vergessen sollte, das Absperrventil zu schließen, kann kein Gas in die Gondel eintreten. Vor jedem Vergaser ist eine Netzsicherung angeordnet, die Rückschläge in die Gasleitung verhindert.

Die Einführung des Gases in den Maybach-Vergaser mußte erfolgen, ohne daß an der Benzinregelung irgend etwas geändert wurde. Das Gas tritt daher durch die seitliche Vergaserwand über eine feststehende Regelplatte in eine Aushöhlung des Luftdrossel-Drehschiebers ein. Die Steuerkante dieses Schiebers schneidet einen dem Gasverbrauch entsprechenden Durchlaßquerschnitt aus der Regelplatte aus. Auf diese Weise entfällt ein eigenes Regelgestänge für den Gasbetrieb. Man hat beim Übergang von Benzin- auf Gasbetrieb einfach den Benzinhahn zu schließen und das Gasventil zu öffnen. Das Umschalten kann bei vollbelastetem Motor erfolgen.

Da bei Gasbetrieb in jeder Luftdichte das Gewichtverhältnis von Brennstoff und Verbrennungsluft gleichbleibt, so entfällt die Notwendigkeit, die Benzinregelung nachzustellen, deren Nichtbeachtung erhöhten Brennstoffverbrauch zur Folge hätte.

### Art des verwendeten Kraftgases

Das Feld der heutigen Verkehrsluftschiffahrt ist die gesamte Erde. Kein andrer Verkehrsfachmann denkt so alltäglich in Kontinenten, wie der Luftschiffführer.

Die Kraftgasversuche wurden daher von Anfang an auf sehr breiter Grundlage aufgebaut; es wurden alle

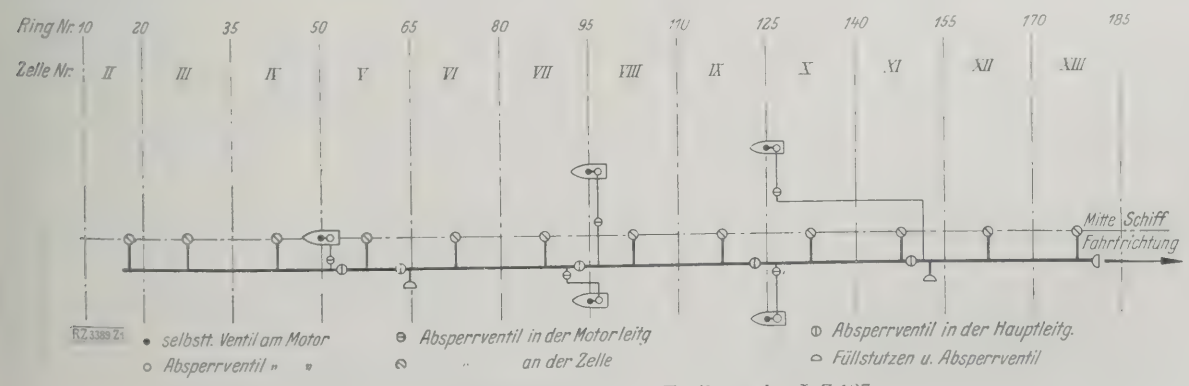



Abb. 1. Die Leitungen für das Treibgas im LZ 127.

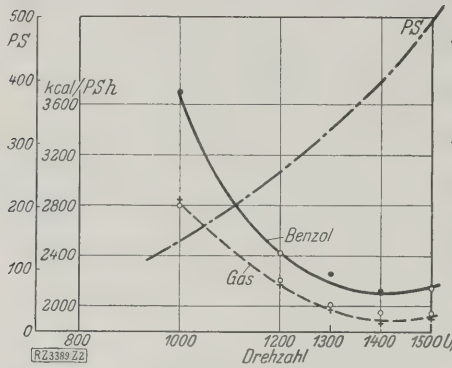



Abb. 2. Gondelprüfstandmessungen. Propellerleistungskurve und spez. Wärmeverbrauch des VL II Maybach-Motors.

- Blaugas $\delta = 1{,}09$ (Luft $=1$) $H_0 = 16\,000$ kcal/m³ rd. 0° 760 mm
- + Pyrofaxgas (amerik.) + Leuchtgas $\delta = 1{,}12$; $H_0 = 14\,800$ kcal/m³
- ∘ Benzol-Benzin 80:20, $s = 0{,}84$, $H_0 = 10\,200$ kcal/kg, Luftdichte $\gamma = 1{,}15$ kg/m³

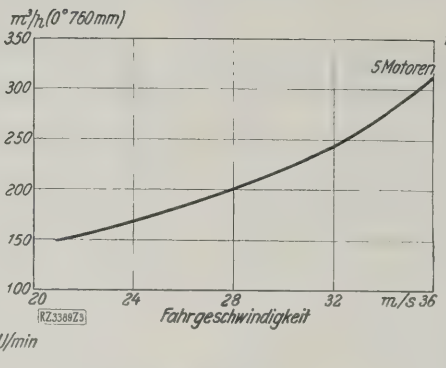



*Abb. 3*
Gasverbrauch, abhängig von der Fahrgeschwindigkeit.

Fahrthöhe 400 bis 800 m ü. M.
Luftdichte rd. 1,1 kg/m³, Gas $\delta = 1{,}08$ (Luft $=1$), $H_0 = 14\,000$ kcal/m³ (0° 760 mm)

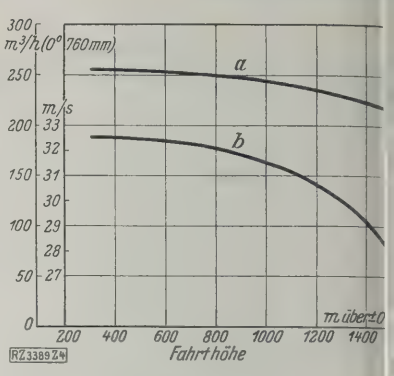



*Abb. 4*
Gasverbrauch $a$ und Fahrgeschwindigkeit $b$, abhängig von der Fahrthöhe bei Marschfahrt.

Motordrehzahl 1400 U/min

**Abb. 3 und 4**
Fahrtmessungen auf der 18. Fahrt (82stündige Mittelmeerfahrt.) des Luftschiffes LZ 127.

in Frage kommenden Gase und Gasmischungen untersucht auf ihre Eignung für den Betrieb eines schnellaufenden Verbrennungsmotors, auf Kältebeständigkeit (Pol- und Nordasienfahrt) sowie auf Verhalten gegenüber dem Zellenstoff und den mit Gas in Berührung kommenden Metallen und Dichtungsmitteln (Korrosion).

**Zusammenstellung der untersuchten Gase**

| | Dichte | oberer Heizwert (0°—760 mm) kcal/m³ |
|---|---|---|
| 1. Ölgas der Jura-Ölschieferwerke | 0,7 | 8 600 |
| 2. Methan der Rombacher Hüttenwerke | 0,81 | 12 500 |
| 3. Aethylen | 0,94 | 13 800 |
| 4. Aethylen-Isobutylen-Mischung | je nach Mischverhältnis | |
| 5. Blaugas | 1,09 | 16 000 |
| 6. Ölgas der I.-G. Farbenind. | 1,5 | 19 600 |
| 7. „ der I.-G. Farbenind. + Wasserstoff | je nach Mischverhältnis | |
| 8. Amerikan. Pyrofax | 1,35 | 17 300 |
| 9. „ „ -Wasserstoff | je nach Mischverhältnis | |
| 10. „ „ -Leuchtgas | „ „ | „ |

Blaugas enthält 13 vH Aethylen, 26 vH Propylen, 13 vH Butylen, 25 vH Methan, 16 vH Aethan und 5 vH Wasserstoff. Die unter 7) genannte Mischung Ölgas-Wasserstoff enthält u. a. rd. 34 vH Propan, 26 vH Butan und 30 vH Wasserstoff.

Es zeigte sich, daß sich fast alle untersuchten Gase für den Luftschiffbetrieb eignen. Der spezifische Wärmeverbrauch ist bei den Gasen, die im Schiff verwendet werden, das sind die unter 5), 7), 9) und 10) angeführten, annähernd gleich. Falls einmal nur Gas von geringerer Dichte zur Verfügung steht, so kann man durch Zuladen von Benzol entsprechenden Ausgleich für Gewicht und Fahrtbereich schaffen.

### Brennstoffverbrauch

Für den Luftschiffbetrieb ist in ganz anderem Maß als beim Flugzeug — Langstreckenflüge ausgenommen — ein sparsamer Brennstoffverbrauch Vorbedingung. Das einzige Mittel, bei einem gegebenen Motor hier Gewinn zu erzielen, bietet die Erhöhung des Verdichtungsgrades. Da bei Betrieb mit Kraftgas kein Klopfen zu befürchten ist, wurde am VL II-Motor das Verdichtungsverhältnis zunächst auf 1 : 7 erhöht (beim VLI des LZ 126 betrug es 1 : 6). Mit Benzol-Benzin-Gemisch 80 : 20 als flüssigem Brennstoff ergaben sich im strengen Winter 1928/29 keine Anstände. Der erreichte günstige Verbrauch ist aus Abb. 2 zu ersehen; darin kommt auch der bessere thermische Wirkungsgrad des Kraftgasbetriebs zum Ausdruck.

Diese Messungen wurden auf dem Prüfstand durchgeführt. Abb. 3 und 4 zeigen die Auswertungen von Fahrtmessungen. Aus diesen sei die Berechnung einer Fahrt über 10 000 km zusammengestellt:

Mittl. Fahrthöhe 800 m ü. M.
Marschfahrt mit 5 Motoren bei 1400 U/min
Marschgeschwindigkeit (Windstille) = 32,5 m/s = 117 km/h.

Das verwendete Gas hat eine Dichte von 1,0 (Luft = 1) und einen oberen Heizwert von 14 000 kcal/m³ (0° — 760 mm).

| Betriebstoff | Stündl. Verbr. eines Motors | Gesamtverbr. für 1 km | Wärmeverb für 10000 km |
|---|---|---|---|
| Gas | 50 m³/h | 2,15 m³ | $300 \cdot 10^6$ kca |
| Benzol-Benzin | 82 kg/h | 3,5 kg | $350 \cdot 10^6$ „ |

Mithin erreicht man bei Gasbetrieb eine Wärmeersparni von rd. 15 vH. Bei der Berechnung der Wirtschaftlich keit hat man für den Gasbetrieb nur den Gaspreis, fü den Benzolbetrieb dagegen außerdem den Preis des ab zublasenden Wasserstoffs, also auf 1 kg Benzol rd 1 m Wasserstoff, einzusetzen.

### Versuche mit höherer Verdichtung

Um einen Einblick zu gewinnen, inwiefern man di Wirtschaftlichkeit des Luftschiffbetriebes durch weitere Erhöhen des Verdichtungsgrades steigern könnte, wur den an einem Maybach-Motor Mb IV a (160 mm Zyl. Dmr., 180 mm Hub, 1400 U/min, 250 PS Nutzleistung in Friedrichshafener Höhe) Untersuchungen vorgenommen. Die Ergebnisse, aus Abb. 5 und 6 ersichtlich, ermutigen zu weiteren Schritten in dieser Richtung an künftigen Luftschiffmotor. [B 3389]

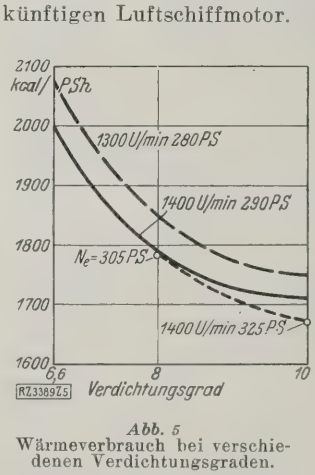



*Abb. 5*
Wärmeverbrauch bei verschiedenen Verdichtungsgraden.

Gas $\delta = 1{,}08$ (Luft $=1$), $H_0 = 14\,000$ kcal/m³ (0° — 760 mm), Lufttemperatur —5°, Barometerstand 735 mm Q.-S.

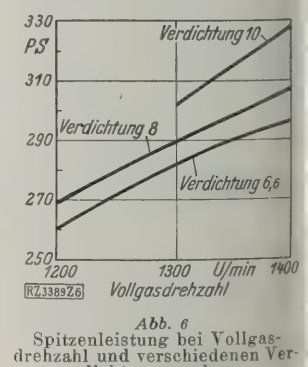



*Abb. 6*
Spitzenleistung bei Vollgasdrehzahl und verschiedenen Verdichtungsgraden.

Gas $\delta = 1{,}08$ (Luft $=1$), $H_0 = 14\,000$ kcal/m³ (0° — 760 mm), Lufttemperatur —5°, Barometerstand 735 mm Q.-S.

**Abb. 5 und 6**
Maybach-Motor M b IV a mit erhöhter Verdichtung.

# Über Fundamentschwingungen

## Theoretische Betrachtungen und Versuche

*Von Prof. H. KAYSER, Darmstadt*

*Ableitung der Grundlagen eines neuen Verfahrens zur Berechnung von Resonanzen mit Hilfe von Arbeitsgleichungen. — Beschreibung von Schwingungsversuchen an ausgeführten Turbinenfundamenten. — Besprechung und Vergleich der Meßergebnisse mit der Rechnung. — Schlußfolgerungen über Fundamentschwingungen, Bodeneinflüsse und statische Lastzuschläge als Ersatz dynamischer Einflüsse.*

### Berechnung der Schwingungen von Turbofundamenten

Resonanzschwingungen können bei einzelnen Teilen und bei dem gesamten Fundament auftreten. Da die Maschinenteile in fester Verbindung mit den Riegeln oder der Tischplatte des Fundamentes stehen, so können im allgemeinen die Einzelresonanzen hinsichtlich des Ausschlages und somit der statischen Wirkung keine große Bedeutung für das Fundament gewinnen. Sie werden bald durch die Mitwirkung des Gesamtfundamentes gedämpft und unschädlich gemacht. Eine größere Bedeutung beanspruchen dagegen die Schwingungen der Gesamtfundamente. Diese sind in die Fundamentplatte oder in den Untergrund mehr oder weniger fest eingespannt und als elastische Gebilde zu betrachten, die je nach der auftretenden Erregung räumliche Schwingungen ausführen und durch die erregenden Kräfte in Resonanz gelangen können.

Wenn wir hierbei von dem Massenschwerpunkt $M$ und den drei Koordinatenachsen $x$, $y$, $z$ ausgehen, Abb. 1, so sind bei einer Erregung des Fundamentes durch Schwingungen entsprechend den 6 Freiheitsgraden des räumlichen Gebildes 6 Resonanzformen zu unterscheiden. Davon sind 3 Verschiebungsresonanzen parallel zu den Achsen und 3 Drehresonanzen um diese Achsen. Bei einer beliebigen Erregung des Fundamentes können von diesen 6 Resonanzen nacheinander alle zur Wirksamkeit kommen. Stehen dagegen auf dem Fundament um eine Längsachse drehbare Maschinen (Turbinen und Stromerzeuger), so liegen die erregenden Kräfte im wesentlichen senkrecht zur Drehachse und außerhalb des Massenschwerpunktes. Von den möglichen Verschiebungsresonanzen spielen dann diejenigen keine Rolle, welche parallel der Drehachse der Maschine gerichtet sind.

Die bei Resonanzwirkungen hervorgerufenen Bewegungen der Fundamente sind räumliche Kurven, Abb. 2, die sich in jedem Augenblick aus den in Betracht kommenden Teilbewegungen zusammensetzen. Da die Resonanzwirkung für die möglichen Schwingungsformen nicht gleichzeitig auftritt, so wird jede der möglichen Resonanzen bei stärkerer Auswirkung der Schwingungserscheinung durch die Verformung nach den andern räumlichen Bewegungsrichtungen gehemmt. Hierdurch treten in dem Fundamentkörper Bremswirkungen auf, die für die Größe der Ausschläge von Bedeutung sind. Die hierdurch bedingte Dämpfung verhütet, daß bei Resonanzwirkungen der Ausschlag der Bewegung ständig wächst; vielmehr kann infolge der räumlichen Verformung die Bewegung immer nur nach irgendeiner Richtung hin einen Höchstwert erreichen, der sich so lange nicht ändert, als die erregende Kraft wirkt. Der Fall, daß die Schwingungskurve des Fundamentes mit der Drehbewegung der erregenden Massen zusammenfällt, kann als ganz seltene Ausnahme aus diesen Betrachtungen ausgeschlossen werden.

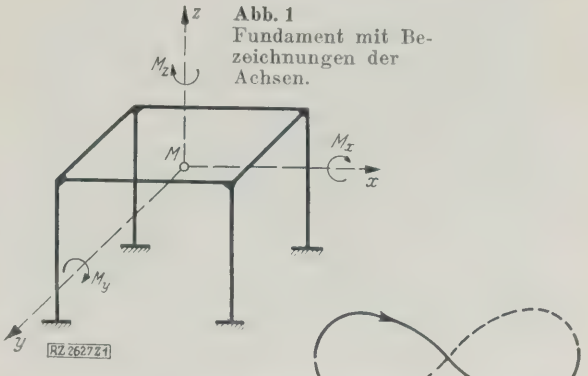



**Abb. 1** Fundament mit Bezeichnungen der Achsen.

**Abb. 2.** Räumliche Schwingungskurve.

### Resonanzschwingungen des Gesamtfundaments

Im folgenden werden für die verschiedenen Resonanzschwingungen des Gesamtfundaments Formeln hergeleitet, die gestatten, die gefährliche Maschinendrehzahl zu ermitteln, d. h. die Drehzahl, bei der die Umlaufzeit in Übereinstimmung mit der betreffenden Teilschwingungszeit des Fundamentkörpers sich befindet. Die Resonanz wird durch Fliehkräfte eingeleitet, die an den umlaufenden Teilen der Maschinen auftreten. Sie werden hervorgerufen durch Exzentrizität der Massenkräfte oder elastische Verformungen der Drehachsen. Bei noch so sorgfältiger Bearbeitung der Maschinen sind solche Kräfte nicht ganz zu vermeiden. Sie entstehen infolge der Durchbiegung der Wellen, infolge von Spielräumen in den Lagern, infolge des Verlagerns der Wicklung bei Motoren, infolge von Abnutzung der Turbinenschaufeln und ungleichmäßiger Strömung des Wassers durch die Turbinen usw. So klein die dadurch hervorgerufenen Kräfte $Z$ auch ursprünglich sein mögen; wenn ihre Wirkung in Resonanz mit einer Schwingung des Fundaments tritt, können sie Werte annehmen, die für den Betrieb der Maschinen und u. U. für den Bestand des Fundaments gefährlich werden.

Bei Resonanzschwingung in einer bestimmten Bewegungsrichtung besteht Gleichheit zwischen der Fliehkraftarbeit der schwingenden Massen und der inneren elastischen Formänderungsarbeit des Fundamentes:

$$A_F = A_B \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

Bezeichnet man die Ordinaten der bei der Schwingung des Fundamentkörpers auftretenden Biegelinien mit $y$, vergl. Abb. 3, so ist z. B. für die waagerechte Teilschwingung, die infolge der Fliehkraft auftritt,

$$A_F = \frac{1}{2}\int y \, \mathrm{d}\, Z;$$

dabei ist $\mathrm{d}\, Z$ die Fliehkraft eines Massenteilchens, das zu dem jeweiligen Weg $y$ gehört. Nach den Gesetzen der Dynamik ist

$$\mathrm{d}\, Z = \frac{\mathrm{d}\, G}{\gamma}\,\omega^2\, y;$$

Mit $\omega = 2\pi n$ wird

$$\mathrm{d}\, Z = \frac{\mathrm{d}\, G}{\gamma}\,4\pi^2 n^2 y,$$

und man erhält

$$A_F = \frac{1}{2}\,\frac{4\pi^2}{\gamma}\,n^2 \int y^2 \, \mathrm{d}\, G,$$

wobei sich das Integral auf alle Gewichtsteile des Fundamentes einschließlich des Maschinengewichts erstreckt.

Demgegenüber ist die Formänderungsarbeit des schwingenden Systems

$$A_B = \frac{1}{2} Z\varepsilon + \frac{1}{2}\int y \, \mathrm{d}\, G.$$

Hierin bedeutet $\varepsilon$ die Exzentrizität der umlaufenden Masse. Durch Gleichsetzen beider Arbeiten wird

$$n = \frac{\sqrt{\gamma}}{2\pi}\sqrt{\frac{Z\varepsilon + \int y \, \mathrm{d}\, G}{\int y^2 \, \mathrm{d}\, G}}$$

und die kritische Drehzahl

$$n \approx 300\sqrt{\frac{Z\varepsilon + \int y \, \mathrm{d}\, G}{\int y^2 \, \mathrm{d}\, G}} \ \text{U/min} \quad \ldots\ldots \quad (2).$$

Bei Eintritt der Resonanzwirkung überwiegt zunächst $Z\varepsilon$. Unter der Wirkung dieser konstanten Arbeit werden die Ausschläge des Fundaments immer

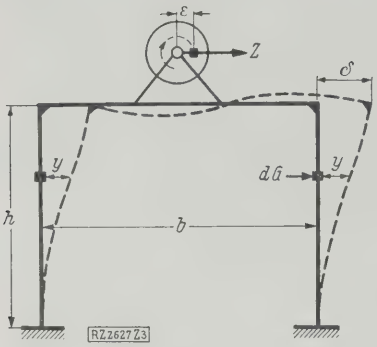



**Abb. 3**
Biegelinie für Waagerechtresonanz.

$b$ Breite des Fundaments
$h$ Höhe „ „
$\varepsilon$ Exzentrizität der umlaufenden Masse
$y$ Ordinaten der Biegelinie
$\delta$ Waagerechtverschiebung des Riegels
$G$ Gewicht des Fundaments
$Z$ Fliehkraft der Maschinenmasse

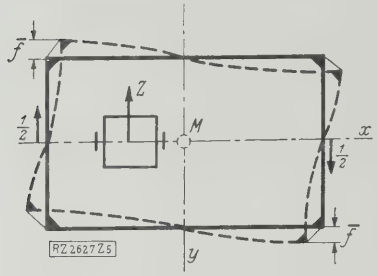



**Abb. 5**
Biegelinie für Drehresonanz um die senkrechte Achse.

$M$ Massenschwerpunkt
$Z$ Fliehkraft der Maschinenmasse
$f$ Verschiebungsgröße des Kraftangriffspunktes
1 Ersatzbelastung in
2 Querriegelmitte
$x$, $y$ Symmetrieachsen

größer, so daß sehr bald der zweite Summand im Zähler überwiegt. Bei der Berechnung der kritischen Drehzahl darf man daher den ersten Summanden stets vernachlässigen:

$$n = 300 \sqrt{\frac{\int y \, \mathrm{d}\, G}{\int y^2 \, \mathrm{d}\, G}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

Diese Gleichung läßt sich auf die Gleichung von *Geiger* für die kritische Schwingungszahl zurückführen, wenn man die Gewichte $\mathrm{d}\,G$ im Massenschwerpunkt angreifen läßt und den dort auftretenden Ausschlag mit $f$ bezeichnet. Man erhält dann

$$n \approx \frac{300}{\sqrt{f}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (3a);$$

hierin ist $f$ die Durchbiegung, die im Schwerpunkt des Fundamentes infolge der nicht gerichteten Gewichte auftritt.

Den weiteren Betrachtungen sei wegen ihrer allgemeineren Form Gl. (2) zugrunde gelegt; sie läßt sich für Verschieberesonanzen sowie für Drehresonanzen verwenden. Zu beachten ist, daß die Kräfte $\mathrm{d}\,G$ jede beliebige Richtung im Raum annehmen können und daß die Größen $y$ die (der betreffenden Resonanz entsprechenden) Ordinaten der Biegelinie infolge der Kräfte $\mathrm{d}\,G$ sind.

Im allgemeinen benutzt man die Formeln so, daß man entsprechend den gesuchten Resonanzen die Richtung der Kräfte $G$ annimmt, die Biegelinie und ihre Ordinaten bestimmt und die Integrale auswertet. Die Bestimmung der Resonanzschwingungen ist damit auf die Biegelinie eines räumlichen Systems zurückgeführt.

Die Ermittlung dieser Biegelinie ist oft schwierig; in den meisten Fällen genügen angenäherte Rechnungen. Bei Beginn der Resonanz, wenn die Wirkung der Massenkräfte noch nicht den Ausschlag gibt, hängt die Form der Biegelinie im wesentlichen von der Fliehkraft $Z$ der Maschinenmassen ab. Es genügt also, das Fundament mit $Z$ zu belasten, die zugehörigen Biegelinien mit den Ordinaten $f$ und $y$ zu finden und zu berechnen:

$$n = 300 \sqrt{\frac{Z f}{\int y^2 \, \mathrm{d}\, G}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4).$$

Da $f$ und $y$ proportional $Z$ sind, so kann man $Z = 1$ setzen; man bringt an der Stelle, an der $Z$ wirkt, die Kraft 1 an, ermittelt die zugehörige Biegelinie mit den Ordinaten $\overline{f}$ und $\overline{y}$ und bildet

$$n = 300 \sqrt{\frac{1 \overline{f}}{\int y^2 \, \mathrm{d}\, G}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (4a).$$

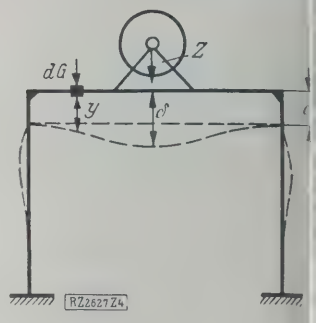



**Abb. 4**
Biegelinie für Senkrechtresonanz.

$Z$ Fliehkraft der Maschinenmasse
$\delta_1$ Stützensenkung
$\delta$ Größte Riegeldurchbiegung
$y$ Ordinaten der Biegelinie
$G$ Gewicht des Fundaments

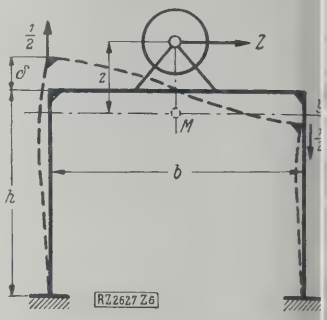



**Abb. 6**
Biegelinie für Drehresonanz um die waagerechte $x$-Achse.

$M$ Massenschwerpunkt
$b$ Breite des Fundaments
$h$ Höhe „ „
$Z$ Fliehkraft der Maschinenmasse
$z$ ihr Hebelarm
1 Ersatzbelastung an den
2 Rahmenecken
$\delta$ größte Eckverschiebung in Kraftrichtung

Hierin tritt bei Drehresonanzen an Stelle der Verschiebarbeit $1\overline{f}$ die Arbeit des Drehmoments $1\overline{\tau}$, worin $\overline{\tau}$ d zur Belastung 1 gehörigen Drehwinkel bezeichnet.

Für die praktische Berechnung sind also nur no die Biegelinien für ein bestimmtes räumliches Gebil unter der in Richtung der gesuchten Resonanz wirkend Last 1 zu finden.

Die Senkrechtresonanz findet man gem der Belastungs- und Biegelinie in Abb. 4 mittels Gl. ( oder (4a). Hierbei ist die Stützensenkung $\delta_1$ gegebenenfal unter Berücksichtigung der Bodennachgiebigkeit zu ermi teln. Die Auswertung der Integrale hat sich auf das gan Fundament mit den Maschinenlasten zu erstrecken.

Für die Drehresonanz, z. B. um die Senkrecht bringt man die Gewichte in der Waagerechtebene a Lasten unter rechtem Winkel zu den Polstrahlen an u bestimmt die Biegelinie für eine Drehung um den Masse schwerpunkt, vergl. Abb. 5.

Die statische Berechnung kann einfacher mitte Gl. (4a) für die Belastung ½ in der Mitte der beid Querriegel durchgeführt werden. Der Zähler ergibt si aus der Verschiebungsgröße $\overline{f}$ des Angriffspunktes d Kraft. Das Nennerintegral hat sich auf die gesam räumliche Biegelinie zu erstrecken.

Für Drehresonanz um die waagerechte Achse $x$ e gibt sich die Biegelinie nach Abb. 6. Für Näherungsrec nungen genügt es hierbei, die Last ½ in der Stützenach anzunehmen und die zugehörige Biegelinie zu bestimme

Zahlenbeispiele und ihr Vergleich mit Versuche zeigen, welche Vereinfachungen bei der Berechnung z lässig sind, ohne daß die Schwingungszahlen zu ungena werden.

### Versuche[1])

#### Anordnung der erregenden Maschinengruppe

Die Vorbedingung für die Durchführung vo Schwingungsversuchen an Turbofundamenten war di Beschaffung einer geeigneten Erregergruppe. Sie mußt imstande sein, vermöge ihrer kräftigen und schwere Bauart, das Fundament genügend stark anzuregen un ausreichend große Ausschläge zu erzeugen. Es wurd ein Getriebe gewählt, Abb. 7 bis 12, das für Drehzahle von 2960/800 U/min gebaut ist. Zum Antrieb dient ei Gleichstrommotor von etwa 30 PS. Durch Einschalte

[1]) Die Durchführung der Versuche erfolgte an Maschinenfund menten des Großkraftwerkes Mannheim, vergl. Z. Bd. 73 (1929) S. 9 auf Anregung von Dr.-Ing. *Marguerre*, dem ich auch an dieser Stel meinen Dank für die Förderung der Arbeiten zum Ausdruck bringe möchte. Bei der Auswahl und Zusammenstellung des Erregeraggr gates wurde ich in dankenswerter Weise durch Prof. Dr. *Blae* Darmstadt, beraten.

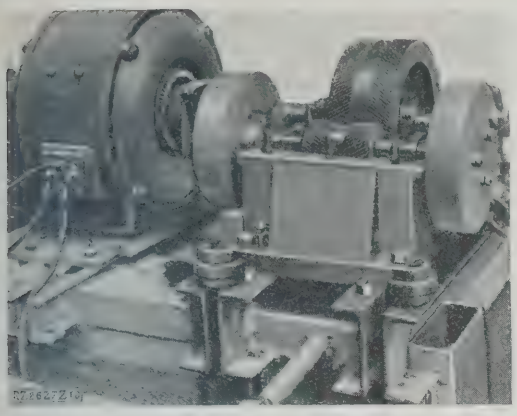


Abb. 10. Erregergruppe, Elektromotor mit Ritzelvorgelege.

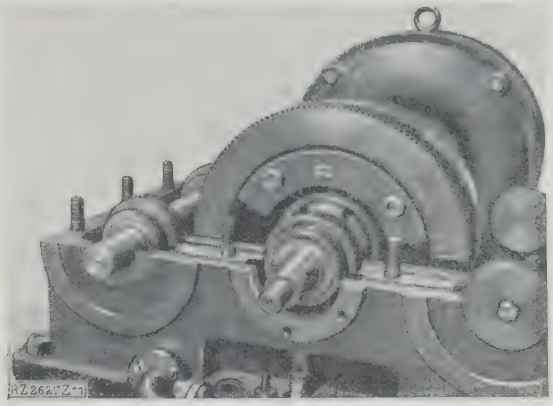


Abb. 11. Pfeilrad mit aufgeschraubtem Übergewicht (*a*).

von Widerständen und Verstellen der Bürsten kann man die Drehzahl scharf einstellen und konstant erhalten. Der Elektromotor ist mit dem Getriebe durch Klauen gekuppelt und genau ausgerichtet. Die Maschinengruppe ruht auf dem Fundament mittels eines Rostes aus kräftigen eisernen Trägern, die durch acht Schraubenbolzen gehalten werden.

Das Getriebe besteht aus einem Gehäuse mit zwei Wellen. Die Hauptwelle ist zweimal gelagert und trägt in der Mitte ein Pfeilrad, auf dem Übergewichte befestigt werden können, vergl. Abb. 11. Die Ritzelwelle ist ebenfalls zweimal gelagert; die Übergewichte werden auf den Schwungscheiben befestigt, Abb. 12, die auf den überkragenden Enden der Welle sitzen. Bei Versuchen mit niedriger Drehzahl wurde diese Welle durch eine Blindwelle ersetzt. Die Lager sind als Gleitlager ausgebildet und mußten trotz Druckölschmierung infolge der hohen Beanspruchung während der Versuche mehrmals neu ausgegossen werden.

Als Übergewicht, das für niedrige Drehzahlen bis zu 10 kg betrug, dienen Ringabschnitte aus Flacheisen, die mittels Schraubenbolzen befestigt werden. Die Schrauben sind durch Körner gegen Lockern während des Betriebes gesichert. Das Aufteilen des Gewichts in Lamellen ermöglicht, das Gewicht beliebig zu ändern.

Bei höheren Drehzahlen wird die Ritzelwelle eingeschaltet und mit der Überwucht versehen, da der Elektromotor nur Drehzahlen bis 2200 U/min zuläßt. Auf den überkragenden Enden der Ritzelwelle sind zu diesem Zweck Schwungscheiben aus S.-M.-Stahl aufgekeilt. Auf diesen wird die Überwucht in bestimmtem Abstand vom Mittel angebracht. Das Übergewicht bilden hier Stift-

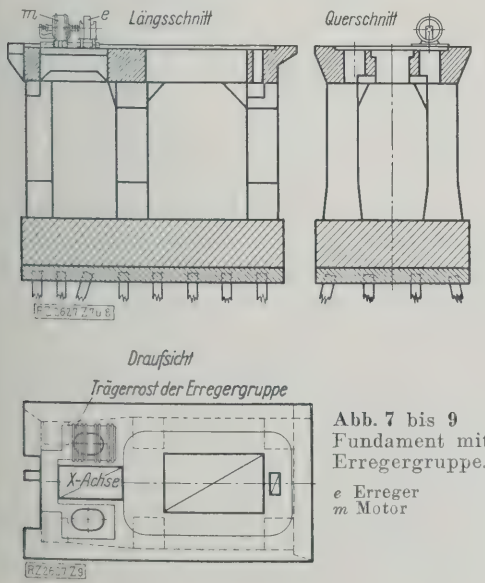



Abb. 7 bis 9 Fundament mit Erregergruppe.
*e* Erreger
*m* Motor

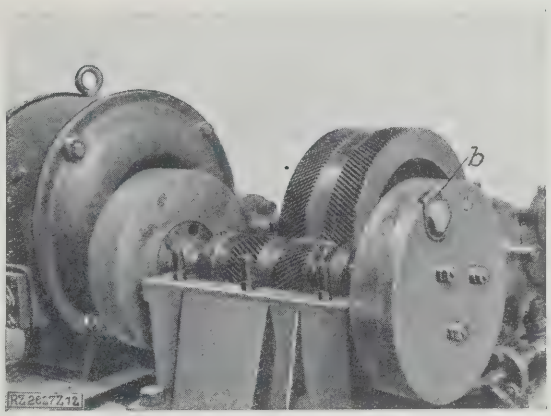



Abb. 12. Ritzelwelle mit Schwungscheiben und eingeschraubtem Übergewicht (*b*).

schrauben mit verschieden langen Schäften und verschieden hohen Köpfen. Wegen der hohen Drehzahlen müssen diese Schrauben sorgfältig gesichert sein. Die Sicherung besteht aus rd. 1 mm dickem umgebördeltem Eisenblech. Da die Ritzelwelle an den Kragenden abgesetzt ist, kann man bei hohen Drehzahlen nur Erregerkräfte von rd. 1,5 t erzielen; diese reichen aber, wie die Versuche bewiesen haben, zur Bestimmung der Resonanz völlig aus.

### Messung der Schwingungen

Es wurden mehrere Vibrometer von *Schenck*, Darmstadt, für waagerechte und senkrechte Schwingungen und ein *Sauersches* Gerät zum Messen der Waagerechtschwingungen verwendet.

Der Schwingungsmesser von *Schenck*, Abb. 13 und 14, vereinigt zwei Systeme, so daß man damit waagerechte und senkrechte Erschütterungen gleichzeitig messen kann.

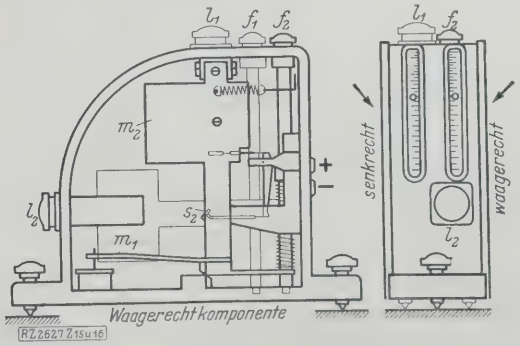
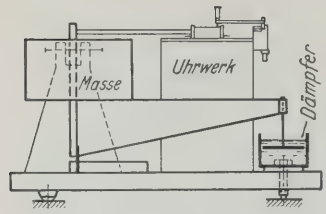



Abb. 13 und 14
*Schenckscher* Schwingungsmesser (Waagerechtkomponente).
$f_1, f_2$ Spiegelfedern $l_1, l_2$ Lampen $m_1, m_2$ Trägheitsmassen
$s_1, s_2$ Spiegel



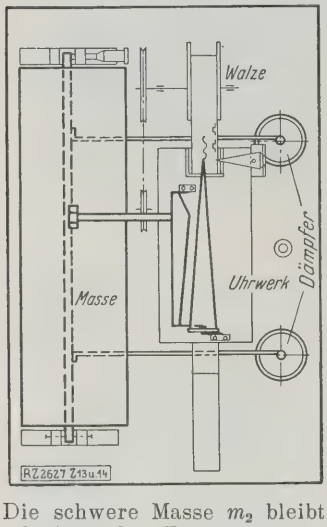




**Abb. 15 und 16**
Waagerecht-Erschütterungsmesser nach *Sauer*.

Die schwere Masse $m_2$ bleibt gegenüber dem durch den schwingenden Körper mitgenommenen Gehäuse in Ruhe und erzeugt durch ein Hebelsystem eine Drehung des Spiegels $s_2$. Dieser wird durch die Lampe $l_2$ beleuchtet und wirft das Licht auf die konzentrisch zur Drehachse des Spiegels angeordnete Teilung.

Der Erschütterungsmesser von *Sauer*[2]), Abb. 15 und 16, beruht auf dem Grundsatz des Seismographen. Eine schwere Masse ist pendelnd aufgehängt und wird durch einen Ölpuffer gedämpft. Die Masse kann nur in einer Richtung schwingen. Durch eine mehrhebelige Zeigerübersetzung werden Erschütterungen, denen gegenüber die Masse vermöge ihrer Trägheit in Ruhe bleibt, auf einem Papierband aufgezeichnet.

Für die Messung und ihre Nachprüfung wurden gleichzeitig drei *Schenckschе* Geräte und ein *Sauersches* Gerät verwendet. Die drei Vibrometer von *Schenck* waren auf eine gemeinsame Platte aufgeschraubt und ausgerichtet. Diese lag satt und fest auf dem Fundament und wurde durch Schraubenbolzen festgehalten, s. Abb. 17.

[2]) *Sauer*, Messung und Rechnung der Fundamentschwingungen von einfach wirkenden Viertakt-Maschinen, Darmstadt 1916.

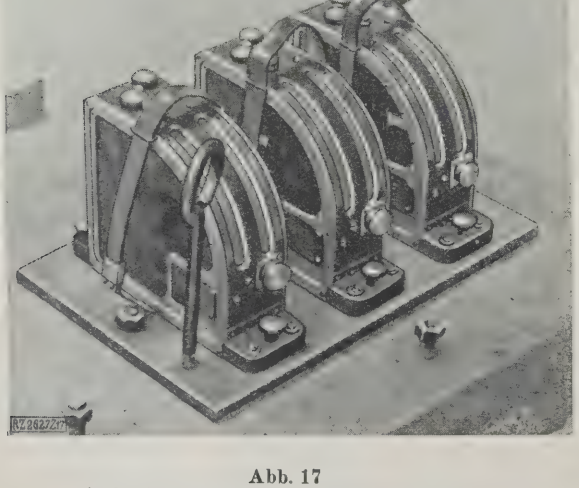



**Abb. 17**
Aufstellung der *Schenckschen* Apparate.

### Ergebnisse der Messungen

Am Fundament der Dampfpumpe, Abb. 18 und 1 wurden an drei in Abb. 20 eingetragenen Meßstellen in gesamt 16 Messungen mit den Schwingungsmessern v *Schenck* durchgeführt; von je zweien dieser Messung sind die Ergebnisse in Abb. 21 und 22 dargestellt. M erkennt deutlich die Resonanzlagen bei 585 U/m (Waagerechtresonanz), 1225 U/min (Drehresonanz) u 3500 U/min (Senkrechtresonanz). Die letzte konnte nic mit Sicherheit festgestellt werden, da Eigenresonanz der *Schenckschen* Meßgeräte die Messungen bei mehr a 2000 Wechseln in 1 min erschwerten, und die Ergebnis unzuverlässig wurden.

Deutlich erkennt man aber die beiden Waagerech Resonanzen: die Verschiebe- und die Drehresonan Letztere ist wegen der Massenanhäufung in den se kräftigen Riegeln der Querrahmen, also weit außerha des Massenschwerpunktes, äußerst stark ausgebildet. A der Meßstelle 2, Abb. 22, waren die Ausschläge größ als der Schwingungsbereich des Geräts, so daß keine A lesungen gemacht werden konnten.

Der entsprechende Ausschlag an Meßstelle 1 beträ ungefähr 0,125 mm. Der Ordinatenmaßstab ist in Abb. und 22 nicht angegeben, weil das Übersetzungsverhältn zwischen Ablesung und wirklichem Ausschlag verände lich war, die Ordinaten also nicht ganz genau sind. B Meßstelle 2 dürfte der Größtausschlag etwa 0,13 b 0,14 mm betragen haben.

Die Ergebnisse der Messungen mit dem *Sauersche* Gerät[3]), Abb. 23, stimmten mit denen der *Schenckschе* Geräte gut überein. Die etwas kleineren Werte erkläre sich daraus, daß das Gerät ein wenig näher an der Dre achse lag. Meßstelle 2 ergab auch hier die größere Ausschläge. Bei Meßstelle 1 setzte in der Nähe v 1290 U/min das Gerät teilweise aus. Eine innere St rung dürfte auch die Ursache für die sonst unverstän liche Verschiebung der Resonanzzahl von 1225 nach 12 gebildet haben.

Die Bewegungen des Fundamentes sind in jeder R sonanzlage räumliche Kurven, die jeweils in einer Ric tung besonders ausgeprägt sind. Daher liegt bei de Waagerechtresonanz keine reine Parallelverschiebun also keine Drehung um einen unendlich fernen Punk vor; dieser Drehpunkt ist vielmehr durch die Brem kräfte in endliche Nähe gerückt, daher sind alle Au schläge an Meßstelle 2 bei Waagerechtresonanz größe als an Meßstelle 1. Der entsprechende Drehpunkt lie auf der Längsachse des Fundaments, Abb. 20, etwa 16 links vom Massenschwerpunkt.

Am Fundament der Dampfturbine, Abb. 24, verg auch Abb. 7 bis 9, wurden insgesamt 73 Messungen durch geführt. Die berichtigten[4]) Ergebnisse für die Me stelle 3 enthält Abb. 25, wobei die Ordinaten die ganze Schwingungsweiten, d. h. die doppelten Amplituden da stellen.

Die Messungen beziehen sich für das Gebi $n < 2200$ auf eine Unbalanz von 10 730 g, für das Gebi $n > 2200$ auf eine Unbalanz von 750 g. Dieselben Un balanzen waren auch bei den nachstehend besprochene Meßergebnissen vorhanden. Die kräftig ausgebildet Drehresonanz zeigt einen Größtausschlag von 0,16 m und im Gegensatz zu den früheren Ergebnissen auch ein senkrechte Komponente von rd. 0,025 mm, vermutlic infolge der stark unsymmetrischen Ausbildung des Fun damentes bezüglich der Querachse durch den Massen schwerpunkt. Die Waagerechtresonanz hat einen Aus schlag von 0.088 mm mit einer Senkrechtkomponente vo 0.032 mm. Senkrechtresonanz konnte bis zu 3700 U/mi nicht nachgewiesen werden. Höhere Drehzahlen wurde bei den Versuchen am Fundament der Dampfturbine deren Drehzahl 3000 U/min beträgt, nicht untersucht.

Meßstelle 2 ergab infolge ihrer Nähe am Massen schwerpunkt nur kleine Drehresonanzausschläge, Abb. 2 während die Waagerechtresonanz 0,137 mm erreichte

[3]) Die Messungen am *Sauerschen* Gerät hat Dr. *Menges*, Buch schlag b. Frankfurt a. M., in dankenswerter Weise durchgeführt.
[4]) Die Meßergebnisse wurden von Dr. *Keutlinger*, Darmstadt, au Grund von Vibrometer-Eichkurven berichtigt, die auf den Schwingungs platten des Instituts für technische Physik festgestellt wurden.

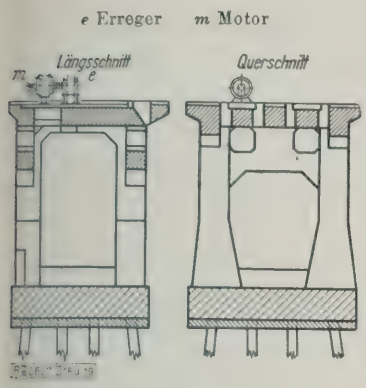



Abb. 18 und 19
Fundament der Dampfpumpe mit der Erregermaschine.

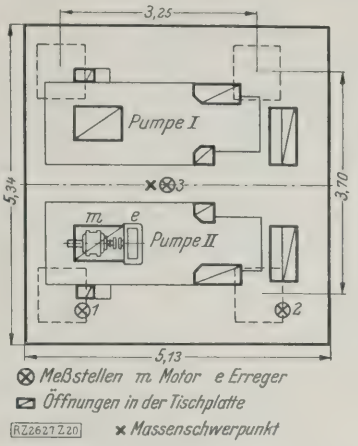



Abb. 20
Grundriß des Dampfpumpenfundaments mit den Meßstellen 1 bis 3.

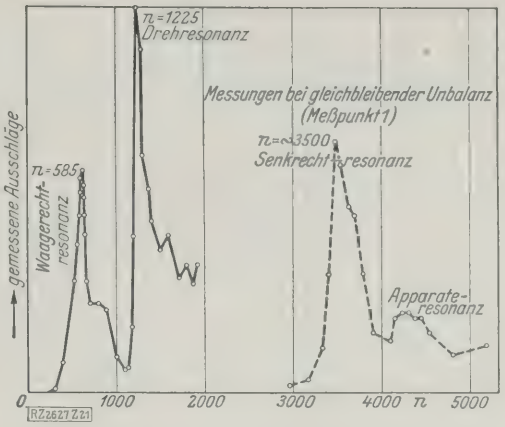



Abb. 21
Resonanzmessungen an der Meßstelle 1 mit *Schenckschen* Geräten.

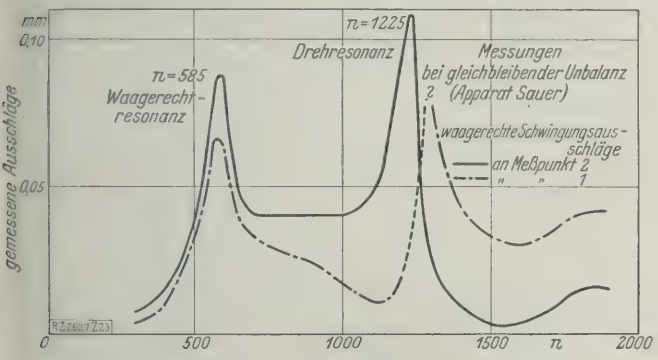



Abb. 23
Resonanzmessungen an den Meßstellen 1 und 2 mit dem *Sauerschen* Gerät.

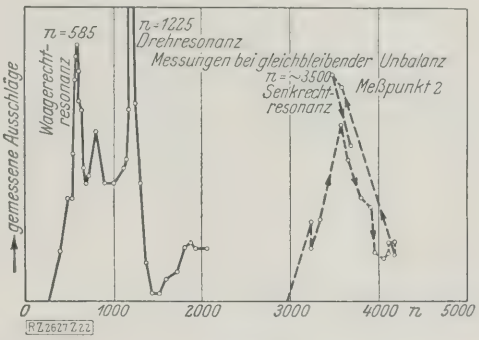



Abb. 22
Resonanzmessungen an der Meßstelle 2 mit *Schenckschen* Geräten.

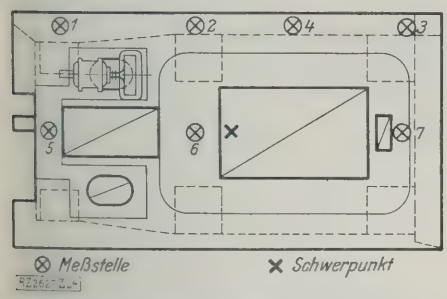



Abb. 24. Grundriß des Fundamentes einer Dampfturbine mit den Meßstellen.

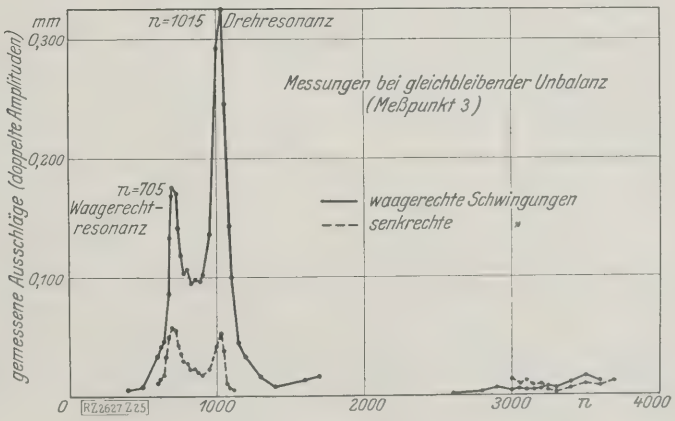



Abb. 25
Berichtigte Meßergebnisse für die Meßstelle 3, Abb. 24.

Die zugehörige Senkrechtkomponente betrug 0,026 mm. Senkrechtresonanz wurde auch hier bei Drehzahlen bis zu 3700 U/min nicht gefunden.

Abb. 27 zeigt (im Vergleich zu Abb. 25 und 26) in 2,5facher Überhöhung die berichtigten Meßergebnisse für die Meßstelle 4 auf der Sohlplatte des Fundamentes. Waagerecht- und Senkrechtkomponenten sind etwa gleich groß und betragen bei Waagerecht- sowie bei Drehresonanz ungefähr 0,009 mm. Der Einfluß des Bodens oder das Mitschwingen der Sohlplatte ist somit deutlich nachgewiesen; er vermindert die Resonanz gegenüber den Ergebnissen der Rechnung, die starre und unbewegliche Einspannstellen voraussetzt.

### Vergleich der Meßergebnisse mit der Rechnung

Am Fundament der Turbine zeigten sich bei 705 U/min Waagerechtresonanz, bei 1015 U/min Drehresonanz. Besonders wichtig für die Beurteilung der Meßergebnisse ist der Umstand, daß auch die Stützenfüße nicht unerhebliche Bewegungen ausgeführt haben; das hat zwei Ursachen: die unstarre Einspannung und die Mitwirkung des Untergrundes bei den Schwingungsvorgängen.

Die Einspannung von Stützen in die Sohlplatte ist nur in den seltensten Fällen so wirksam, daß man praktisch von einer „starren" Einspannung sprechen kann, obwohl man damit gewöhnlich rechnet. Besonders unsicher ist die Annahme starrer Einspannung bei Stützen von Turbinenfundamenten, deren Stützen in der Regel sehr stark sind, also für eine einigermaßen starre Einspannung eine sehr starre Sohlplatte erfordern. Die Rechnung ergibt daher stets höhere Werte als die Messung; die Formel für $n$ müßte daher z. B. durch

$$n = \mu' 300 \sqrt{\frac{\delta}{\int y^2 \, \mathrm{d}\, G}}$$

berichtigt werden, worin $\mu'$ die aus Versuchen gefundene Berichtigung für den Einfluß unstarrer Einspannung darstellt.

**Abb. 26**
Berichtigte Meßergebnisse für die Meßstelle 2, Abb. 24.

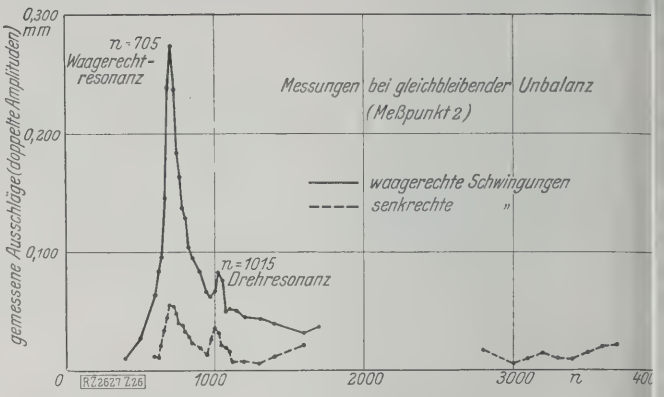
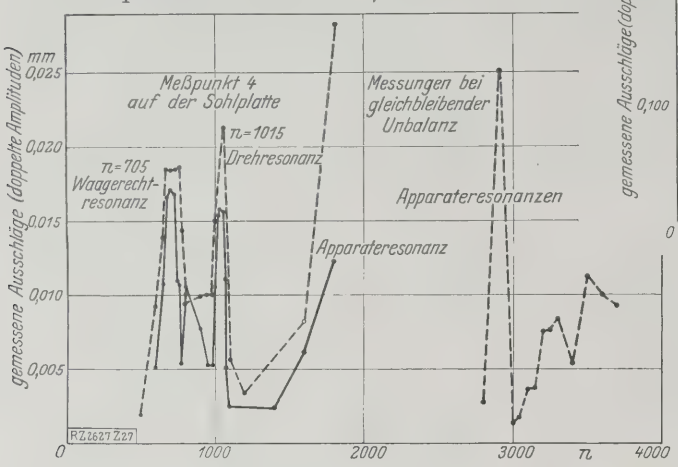



**Abb. 27.** Berichtigte Ergebnisse der Messungen auf der Sohlplatte des Fundamentes, Meßstelle 4.




Die Mitwirkung des Untergrundes bei den Schwingungsvorgängen ist stets vorhanden und vermindert ebenfalls die Resonanzzahl. Man kann diesen Einfluß durch einen Beiwert $\mu''$ berücksichtigen:

$$n = 300\,\mu'\,\mu''\sqrt{\frac{\delta}{\int y^2\,\mathrm{d}\,G}} = 300\,\mu\sqrt{\frac{\delta}{\int y^2\,\mathrm{d}\,G}}.$$

$\mu'$ und $\mu''$ zu einem Wert $\mu$ zusammenzufassen, scheint angebracht, weil es in der Praxis schwer sein wird, sie unabhängig voneinander zu bestimmen.

Die Werte von $\mu$ wurden für die Waagerecht- und die Drehresonanz bei dem untersuchten Turbinenfundament berechnet. Sie enthalten allerdings noch den Fehler, der durch die Anwendung der Näherungsformel

$$n = 300\,\mu\sqrt{\frac{\delta}{\int y^2\,\mathrm{d}\,G}} \quad \text{statt} \quad n = 300\,\mu\sqrt{\frac{Z\,f + \int y\,\mathrm{d}\,G}{\int y^2\,\mathrm{d}\,G}},$$

sowie dadurch entsteht, daß das sechsstielige räumliche Fundament zur Vereinfachung in ebene Teilsysteme umgeformt wird.

Die Berechnungen[5]) ergaben folgende Resonanzzahlen:

| | | |
|---|---|---|
| für Waagerechtresonanz . . . | 826 | U/min, |
| für Drehresonanz . . . . . | 1068 | „ , |
| für Senkrechtresonanz . . . . | 4400 | „ |

und durch Vergleich mit den gemessenen Werten:

$$\mu_h \approx 0{,}85, \qquad \mu_d \approx 0{,}95.$$

Da die Untergrundeinflüsse bei diesen waagerechten Schwingungsformen ziemlich gleichartig sein dürften, so kann man als Mittelwert $\mu = 0{,}90$ annehmen; die Unterschiede zeigen den Fehler, der durch die vereinfachte Rechnung mit ebenen Teilsystemen eines vierstieligen Gebildes, statt mit der wirklichen 42fach statisch unbestimmten räumlichen Rahmenform entsteht.

Nimmt man an, daß der Einfluß des Untergrundes und der nicht ganz starren Einspannung auf die Senkrechtresonanz im vorliegenden Fall rd. 7 vH beträgt, also $\mu_v = 0{,}93$, so liegt die Senkrechtresonanz etwa bei 4100 U/min.

Da beim Fundament der Dampfturbine auch die wahren Ausschläge gemessen wurden, so kann hier die Frage der Beanspruchung durch die Resonanz gestreift werden. Als größter Waagerechtausschlag wurde $\delta_{max} = 0.016$ cm gefunden. Um das Fundament parallel zu seiner Längsachse um $\delta_{max}$ waagerecht auszubiegen, müßte eine Kraft $Z \approx 14{,}80$ t in Riegelhöhe angreifen; dies würde in dem betreffenden Querrahmen die Spannungen hervorrufen, die im Augenblick der Resonanz auftreten. Bei Vollbelastung des Fundament mit den vorgesehenen Maschinen würde sich unter Berücksichtigung der dann entsprechend gr ßeren Ausschläge auf den Wert $Z \approx 24{,}0$ t erhöhe

Auf die Maschinenlasten $G_m$ allein bezoge würde diese Kraft eine Zusatzlast $Z_0 = 0{,}44\,G$ bedeuten. Die Spannungen infolge dieser Belastu gen treten zu den durch Eigengewicht und Nutzla der Maschinen verursachten und zu sonstigen st tischen Spannungen hinzu. Im Vergleich mit den ü lichen Zuschlägen von 200 bis 500 vH könnte man al bedeutend sparen, besonders an Eiseneinlagen.

[5]) Die sehr umfangreichen und zum Teil recht schwierigen Berechnungen hat Priv.-Doz. Dr.-Ing. *Troche*, Darmstadt, durchgeführt.

### Schlußfolgerungen

Die Fundamente schwingen im ganzen sowie in ei zelnen Teilen. Merkliche Resonanzen traten bei den Ve suchen im ganzen Fundament auf, waren also R sonanzen des Gesamtgebildes. Diese sind daher in erst Linie für die Bestimmung der Resonanzzahlen und für d Bemessung des Fundamentes von Bedeutung. Von d möglichen sechs Formen der Resonanz des Gesamtgebild sind zumeist nur die drei untersten, die waagerechte Ve schieberesonanz (Waagerechtresonanz), die waagerech Drehresonanz (Drehresonanz) und die senkrechte Ve schieberesonanz (Senkrechtresonanz) wichtig.

Mit Hilfe des beschriebenen Verfahrens kann man d Resonanzzahlen vorausberechnen, wenn man die Mi wirkung der Sohlplatte und des Untergrundes berüc sichtigt, z. B. durch Berichtigungswerte aus Versuche

Da der Untergrund verschieden wirken kann ur keine ausreichende Zahl von Versuchsergebnissen vo liegt, sind die Ergebnisse dieser Rechnungen nicht sel genau, zumal sich die Einflüsse des Untergrundes m andern Fehlern des angenäherten Rechnungsverfahre verbinden können. Liegt die unter Berücksichtigung d Untergrundeinflüsse berechnete Resonanzzahl nahe a der Betriebsdrehzahl, d. h. beträgt der Unterschied w niger als ± 15 bis 20 vH, so sind schon beim Entwu Maßnahmen zur Änderung der Resonanzlage notwendi

Die bisher üblichen Zuschläge von 200 bis 500 v für dynamische Einflüsse der gesamten Maschinenlaste scheinen nach den Versuchen zu hoch. Sie sind offenba aus Betrachtungen über Resonanzvorgänge hergeleite bei denen die starke Bremsung durch anders gerichtet räumliche Teilschwingungen nicht vorhanden war od nicht berücksichtigt wurde. Die gleichen Spannungen wi bei der wirklichen Resonanz rufen schon statische Zu satzkräfte von 50 bis höchstens 100 vH der Maschine lasten hervor. Diese Werte enthalten bereits Siche heitszuschläge bis zu rd. 50 vH.

Bei weiteren Versuchen, die erwünscht sind, dürfte als Erregungskraft (Störungskraft) jeweils 0,5 bis 1 bei den heute üblichen Fundamentgrößen, tunlichs exzentrisch zum Massenschwerpunkt, ausreichen, um i wenigen Sekunden die stationäre Resonanzlage zu erzeuge Kleinere Störkräfte brauchen u. U. längere Erregung de Fundamentes. Besonders wertvoll wären Versuche a den gleichen, aber voll belasteten Fundamenten des Groß kraftwerkes Mannheim; daraus könnte man Schlüsse au den Einfluß der Maschinengewichte ziehen. [2627]

# Piezoelektrische Messungen von Druck- und Beschleunigungskräften

*Von J. KLUGE und H. E. LINCKH, Berlin*

*Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt*

*Bekannte Meßverfahren — Druckmessung mit piezoelektrischem Quarz — Röhrenvoltmeter zur Messung der piezoelektrischen Ladungen — Anordnung des Quarzes — Messung des Schnittdruckes an einer Leitspindelbank — Messung der Anlaufbeschleunigung eines Motors — Messung von Stoßbeanspruchungen eines statisch vorbelasteten Drahtes.*

In der Technik liegt vielfach die Aufgabe vor, rasch veränderliche Drücke zu messen und aufzuzeichnen. Einige der wichtigsten Beispiele seien erwähnt: die Messung von Deformationsspannungen, die besonders bei dynamischer Beanspruchung von Konstruktionsteilen auftreten, die Messung der Kräfte, die beim Bearbeiten eines Werkstückes zwischen Werkzeug und Werkstück entstehen, die Messung des Gasdruckes bei rasch laufenden Verbrennungsmaschinen, die Ermittlung von Massenkräften bei Beschleunigungsvorgängen.

Die bisher verwandten Meßverfahren benutzen zum größten Teil mechanische Hilfsmittel wie Federn oder Membranen[1]). Um bei diesen Verfahren große Empfindlichkeit zu erzielen, muß man in allen Fällen große Deformationen zulassen, die zugleich eine niedrige Eigenfrequenz des Meßgerätes bedingen. Infolgedessen ist es unmöglich, mit Federn oder Membranen rasch verlaufende Druckänderungen vollkommen verzerrungsfrei aufzuzeichnen. Ein zweiter Weg, den man neuerdings verschiedentlich beschreitet, besteht darin, die Veränderlichkeit des elektrischen Widerstandes von Kohle oder Metallen bei Druckbeanspruchung zur Druckanzeige zu verwenden[2]). Ein Vorteil dieses Verfahrens liegt in der Möglichkeit elektrischer Aufzeichnung. Dagegen ist die auftretende Nachwirkung sehr störend, so daß das Verfahren für genauere Messungen unbrauchbar wird. Schließlich seien hier noch die Verfahren erwähnt, bei denen man mittels Deformation eines elastischen Körpers den Abstand zweier Kondensatorplatten durch den zu messenden Druck verändert[3]). Man schaltet den Kondensator in einen Schwingungskreis ein und mißt die durch die Kapazitätsänderung hervorgerufene Verstimmung des Schwingungskreises. Um große Empfindlichkeit zu erzielen, muß man Hochfrequenz anwenden (etwa $10^6$ Hertz). Der Nachteil dieses Verfahrens liegt in der großen Empfindlichkeit gegen äußere elektrische und mechanische Störungen.

Das in dieser Arbeit verwendete Verfahren beruht darauf, daß der zu messende Druck auf einen piezoelektrischen Quarz übertragen wird. Auf dem Quarz entstehen dem Druck verhältnisgleiche elektrische Ladungen. Diese Ladungen führt man einem elektrostatischen Röhrenvoltmeter zu und setzt sie dort in Stromänderungen um, die ein Oszillograph aufzeichnet. Wie die Versasser nach Abschluß der vorliegenden Untersuchung erfuhren, wurde ein ähnliches Verfahren bereits von *Hocart*[4]) veröffentlicht. Die Anordnung diente zur oszillographischen Aufzeichnung von Druckschwankungen in Wasserrohren. In der kurzen Mitteilung sind jedoch keine Einzelheiten an der Meßanordnung und keine Meßergebnisse angegeben.

Da der Elastizitätsmodul von Quarz $0{,}8 \cdot 10^6$ kg/cm² beträgt, sind die bei der Druckmessung auftretenden Deformationen praktisch gleich null. Die für den gedachten Verwendungszweck erforderliche hohe Eigenfrequenz, die für verzerrungsfreie Wiedergabe von Druckänderungen notwendig ist, hat man demnach bei Verwendung eines Quarzes vollkommen erreicht. Die Druckempfindlichkeit des neuen Meßgerätes ist ebenfalls außerordentlich hoch und reicht für alle in Frage kommenden Aufgaben vollkommen aus.

### Das elektrostatische Röhrenvoltmeter

In Abb. 1 ist die Schaltung des Röhrenvoltmeters angegeben. Die Anordnung enthält eine Eingangsröhre, deren Steuergitter durch die vom Quarz $Q$ erzeugten elektrischen Ladungen aufgeladen wird. Die den Ladungen entsprechenden Potentialdifferenzen $e$ zwischen Gitter und Erde steuern den Anodenstrom der ersten Röhre. Als Eingangsröhre verwendet man eine Sonder-Doppelgitterröhre. Sie weist eine gute Gitterisolation auf infolge Anwendung einer Bernsteindurchführung für die Gitterzuleitung und Trocknen der Glasoberfläche. Dadurch vermeidet man einen Ladungsverlust durch Kriechströme. Einen weiteren Ladungsverlust bedingt der Gitterstrom. Er ist für positive Gitterspannung beträchtlich und bei normalen Röhren selbst für negative Gitterspannung noch verhältnismäßig groß, da bei Anodenspannungen, die größer sind als etwa 8 V, die Gasreste in der Röhre einen zeitlich stark veränderlichen Ionenstrom zur Folge haben[5]). Bei der Doppelgitterröhre dagegen kann man durch niedrige Anodenspannung und geringe Heizung für negative Gitterspannungen den Gitterstrom und damit den Ladungsverlust praktisch gleich null machen, so daß die Anordnung ein elektrostatisches Meßgerät darstellt. Bei Berücksichtigung aller dieser Gesichtspunkte läßt sich eine so gute Isolation erreichen, daß eine auf das Gitter der ersten Röhre aufgebrachte Ladung in einer Minute nur um etwa 10 vH abnimmt, was einer Zeitkonstante von mehreren Minuten entspricht. Bei der erwähnten Anordnung von *Hocart* beträgt die Zeitkonstante nur einen Bruchteil einer Minute.

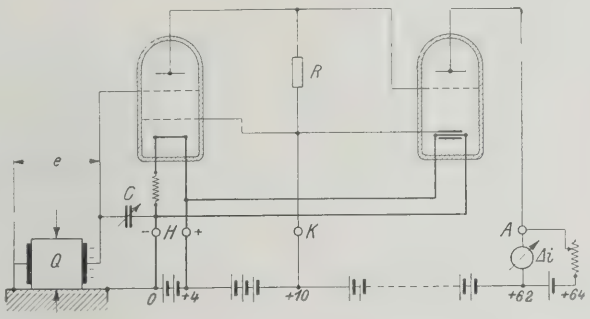



**Abb. 1**
Schaltung des Röhrenvoltmeters.

| | | |
|---|---|---|
| $Q$ Quarz | $A$ Anode | $R$ Widerstand |
| $e$ Potentialdifferenz | $K$ Kathode | $\Delta i$ Wert der Stromänderung |
| $H$ Heizung | $C$ Kondensator | |

Die zweite Röhre verstärkt die Stromänderungen der Eingangsröhre auf den Wert $\Delta i$, Abb. 1. Als zweite Röhre wird eine mittelbar geheizte Röhre verwendet, bei der die durch Strahlung des Heizfadens geheizte Kathode ein anderes Potential haben kann als der Heizfaden. Infolgedessen kann man beide Röhren in der angegebenen Schaltung mit einer gemeinsamen Heiz- und Anodenbatterie betreiben. Die Verwendung der mittelbar geheizten Röhre hat noch einen weiteren Vorteil. Bei der unmittelbar geheizten Röhre fließt der Anodenstrom über den Heizfaden zurück. Infolgedessen hat diese Röhre für rasche Änderungen des Anodenstromes eine gewisse

[1]) Vergl. Quellennachweis am Ende dieses Aufsatzes 1. Ausführliche Literaturangaben finden sich in dem Buch von *Steuding*.
[2]) Quellennachweis 2.
[3]) Quellennachweis 3.
[4]) Quellennachweis 4.
[5]) Quellennachweis 5.

Wärmeträgheit, die bei den vorliegenden Messungen unter allen Umständen zu vermeiden ist. Bei der mittelbar geheizten Röhre fällt diese Fehlerquelle weg. Bei der Eingangsröhre spielt die Wärmeträgheit keine Rolle, da das Verhältnis von Heizstrom zu Anodenstrom größer als $10^4$ ist. Um elektrostatische Beeinflussungen des Gerätes von außen zu vermeiden, sind die Röhren in einen geerdeten Blechkasten eingebaut.

Das Röhrenvoltmeter hat als elektrostatisches Meßgerät eine Ladungs- und eine Spannungsempfindlichkeit.

Die Spannungsempfindlichkeit, d. h. die Abhängigkeit der Anodenstromänderungen von der Spannung des Steuergitters gegen Erde, ist bestimmt durch Heizung und Anodenspannung der beiden Röhren und durch die Größe des Widerstandes $R$. Bei geeigneter Wahl dieser Größen kann man einen praktisch geradlinigen Verlauf der Spannungscharakteristik, Abb. 2, erhalten und durch Vorladen des Gitters der Eingangsröhre den Arbeitspunkt beliebig einstellen, vergl. Eichkurve, Abb. 10.

Die Ladungsempfindlichkeit des Gerätes ist abhängig von seiner Spannungsempfindlichkeit und von der Kapazität des Gitters gegen Erde. Die Kapazität des Gerätes beträgt einschließlich Zuleitung und Kapazität der Quarzdruckkammer etwa 18 $\mu\mu$F (1 $\mu\mu$F $= 10^{-12}$ F). Die Ladungsempfindlichkeit des Gerätes kann man verändern durch Zuschalten eines Kondensators $C$, der zur Vermeidung von Isolationsverlusten mit Bernstein isoliert ist. Der Ladungsmeßbereich des Gerätes läßt sich hierdurch in weiten Grenzen vergrößern.

Die Empfindlichkeit der gesamten Meßanordnung ist gegeben durch die Ladungsempfindlichkeit des Röhrenvoltmeters und die Druckempfindlichkeit des Quarzes. Diese Druckempfindlichkeit betrug bei dem verwendeten Quarz in der im folgenden Abschnitt beschriebenen Anordnung des Quarzes etwa $10^{-11}$ Coulomb/kg. In Abb. 3 sind Druckeichkurven bei vier verschiedenen Kondensatorwerten für diesen Quarz dargestellt.

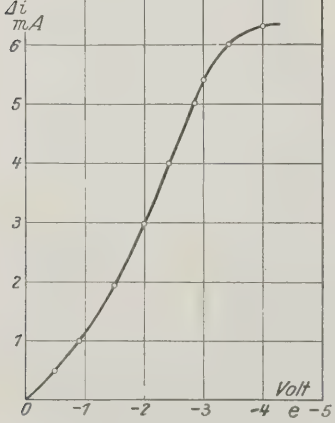



Abb. 2
Spannungscharakteristik des Röhrenvoltmeters.

### Anordnung des Quarzes

Man schneidet den Quarz am besten in Form eines rechteckigen Prismas, so daß eine Prismenebene senkrecht zur optischen Achse und eine Prismenebene senkrecht zu einer elektrischen Achse verläuft, Abb. 4. Der Druck kann entweder in Richtung der elektrischen Achse oder in Richtung der neutralen Achse erfolgen. Die Ladungen entstehen in beiden Fällen in den Ebenen senkrecht zur elektrischen Achse, Abb. 4.

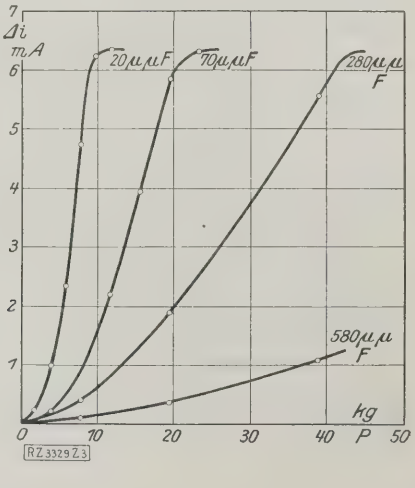



Abb. 3
Druckcharakteristik des Druckmeßgerätes für verschiedene Zusatzkapazitäten.

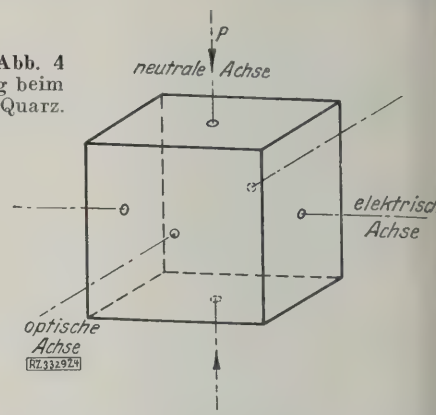



Abb. 4
Achsenrichtung beim Quarz.

Da man die eine Elektrode isolieren muß, der Isol tionsstoff aber keine einwandfreie Übertragung der messenden Kräfte auf den Quarz gewährleistet, wur bei allen Messungen die zweite Anordnung angewan Die übrige Anordnung des Quarzes in der gesamten Me anordnung geht im einzelnen noch aus der Abb. 1 hervo

Der Quarz ist in eine Druckkammer eingebaut. D In Abb. 5 dargestellte Druckkammer besteht aus Sta und hat eine Bernsteindurchführung zu der ein Elektrode des Quarzes, die andere Elektrode ist unmitt bar mit dem Gehäuse und mit Erde verbunden. D Druck überträgt sich über eine Stahlkugel und e Druckstück aus Stahl.

### Versuche mit dem neuen Meßgerät

Die folgenden drei grundsätzlich verschiedenen Ve suche zeigen die vielseitige Anwendungsmöglichkeit d neuen Meßgerätes.

a) Messung des Schnittdruckes an eine Leitspindelbank. Die Quarzkammer wurde b diesem Versuch zwischen dem freien Ende des Stahl und dem Drehbanksupport zugleich mit dem Stahl fes gespannt, so daß der Quarz unter einem Vordruck vo etwa 50 kg stand, Abb. 6. Die beim Schneiden auf de Stahl wirkenden Kräfte übertragen sich somit auf de Quarz. Als Werkstück diente ein zylindrisches Stah stück von etwa 50 mm Dmr., das mit Hilfe der Leitspind abgedreht wurde. Die Drehzahl betrug 220 U/min, de Vorschub 0,2 mm/U. Vor der Messung wurde das Ger elektrostatisch auf $-2$ V aufgeladen. Damit entfern man einerseits die dem Vordruck entsprechende Ladun und erreichte anderseits, daß das Gerät in dem mittlere geradlinigen Teil der Charakteristik, Abb. 2, arbeitet Die Eichung erfolgt statisch durch Aufsetzen von G wichten auf die Stahlschneide. Abb. 7 gibt ein Oszill gramm der Kräfte bei den Spandicken 0,22 mm, 0,43 m und 0,87 mm wieder. Die Aufnahme zeigt, daß de Schnittdruck bei diesen Versuchen gleichmäßig mit de Spandicke zunimmt. Abb. 8 zeigt weiter den Verlauf de Kräfte beim Längsdrehen eines etwas exzentrisch eing spannten Stahlstückes mit einer mittleren Spandicke vo 0,25 mm. Man erkennt deutlich die mit der Drehzah periodisch auftretenden Schnittdruckschwankunge denen feine, durch Stahlschwingungen hervorgerufen Druckschwankungen überlagert sind.

b) Messung der Anlaufbeschleunigun eines Motors. Beim Anlauf eines Motors entsprich dem vom Ständer auf den Läufer ausgeübten Beschleun gungsmoment ein Reaktionsmoment des Ständers auf da Fundament. Der Verlauf dieses Drehmomentes beir Leeranlauf ergibt die Charakteristik des Motors vor Stillstand bis zum Erreichen seiner vollen Drehzahl. D statische Messungen des Drehmomentes bei den verschie denen konstant gehaltenen Drehzahlen wegen der Er wärmung des Motors schwer durchzuführen sind un zu fehlerhaften Ergebnissen führen können, ist di dynamische Messung eines solchen Drehmomentverlaufe von großem Interesse. Allgemein ist die Anordnung s zu wählen, daß man den zu untersuchenden Motor au einen besonderen Rost baut, der gegen das Fundamen drehbar gelagert ist. Die Quarzdruckkammer schalte man zwischen Fundament und drehbarem Rost ein un

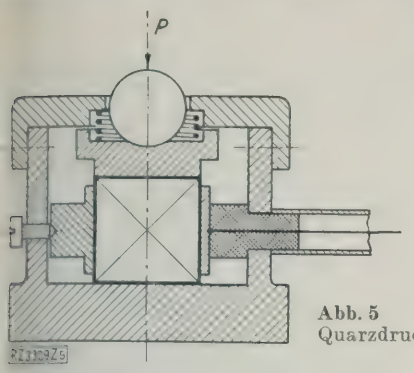



Abb. 5
Quarzdruckkammer.

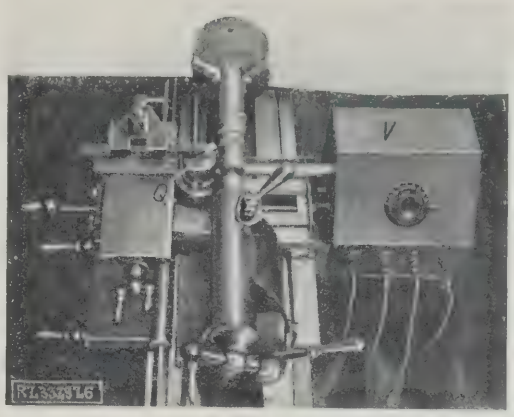



Abb. 6
Anordnung bei der Messung des Schnittdruckes.
*Q* Quarzdruckkammer
*V* Röhrenvoltmeter

ißt die Änderung des Auflagemomentes und damit das eschleunigungsmoment.

Für die hier mitgeteilten Versuche wurde eine eichstrom-Bremsdynamo von 15 kW Leistung mit dreh- r gelagertem Ständer benutzt. Vor den Auf- hmen war das Gerät nicht elektrostatisch vorgeladen, folgedessen waren die Ausschläge des Gerätes dem Be- hleunigungsmoment nicht vollkommen verhältnisgleich. ob. 9 zeigt die Aufnahme des Beschleunigungsmomen- s und des Ankerstromes beim Anlauf der Bremsdynamo. is dem Beschleunigungsmoment errechnet sich durch vision mit dem Läuferträgheitsmoment (2,4 mkg s²) e Läuferbeschleunigung. Da bei dem Gleichstrom- tor der Ankerstrom verhältnisgleich dem Moment ist, gen beide Schaulinien in ihrem Grundverlauf gleiches rhalten. Während jedoch der Strom den Verlauf des schleunigungsmomentes zwischen Ständer und Läufer gibt (Luftspaltdrehmoment), mißt der Quarz außer die- n Beschleunigungsmoment des Läufers das überlagerte ment der Massenkräfte des Ständers. Derartige ssenkräfte des Ständers treten bei jeder Anordnung s Motors auf, da eine völlig starre Lagerung des Stän- rs gegen das Fundament praktisch nicht möglich ist[6]). muß das Ziel weiterer Versuche sein, die Wirkung r Massenkräfte des Ständers so zu verkleinern, daß n aus dem Verlauf des Reaktionsmomentes einwand- i auf den Verlauf der Anlaufbeschleunigung schließen nn.

c) Messung von Stoßbeanspruchungen nes statisch vorbelasteten Stahldraht- s. Da die Wechselfestigkeit eines Stoffes eine andere als die statische Festigkeit, ist ein genauer Aufschluß er den Kraftverlauf in dem auf Stoß beanspruchten ff wünschenswert. Hierzu ist das neue Meßgerät ein ignetes Hilfsmittel. Die Versuchsanordnung war fol- de: ein senkrecht hängender, $l = 7{,}6$ m langer Stahl- ht (Klaviersaitendraht) mit einem Querschnitt von $= 1$ mm² war an seinem oberen Ende eingespannt und seinem unteren Ende durch ein angehängtes Gewicht = 10,8 kg statisch vorbelastet. Die Stoßbelastung wurde durch erzeugt, daß ein längs des Drahtes fallendes chbohrtes Gewicht von 124 g beim Auffallen auf das ere Ende des Drahtes seine kinetische Energie an den ht abgab. Dadurch entstanden in dem Draht zwei ngsschwingungen, eine Stoßschwingung und eine ssenschwingung, Abb. 10. Um die Analyse des Schwin- gsvorganges zu erleichtern, sollen beide Schwingun- als voneinander un- ängig angenommen den. Wie man aus genauen mathemati- en Behandlung der liegenden Aufgabe ern kann, ist diese nahme immer zu- ässig, wenn die Masse Spanngewichtes und Gesamtmasse des htes voneinander r verschieden sind. Stoßschwingung hat Folge, daß jeder ein-

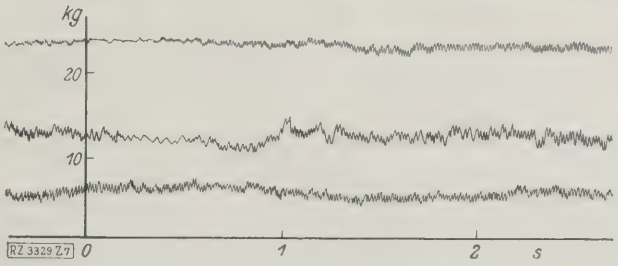



Abb. 7
Schnittdruck bei verschiedenen Spandicken (0,22—0,43 — 0,87 mm).

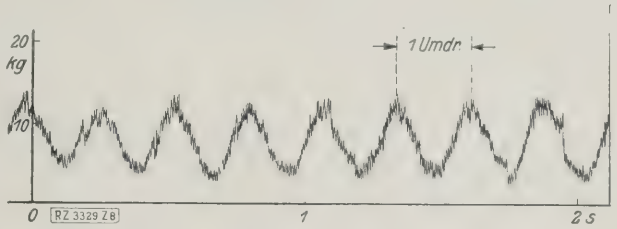



Abb. 8
Schnittdruck bei exzentrisch eingespanntem Werkstück.

zelne Querschnitt des Drahtes Verschiebungen $u$ erfährt, die die Differentialgleichung der Dehnungsschwingungen erfüllen:

$$c^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}.$$

$c = \sqrt{\frac{E}{\gamma}}$ bedeutet die Schallgeschwindigkeit im Stahldraht, $E$ seinen Elastizitätsmodul, $\gamma$ seine Dichte. Da das Gewicht $P$ nur lose an den Draht angehängt war, hat man für die ersten Perioden der Stoßschwingung als Randbedingung an der Stelle $x = 0$ einen Verschiebungsknoten und an der Stelle $x = l$ einen Verschiebungsbauch. Die Lösung ist dann für den ersten Teil des Schwingungsvorgangs

$$u = A \sin \frac{\pi x}{2l} \sin \frac{2\pi}{T} t.$$

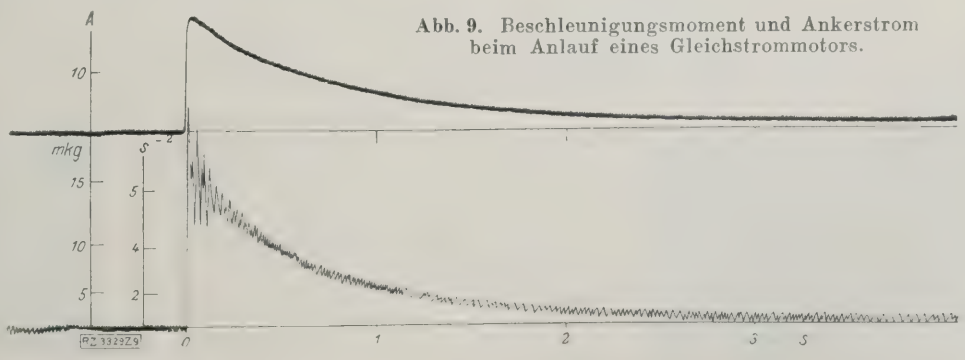



Abb. 9. Beschleunigungsmoment und Ankerstrom beim Anlauf eines Gleichstrommotors.

[6]) Quellennachweis 6.

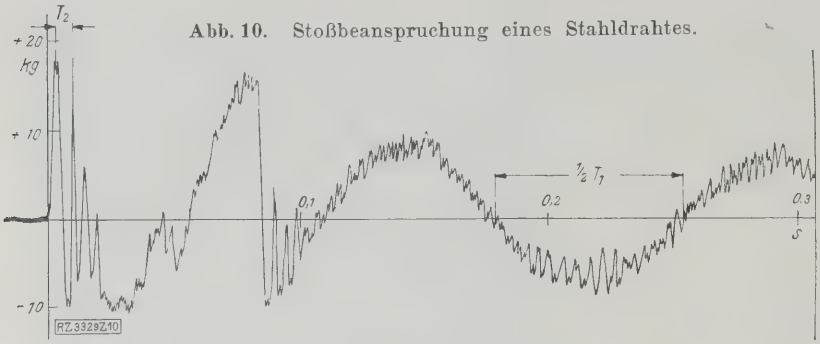



**Abb. 10.** Stoßbeanspruchung eines Stahldrahtes.

Die Oberschwingungen können vernachlässigt werden, da das Oszillogramm, Abb. 10, das Vorherrschen der Grundwelle erkennen läßt. Aus der Gleichung für die Verschiebung erhält man mit

$$q\,E\,\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\pi}{2}\,\frac{A}{l}\,q\,E\,\cos\frac{\pi x}{2l}\,\sin\frac{2\pi}{T}\,t$$

den Kraftverlauf längs des Drahtes. An dem oberen Ende ($x = 0$) des Drahtes tritt demnach mit der Kraft $\frac{q\,E\,A\,\pi}{2\,l}$ die größte Beanspruchung des Drahtes auf. Die Kenntnis des Kraftverlaufes an dem oberen Ende des Drahtes ist also von ganz besonderer Wichtigkeit. Um ihn zu messen, war die Quarzkammer so angeordnet, daß die am oberen Ende des Drahtes auftretende Kraft sich unmittelbar auf den Quarz überträgt. Die statische Druckeichung bei Vorladung mit — 2 V ist in Abb. 11 aufgezeichnet. Aus dem Oszillogramm bestimmt sich die größte Kraft zu 18 kg. Man erkennt in Abb. 10 die zunächst sich ausbildende Stoßschwingung mit der Schwingungsdauer $T_2 = \frac{4\,l}{c}$, entsprechend den oben angegebenen Randbedingungen. Schon nach wenigen hundertstel Sekunden setzt die Massenschwingung des anhängenden Spanngewichtes mit der Masse $m = \frac{P}{981}$ ein. Diese Massenschwingung erfüllt die Differentialgleichung

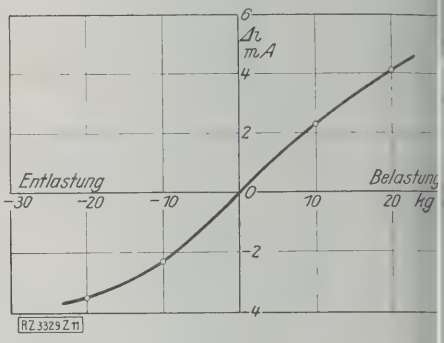
$$m\,\frac{\mathrm{d}^2 u}{\mathrm{d}\,t^2} = -\,\frac{q\,E}{l}\,u.$$

Der Massenschwingung mit der Schwingungsdauer $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m\,l}{q\,E}}$ ist die Stoßschwingung überlagert. Beide Schwingungen sind energetisch gekoppelt. Die Massenschwingung nimmt ihre Energie aus der Stoßschwingung, was eine Amplitudenabnahme der Stoßschwingung zur Folge hat. Bei dem hier wiedergegebenen Oszillogramm ist noch die plötzliche Entlastung des Drahtes bei etwa 0,08 s nach Beginn des Stoßes von Bedeutung. Sie ist offenbar durch ein Nachgeben der Drahteinspannung entstanden. Nach der Entlastung setzt die Stoßschwingung von neuem ein, um wiederum auf Kosten der sich neubildenden Massenschwingung abzuklingen. Für beide Schwingungen kann man aus dem Oszillogramm die Schwingungsdauer entnehmen und mit den berechneten Werten vergleichen. Nach der Rechnung ist

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\pi}{2}\sqrt{\frac{P}{Q}} = 21,$$

wobei $P = 10{,}8$ kg das Spanngewicht und $Q = 59$ g das Gesamtgewicht des beanspruchten Drahtes bedeuten. Das Verhältnis der Schwingungsdauern bestimmt sich aus dem Oszillogramm mit guter Übereinstimmung ebenfalls zu 21. Damit dürfte zugleich ein Beweis für das genaue Arbeiten des neuen Meßgerätes gegeben sein.

**Abb. 11**
Eichkurve zur Aufnahme der Stoßschwingungen.




## Zusammenfassung

Bei dem neuen Verfahren zur trägheitsfreien M sung rasch veränderlicher Druckschwankungen wer die piezoelektrischen Ladungen eines Quarzes auf elektrostatisches Röhrenvoltmeter übertragen. Die dingungen für das elektrostatische Arbeiten des Röhr voltmeters sind einwandfreie Gitterisolation und ger ger Gitterstrom. Die mit dem Gerät erreichbare grö Empfindlichkeit beträgt 2 mA/kg. Durch Zuschal eines Drehkondensators kann der Kraftmeßbereich quem auf 100 kg erweitert werden. Die Versuchserg nisse bei der Messung des Schnittdruckes an einer L spindelbank, der Messung der Anlaufbeschleunigu eines Motors und der Messung von Stoßbeanspruchun eines Stahldrahtes lassen die einwandfreie Wirkun weise und einfache Handhabung des Gerätes erkenn Die hier angeführten Versuche stellen nur einen ringen Teil der Anwendungsmöglichkeiten dar. Das n Meßgerät ist vielmehr geeignet, dynamische Vorgä der verschiedensten Art bei festen Körpern, Flüssigkei und auch bei Gasen, bei jeweils geeignet gewählter ordnung des Quarzes zu messen und aufzuzeichnen. [B 3329

Quellennachweis

1. *Altbürger,* Experimentelle Untersuchung des Abschalt ganges unter Öl bei 6000 Volt. Arch. f. Elektrote nik Bd. 21 (1928) S. 61.
*Steuding,* Messung mechanischer Schwingungen, Bei 1928, VDI-Verlag.
2. *Peters,* New Development in Electric Telemeters. P Am. Soc. Testing Mat. Bd. 23 II (1923) S. 592.
*Siemann,* Ferndehnungsmessungen an Schiffskörpern. Bd. 70 (1926) S. 539.
*Bernhard,* Beitrag zur Brückenmeßtechnik. „Der Stahlb Bd. 13 (1928).
3. *Sachsenberg, Osenberg* und *Gruner,* Gerät zur Messung Arbeitswiderständen und Beanspruchungen. Z. Bd. (1928) S. 469.
*Thoma,* Aufzeichnung schneller Schwingungen. Z. Bd. (1929) Nr. 19 S. 639.
4. *Hocart,* Enregistrement oszillographique des variati instantanées de la pression dans les canalisations d'e Méthode du quartz piézoélectrique. Journ. Physique le Radium Bd. 9 (1928) S. 95.
5. *Hausser, Jaeger* und *Vahle,* Röhrengalvanometer. W Ber. aus d. Siemens-Konzern Bd. 2 (1922) S. 325.
6. *Den Hartog,* Vibration of frames of electrical Machi Trans. Am. Soc. Mech. Engs. New York Bd. 50 (19 S. 9111.

# Eigenschaften und Verwertung von Holzstaub und Holzmehl

*Von Dr.-Ing. R. MELDAU, Patentanwalt, Charlottenburg*

*Auszug aus einem Vortrag in der Fachsitzung „Staubtechnik" gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Königsberg 1929*

**Abb. 1 bis 4**
Vier verschiedene Arten von Holzmehl.

Die dünnen Blättchen brechen beim Mahlen unter Bevorzugung einer Achse, bis sie schließlich stäbchenförmig werden. Vergr. 7 fach.

Das Holz als natürlicher Werkstoff ist fast nur der spanabhebenden Bearbeitung zugänglich. Die Rücksicht auf Faser, Rinde und Äste verursacht dabei ein Höchstmaß von Abfall, der mit zunehmender Annäherung an die Fertigware immer mehr Staubform hat. Aus neuen Zahlenangaben[1]) läßt sich dieser staubförmige Abfall für Deutschland jährlich auf wenigstens eine Million Festmeter berechnen. Davon stammen mindestens 300 000 Festmeter von eingeführtem Edelholz (für Möbel, Furniere usw.). Bei der üblichen Rückgewinnung wird der Holzstaub meist durch Glas, Schmirgel und Gesteinsplitterteilchen verunreinigt. Je härter das behandelte Holz, desto feiner der Staub, der in Faß- und Bleistiftfabriken besonders lästig wirkt. Er wird von den Arbeitstellen durch einfache Entstaubungsanlagen abgesogen oder in Kellerlöcher gefegt. Neuerdings macht sich jedoch das Bedürfnis bemerkbar, die abgesogene Luft nach Reinigung in Feinfiltern zur Rückgewinnung ihres Wärmegehalts in die Arbeitsräume zurückzuführen.

### Gewinnung von Holzmehl

Holzmehl wird aus Sägespänen gewonnen, und zwar in Deutschland nur aus Fichten-, Tannen- und Buchenholz. Die Vermahlung setzt eine sorgfältige Vorbehandlung in bezug auf Auswahl, Lagerung und Sieberung voraus. Damit man eine gleichmäßige Güte erzielt, müssen die Bestandteile sehr rein und gleichmäßig gemischt sein. Der Vermahlung dienen Steinmühlen, die infolge quetschender Zerkleinerung ein leichtes und faseriges Holzmehl erzeugen, während das auf andern Mühlen hergestellte schwer, grießig oder splittrig wird. Für grobes Holzmehl, wie es z. B. als Streu- und Reinigungsmittel benutzt wird, genügt die Bearbeitung in Kreuzschlagmühlen. Das Mahlgut wird abgesogen und läßt sich durch Windsichtung gut trennen. Die Sorten verpackt man fest in Säcke und stapelt sie in großen Lagerräumen, um gleichbleibende Qualitäten liefern zu können. Bei der Vermahlung entweicht Wasser, und zwar 10 bis 15 vH des Gewichts. Diese Verdampfung, die sich bis in den Sichter fortsetzt, kühlt die Mahlgänge.

### Eigenschaften des Holzmehls

Das Holzmehl bildet Blättchen, also Körper größter Oberfläche, Abb. 1 bis 4, ähnlich den Bronzefarben in Hochwerken und entsprechend entzündlich. Die feinsten Blättchen sind nur wenige Mikron dick. Das Schüttgewicht der feinsten Holzmehlsorten von etwa $4 \times 25$ Mikron beträgt eingerüttelt 940 g/l; es sinkt bei groben Sorten auf etwa 160 g. Der Wassergehalt von 6 bis 12 vH lufttrockenen Holzmehls kann durch Wasseraufnahme ins Teilcheninnere auf 100 vH steigen. Entsprechend beträgt das spez. Gewicht der wassergesättigten Teilchen rd. 1,3 und ist damit gleich dem von Leim und Kunstharz. Äußerlich kann im Haufwerk des Holzmehls, das dabei bröcklig bleibt, etwa die fünf- bis sechsfache Gewichtmenge Wasser gebunden werden.

Die Entzündlichkeit hat eine mittlere Größe; sie hängt vom Einzelfall ab[2]). Besonders sei darauf aufmerksam gemacht, daß Holzstaub durch wiederholte Erwärmung und Abkühlung auf etwa 80 ° allmählich verkokt und dabei hochporös und pyrophor wird[3]). Die Nachprüfung der Ursachen von Holzstaubexplosionen im In- und Ausland beweist, daß die meisten deshalb entstanden sind, weil Vorsichtsmaßnahmen, die in andern Industriezweigen selbstverständlich sind, nicht beachtet wurden. Nach ihrer Anwendung bleiben jedoch als Gefahrenquellen bestehen die große Flugfähigkeit und Oberflächenentwicklung, die leichte Entzündlichkeit durch Verkokung und die Zündquellen an den Verarbeitungsmaschinen. Neuere Erfahrungen zeigen, daß eine Luftbefeuchtung mittels zerstäubten Wassers oder mittels Dampf, ähnlich wie in der Textilindustrie, die Brandgefahr erheblich mindert.

Gesundheitlich sind nur gewisse seltene Holzstaube beachtlich, die Hautreizungen ergeben. Staub von Cocoboloholz wird zur künstlichen Hautreizung verwandt.

### Verwertung des Holzmehls

Die äußere Form und der innere Aufbau des Holzmehls macht es leicht und vielseitig mischbar. Wertvoll ist ferner das große Aufnahmevermögen für Feuchtigkeit und bei Benutzung als Leimzusatz (*Zinssers* Furnierhilfe) und für plastische Massen seine Wirkung als für Wasser, Phenole und Farben durchlässige, für Leim und Kunstharze dagegen undurchlässige Membran. Benutzt man also bei Kunstharzen, wie Bakelite, 40 bis 60 vH Holzmehl als Gerüst für die Preßteile, Abb. 5, so handelt es sich nicht um ein Füll- oder Streckmittel, sondern um einen die Eigenschaften wesentlich verbessernden Zu-

[1]) *Monroy*, „Das Holz", Berlin 1929, S. 11, 246 und 254.

[2]) Vgl. U. S. A. Bureau of Mines, Bull. Nr. 50 u. 102, sowie *Brown* und *Price*, „Dustexplosions", Boston.

[3]) Vgl. *Meldau*, Der Industriestaub, Berlin 1926, Abschnitte 10 und 61.

**Abb. 5**
Bakelite-Dünnschliff, ungefärbt im gelben Licht.
Vergr. 40 fach.

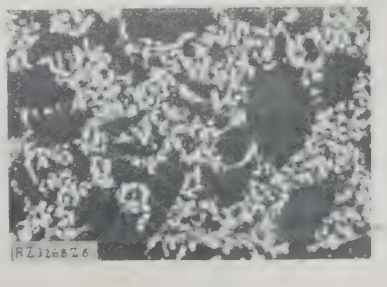


**Abb. 6**
Korkmehlstaub aus der Fabrikation mit äußerst feinen und groben Teilen (10 $\mu$ bis fast 1 mm).
Vergr. 23 fach.

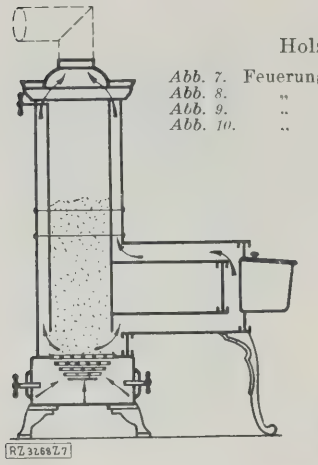



Abb. 7

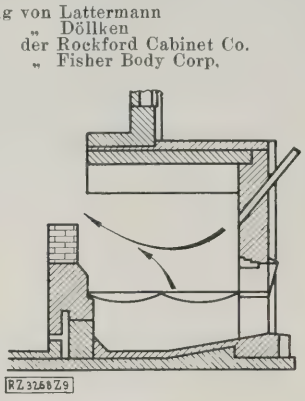



Abb. 9

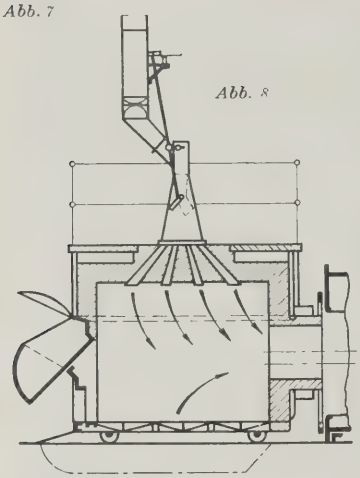



Abb. 8

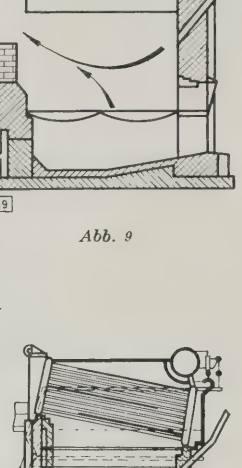



Abb. 10

**Abb. 7 bis 10**
Holzstaubfeuerungen.

*Abb. 7.* Feuerung von Lattermann
*Abb. 8.* „ „ Döllken
*Abb. 9.* „ der Rockford Cabinet Co.
*Abb. 10.* „ „ Fisher Body Corp.

satz, der eine Biegefestigkeit bis zu 1000 kg/cm² ergibt und nur bei einer Wärmebeanspruchung über 160 °C durch Asbestmehl ersetzt werden muß. Infolgedessen werden neuerdings auch Schrauben u. ä. (Isolierstahl) aus Bakelite hergestellt.

Ähnlich wirkt das Holz- und Korkmehl, Abb. 6, bei der Verwendung für Linoleum, für Steinholz und andere Kunststoffe. Nach dem Masonitverfahren werden in Laurel, Miss., Ver. St. v. A., synthetische Bretter aus Abfallholz für Türrahmen, Funkgerätkasten, Holzziegel usw mit einem $k_z$ quer zur Faser von 320 kg/cm² hergestellt[4]). Die Masse soll jedoch die Neigung haben zu blättern. Bei der Benutzung zur Herstellung fester Brennstoffe[5]) oder des Sprengstoffes Oxyliquit aus Kohle und flüssigem Sauerstoff dient das Holzmehl als Kohlenstoffträger. Bei der Erschmelzung von Siliziumkarbid-Schleifscheiben wird dem Einsatz aus sehr reinem Glassand und Koks etwa 7 vH Sägemehl zugesetzt, um den Stein porös zu machen. Die Verwendung von Sägemehl als Streumittel für Bäckereizwecke ist bekannt, desgleichen unter Zusatz von Quarzsand, Öl und wohlriechenden Zusätzen als Reinigungsmittel für Fußböden (Ottolin). Holzstaub und Holzmehl dienen ferner zur Füllung von Puppen, Bälgen und Anodenbatterien, zum Trocknen in Glasschleifereien und Knopffabriken und das Mehl aus weicher, harzfreier Buche, besonders Weißbuche, zum Polieren von Metallteilen in Trommeln. Hartholzmehl (Schmok) wird zum Räuchern von Wurst und Schinken in Schlächtereien verwandt. Während früher große Mengen von Abfallholz auch in Staubform unmittelbar zu Holzessig, Oxalsäure (Kleesalz) und auch Zucker chemisch verarbeitet wurden, geht die Neigung dahin, auch in diesen Fällen den Holzstaub als Kohlenstoffträger zu betrachten und dementsprechend einer voraufgehenden Verkokung zu unterwerfen.

[4]) „Papierzeitung" Bd. 53 (1928) S. 3276.
[5]) z. B. nach DRP. 283995.

## Holzstaub als Brenn- und Betriebsstoff

Die größte, aber auch am wenigsten wirtschaftliche Verwendung des Holzstaubes ist die Verfeuerung, der Grundbedingungen im Schrifttum eingehend erörtert worden sind[6]). Erste Voraussetzung sind lufttrockene Staube. Von den im allgemeinen für Holzabfälle a gegebenen Feuerungen[7]) sei nur auf die hingewiese die vorwiegend für die Holzstaubverwertung angewan werden können, nämlich den regelbaren Sägemehl-Fü ofen der Firma H. L. Lattermann & Söhne in Morge röthe, Post Rautenkranz i. S., auf die Feuerung der F Döllken & Co. G. m. b. H. Werden/Ruhr und einig andre Bauarten, Abb. 7 bis 10[8]). Diese entsprechen i wesentlichen den bekannten Kohlenstaub-Zusatzfeueru gen und sind deren Arbeitsbedingungen unterworfe Zweckmäßig ist die allmähliche Zuführung von Holzme im freien Fall entgegen der Zusatzluft mittels eines Ze lenrades, das gleichzeitig gegen den Holzstaubbunker a schließt. Gegen Sauggasanlagen für Holzabfall wird ge tend gemacht, daß ihre Anpassungsfähigkeit an Betrie schwankungen, besonders an kleine Belastungen, g ring ist. Mit dem Rupamotor der Maschinenfabr Kosmos G. m. b. H. (*R. Pawlikowski*) in Görlitz i eine Anpassung an die verschiedensten Betriebsverhäl nisse in wirtschaftlicher Weise möglich, Abb. 11 bis 1 ebenso bei der Verfeuerung von Reishülsenmehl usw. a Plantagen. Die Verschwelung und Verkokung von Hol staub, Abb. 14, liefert außer den Schwelerzeugnissen eine Ausgangstoff für chemische Weiterverarbeitung[9]).

[6]) *De Grahl*, Die wirtschaftliche Verwertung der Brennstoff München und Berlin 1923.
[7]) z. B. Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 10 (1929) Nr. 7 S. 239 u. 2
[8]) Die Anlage nach Abb. 10 hat 720 m² Heizfläche zur Befeueru mit Holz- oder Kohlenstaub nach Wahl.
[9]) *Kershaw*, The recovery and use of Industrial and other wast London 1928. S. 188 bis 201 gibt zahlreiche Beispiele ausländisch Anlagen. Vergl. auch das Lignizitverfahren von *Strache*, Wien.

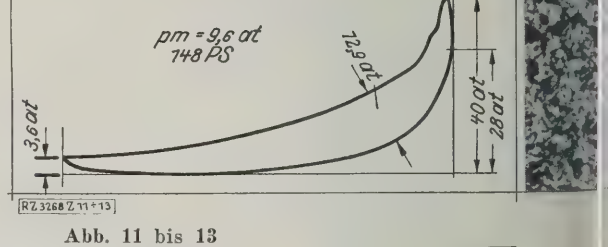



**Abb. 11 bis 13**
Indikatordiagramme des 80 PS-MAN-Rupamotors; Betriebstoff Holzmehl.

*Abb. 11* (oben) Fichte und Tanne.
*Abb. 12* (unten) Fichte, Tanne und Kiefer.
*Abb. 13* (rechts Mikrophotographie des bei der Indizierung verwandten Holzmehles.

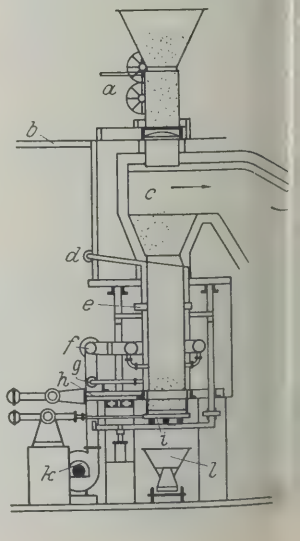



**Abb. 14**
Holzstaub-Gaser. Bauart Woodhall-Duckham.

*a* Speisebunker
*b* Bühne
*c* Gasaustritt
*d* Kühlwasseraustritt
*e* Schürlöcher
*f* Winddüsenleitung
*g* Kühlwasserleitung
*h* hydraulischer Koksbrecher
*i* Abzugtür
*k* Gebläse
*l* Kippwagen für Koks

Die Verwendungsmöglichkeiten von Holzstaub lassen sich heben, wenn auf eine bessere Trennung und Sichtung des anfallenden Staubes geachtet wird, was naturgemäß nur in größeren Betrieben möglich ist, oder wenn kleinere oder benachbarte Betriebe in Verbrauch oder Förderung zusammenarbeiten, ferner, wenn nur in unvermeidlichen Fällen und dann sachgemäß verfeuert wird. Die Notwendigkeit einer zweckmäßigen Verwendung von Holzmehl ist heute so groß, daß z. B. die Lebens- und Wettbewerbsfähigkeit der Sperrholzindustrie davon abhängt. „Deutschem Erfindergeist bietet sich hier ein dankbares Arbeitsfeld, dessen Bestellung nicht nur der Sperrholzindustrie, sondern auch der gesamten übrigen Holzwirtschaft von großem Nutzen sein wird“[10]). [B 3268]

[10]) s. a. a. O. „Das Holz“, S. 255.

## Gas und Wasser 1929

In Berlin fand vom 10. bis 12. Juni 1929 aus Anlaß der deutschen Ausstellung „Gas und Wasser“ die 70. Jahresversammlung des Deutschen Vereines von Gas- und Wasserfachmännern E. V. statt. Aus allen Teilen Deutschlands, 16 Staaten Europas, aus Japan und Amerika nahmen rd. 2150 Vertreter des Gas- und Wasserfachs teil. In diesem Jahre wurde die höchste Auszeichnung des Vereins, die Bunsen-Kettenkofer-Ehrentafel, dem Präsidenten der Preußischen Landesanstalt für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Geheimen Medizinalrat Prof. Dr. *Beninde*, Berlin-Lichterfelde, wegen seiner hervorragenden wissenschaftlichen Arbeiten verliehen. Der Vorsitzende Dir. Dr. *Schütte*, Bremen, teilte mit, daß die Technische Hochschule, Braunschweig, den Geschäftsführer des Vereines, Dir. *Lempelius*, in Anerkennung seiner Verdienste um das Gasfach zum Dr.-Ing. E. h. ernannt hat. Zwei Tage der wissenschaftlichen Verhandlungen waren dem Gas und einer dem Wasser gewidmet.

Oberbaudirektor *B. Ludwig*, Berlin, sprach am 10. Juni über das Thema:

**„Was bringt uns die Ausstellung im Gasfach?“**

In den letzten 15 Jahren hat sich ein Übergang von der Hauptgasabgabe für Beleuchtung zur Hauptgasabgabe für Koch- und Heizzwecke, d. h. zur Wärmeerzeugung, vollzogen. Wirksame Mittel, um auf diesem Gebiete den Absatz zu fördern, sind Hebung des Gasverbrauchs durch Erleichterung im Bezug der Gasgeräte und äußerst geringe Bemessung der Gaspreise. Wo der steigende Absatz, gefördert durch immer verfeinerte Verfahren zur Überwachung der Gasgüte, der Erzeugungstechnik und der Rohrleitungspflege, es notwendig macht, werden die Gaswerke in den kommenden Jahren zur Gasabgabe unter erhöhtem Druck bei gleichzeitiger Regelung des Druckes an der Verbraucherstelle übergehen. Auf der Ausstellung wurden bereits zahlreiche Reglerkonstruktionen gezeigt.

In den letzten Jahren sind die häuslichen und gewerblichen Gasgeräte vervollkommnet worden. Die Gasherde haben Brenner, die selbst bei ungeschickter Handhabung nicht mehr zurückschlagen. Die Großküchenherde werden jetzt mit geschlossener Platte gebaut. Die Badeöfen und Warmwasserbereiter werden für größte Betriebsicherheit, leichte Reinigung und Erreichung höchster Wassertemperaturen hergestellt. Hygienische Verbrennung und geringe Oberflächentemperatur sind die Vorzüge der Heizöfen. Eine neue Sicherheitseinrichtung macht ein Gasausströmen bei Ausbleiben des Gasdruckes, Verlöschen der Flammen oder der Zündflammen unmöglich. In gewerblichen und industriellen Betrieben wird in zunehmendem Maße Gas verwendet; die Gasstraßenbeleuchtung ist weiter vervollkommnet worden.

Dann berichtete Dr.-Ing. *E. Czakó*, Frankfurt a. M., über

**Braunkohlen-Verschwelung in Oberhessen in Verbindung mit Erzeugung von Gas und Elektrizität.**

Das Braunkohlen-Schwelkraftwerk der Gewerkschaft Friedrich in Hungen mit vier, und das Schwelkraftwerk der Firma Braunkohlen-Schwelkraftwerk Hessen-Frankfurt a. M., A.-G., Wölfersheim, mit sieben Geißen-Schwelöfen[1]) sind die ersten Schwelkraftwerke, in denen die Braunkohle am Orte der Gewinnung vollständig verschwelt wird und die keinen Schwelkoks, sondern nur Teer und elektrische Energie abgeben. In diesen beiden Anlagen sind zum ersten Male Schwelwerk, Gaswerk und Elektrizitätswerk wärmewirtschaftlich gekuppelt.

Auf 20 bis 25 mm Korngröße gebrochene und von groben Holzbestandteilen befreite Braunkohle wird in Dampftrocknern, die mit Abdampf der Gegendruckturbinen des Kraftwerkes beheizt werden, von 55 bis 60 vH auf rd. 15 vH Wassergehalt getrocknet, entstaubt und bei 500° verschwelt. Aus dem von Schwelteer befreiten Schwelgas werden die noch verbliebenen Leichtöldämpfe in der Benzinfabrik ausgewaschen. Hauptsächlich werden mit dem teerund benzinfreien Schwelgas die Schwelöfen beheizt. Überflüssiges Gas wird den Feuerungen der Kessel des Kraftwerkes zugesetzt. Man kann aber auch das Schwelgas zur Gasversorgung benutzen und die Schwelöfen mit Gas aus Braunkohlen-Gaserzeugern beheizen. Der Erlös aus dem Braunkohlenteer sichert die Wirtschaftlichkeit.

Der Braunkohlen-Schwelkoks wird zu Staub gemahlen und, mit dem bei der Entstaubung der Braunkohle gewonnenen Trockenkohlenstaub gemischt, in den Brennkammern der Hochdruckkessel zur Dampferzeugung ausgenutzt. Den im Kesselhaus erzeugten Frischdampf leitet man durch Gegendruck- und Kondensationsturbinen, die mit Stromerzeugern gekuppelt sind. Mit dem Abdampf der Turbinen werden, wie erwähnt, die Braunkohlen getrocknet. Das heiße Kondensat des Trockendampfes wird zusammen mit dem der Turbinen als Kesselspeisewasser benutzt. Betriebsergebnisse der beiden Anlagen, die erst seit einigen Monaten in Betrieb sind, liegen noch nicht vor.

In den Anlagen der Gewerkschaft Friedrich in Hungen hat man ferner einen Krackgaserzeuger aufgestellt, in dem der Braunkohlenteer zum Karburieren von Wassergas verwendet wird. Fein zerstäubter Teer, mit Wasserdampf vermischt, wird in den Gaserzeuger geblasen; durch Regeln der Teerdüsen kann jeder gewünschte Heizwert bis 5000 kcal/m³ erreicht werden. Das karburierte Wassergas hat die gleichen brenntechnischen Eigenschaften wie gutes Steinkohlengas.

[1]) Z. Bd. 70 (1926) S. 219.

Dir. *Worbs*, Bergedorf, gab in seinem Vortrage

**Bau und Betrieb von Hochdruck- und Niederdruckgasrohrnetzen**

einen Überblick über die Rohrverbindungen, die Rohrverlegung und die Dichtigkeitsprüfung von Hochdruckleitungen. Die Stahlrohre, die man an Stelle der Gußrohre wohl ausschließlich für Hochdruckleitungen benutzt, müssen gegen Anfressungen geschützt werden. Vagabundierenden Strömen kann man durch Verlegen von Schutzrohren, Verlegen eines blanken, elektrisch geladenen Leiters parallel der gefährdeten Rohrleitung und durch elektrische Aufladung der Rohrleitung selbst entgegentreten. Bei Gasfernleitungen ist eine ständige Aufsicht über die Druckverhältnisse an wichtigen Stellen des Rohrnetzes notwendig. Fernsprechverbindungen längs der Leitung und Ferndruckschreiber sind hierfür notwendig[2]).

Am 11. Juni fanden in der Abteilung Gas zum ersten Male bei den Jahresversammlungen des Vereines nebeneinander Fachsitzungen statt.

In der Fachsitzung

**Gas — Wissenschaft und Forschung, und Gas — Technik,**

die von Oberbaudir. *B. Ludwig*, Berlin, und Prof. Dr. *K. Bunte*, Karlsruhe, geleitet wurde, sprach Dr. *W. Bertelsmann*, Berlin, über die Untersuchung der Kohle im Klein- und Großbetrieb, wobei er die verschiedenen Prüfverfahren und -geräte zur ständigen Kohlenüberwachung in den Gaswerken zur Bestimmung der Reinheit, der Feuchtigkeit, des Aschengehaltes, des Verhaltens bei trockener Destillation, d. h. der Ausbeute an Gas und Koks und der Beschaffenheit dieser beiden Haupterzeugnisse behandelte. Dann gab Dr.-Ing. *H. Kemmer*, Berlin, einen Bericht über die Frage des Kohlenoxyds im Gas. Die Entgiftung des Leuchtgases ist technisch möglich. Die brenntechnischen Eigenschaften des heutigen Gases, Heizwert, Dichte und Zündgeschwindigkeit können auch nach der Kohlenoxydentfernung mittels gewisser Streckgase annähernd erreicht werden, so daß die Gasgeräte nicht geändert werden müssen. Von den technisch brauchbaren Verfahren ist das mit den geringsten Unkosten für Verbraucher und Erzeuger aussichtsreich. Die Kohlenoxydverflüssigung scheint das wirtschaftlichste Verfahren zu sein[3]).

Oberbaudirektor *B. Ludwig*, Berlin, besprach in seinem Bericht über Ventilgasmesser die verschiedenen Bauarten. Hierüber wird später ausführlich berichtet werden. Prof. Dr. *Bunte*, Karlsruhe, führte in seinem Vortrage: Garantien für Gaserzeugungsöfen und Normen für Abnahmeversuche, aus, daß die Garantieforderung streng bezüglich der Leistung nach Menge und Güte der Entgasungserzeugnisse sein müsse. Ihre Erfül-

[2]) Vergl. *Traenckner*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 16 S. 517.

[3]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 34 S. 1206.

lung muß die im regelmäßigen Betrieb erreichbare Dauerleistung des gelieferten Ofens darstellen. Dipl.-Ing. *Schneider,* Karlsruhe, hob in seinem Vortrag über Meßgenauigkeit der Gasuntersuchungsverfahren die Bedeutung der Gasuntersuchung zur Erreichung einer dauernden Gleichmäßigkeit des Gases zwecks ungestörter Verwendung im Gewerbe und der Industrie hervor.

Die Vorträge der Fachsitzung

**Gas — Wirtschaft und Betriebsführung, und Gas — Verteilung,**

die von Dr. *H. Müller,* Hamburg, und Dir. *E. Schumacher,* Frankfurt a. M., geleitet wurde, behandelten den Stand der Gastariffrage, Richtlinien zur Verhütung von Gasentweichung im Rohrnetz, die in Handel gebrachten Gasanzeiger und Gassucher, die Frage der Gasabgabebedingungen und die richtigen Werkzeuge im Außendienst.

Die wissenschaftlichen Verhandlungen am 12. Juni behandelten Fragen der Wasserversorgung und der Abwässerung. Direktor *Vollmer,* Dresden, sprach über die

**Talsperren-Wasserversorgung von Mittelsachsen.**

Nach einleitenden Betrachtungen über das ungemein starke Anwachsen des städtischen Wasserverbrauchs in Deutschland und die sich hieraus ergebenden Zukunftsaufgaben für die Wasserversorgung von Mittelsachsen, besprach er die teils schon erbauten, teils noch im Bau befindlichen sächsischen Talsperren. Gegenwärtig wird im Gebiet der wilden Weißeritz eine Sperrmauer erbaut, die zusammen mit der bereits vorhandenen Klingenberger Talsperre im Jahre 43 Mill. m³ abgeben kann. Am Fuß der neuen Sperre soll eine Filteranlage das Wasser für die in der höchstgelegenen Zone Angesiedelten aufbereiten, während die Talsperre von Klingenberg mit ihrer bereits vorhandenen Filteranlage die mittleren Höhenlagen versorgt. Zwischen den beiden Sperren und den Trinkwasser-Hochbehältern des unteren Gebietes besteht ein Höhenunterschied von 300 m, der die Gewinnung von 3300 PS mit einer Jahreserzeugung von 20 Mill. kWh gestattet.

Nach dem Ausbau aller geplanten Talsperren werden jährlich 120 Mill. m³ zur Verfügung stehen, so daß z. B. in der Großstadt Dresden einem Kopfverbrauch von 500 l je Tag Genüge geleistet werden kann.

Sodann berichtete Direktor *König,* Magdeburg, über

**Neuerungen auf dem Gebiete der chemischen Trinkwasserreinigung und über die jetzige Anwendung von aktiver Kohle und Erde.**

Die Stadt Magdeburg verwendet z. Z. noch ausschließlich Elbwasser als Trinkwasser. Man hat daher hier die Verfahren für chemische und bakteriologische Reinigung des Wassers sehr weitgehend ausgeprobt. Ein neues Verfahren beruht auf der Verwendung von sogen. aktiver Erde (Bleicherde), die vorwiegend aus Niederbayern stammt. Mit diesem Verfahren konnte man alle gewünschten Wirkungen erzielen, während die aktive Kohle, die sich andern Verfahren überlegen zeigte, noch nicht zur völligen Reinigung genügte und außerdem das Wasser mit Eisen anreicherte. Das billigere Verfahren mit aktiver Erde läßt sich ohne große Betriebstörungen einführen.

In der Aussprache wurde bemerkt, daß man in andern Wasserwerken verschiedentlich abweichende Erfahrungen gesammelt hat. Es erscheint daher wünschenswert, noch weitere Untersuchungen an andern Orten durchzuführen, bevor man die Magdeburger Ergebnisse verallgemeinert.

Für den durch Krankheit verhinderten Dr.-Ing. *Prüß* erörterte Reg.-Baumeister *Wiegmann,* Essen,

**die Frage des Phenolabwassers.**

In die Emscher fließt aus 75 Kokereien ein ständiger Strom von Phenolabwasser, der 300 bis 400 l/s beträgt. Die Emschergenossenschaft machte zunächst Versuche, die die Zerstörung der Phenole im Abwasser zum Ziel hatten. Dabei kam man zu dem Ergebnis, daß diese Art der Beseitigung des Phenols aus wirtschaftlichen Gründen nicht anwendbar ist. Die folgenden Untersuchungen gingen nun in der Richtung, die Entstehung von phenolhaltigem Abwasser zu verhindern oder wenigstens nach Möglichkeit einzuschränken. Besonders aussichtsreich scheint das Verfahren zu sein, die Phenole mittels Benzols aus dem Gasrohwasser auszuwaschen. Die Trennung der Phenole vom Benzol ist dann entweder durch Abdestillieren des Benzols oder durch Auswaschen mit Natronlauge möglich. Die Kosten dieses Verfahrens lassen sich unter einigermaßen günstigen Verhältnissen durch den Verkauf der gewonnenen Phenole voll decken. Ob und wie weit dies und andre Verfahren für Braunkohlenschwelgas benutzt werden können, muß sich erst zeigen. Gerade für die Braunkohlenschwelereien bedeutet aber die Durchbildung eines geeigneten Verfahrens eine Lebensfrage.

Andre schädigende Abgänge aus den Nebenproduktenanlagen der Kokereien, die im Schlamm mitgeführt werden und für die Geschmackveränderung der Fische im Rhein verantwortlich zu machen sind, werden durch eine grobmechanische Kläranlage beseitigt, die in den letzten beiden Jahren fertiggestellt worden ist. Diese Anlage reinigt das gesamte Emscherwasser vor dem Eintritt in den Rhein und sondert im Jahre rd. 250 000 m³ stichfesten Schlamm aus. Dieser Schlamm soll getrocknet und wegen seiner guten Brennfähigkeit in staubförmigem Zustand zur Feuerung von Dampfkesseln dienen. Mit der großen, jährlich erzeugten Schlammenge wird es möglich sein, in einem Elektrizitätswerk, das in der Nähe der Kläranlage neu errichtet ist, jährlich rd. 100 Mill. kWh Energie zu erzeugen.

Wegen Zeitmangels mußte der Vortrag von Dr. *Wigand,* Berlin, über „Inkrustierung von Brunnen und deren Beseitigung auf chemischem Wege" ausfallen. Er wird demnächst in der Zeitschrift „Das Gas- und Wasserfach" veröffentlicht werden. [N 3406]

Berlin *Gossow, Seidel*

## Kinetik pseudoharmonischer Reibungsschwingungen[1])

Die Arbeit hat zum Ziel: die analytische Behandlung der Kinetik pseudoharmonischer Reibungsschwingungen mit besonderer Berücksichtigung des für die experimentelle Untersuchung wichtigen Zusammenhanges zwischen den beobachteten und gemessenen Größen und den zu ermittelnden Parametern (Konstituenten des Kraftfeldes). In Ermangelung einer strengen Lösung wird die Untersuchung auf schließlich auf die Nähe des Haftbereiches beschränkt.

Für die größten Ausschläge der freien ungedämpften pseudoharmonischen Reibungsschwingungen mit unsymmetrischem und symmetrischem Kraftfeld werden Rekursionsformeln abgeleitet, die in ihrem allgemeinen Aufbau leicht übersehbar sind, aber bei der praktischen Anwendung erhebliche Rechenarbeit verursachen. Von den erzwungenen ungedämpften pseudoharmonischen Reibungsschwingungen sind der sogenannte Resonanzfall und Nachbarfälle der Resonanz bei hinreichend schwacher Erregung der analytischen Behandlung zugänglich. Im Falle des symmetrischen Kraftfeldes jedoch lassen sich die Gleichungen auch bei beliebig starker Erregung analytisch lösen. Es ergibt sich, daß das Verhalten der größten Ausschläge von dem Größenverhältnis der *Coulomb*schen Reibung und der Erregung abhängt. Je nachdem die erste über die zweite vorherrscht oder nicht bzw. sich mit ihr ausgleicht, nehmen die größten Ausschläge ab oder zu, bzw. bleiben unverändert. Bei den Gleichungen mit symmetrischem Kraftfeld wird außerdem noch der Sonderfall hinreichend kleiner Erregung mit hinreichend großer Frequenz untersucht. Hierbei ergibt sich, daß die größten Ausschläge in der Nähe des Haftbereiches nach einer quasi-arithmetischen Progression abnehmen, die sich der rein arithmetischen um so mehr nähert, je kleiner die Erregung und Reibung und je größer die Frequenz ist. Für die freien geradlinig bzw. quadratisch gedämpften pseudoharmonischen Reibungsschwingungen werden Amplitudengesetze abgeleitet, die notwendige und hinreichende Bedingungen dafür liefern, daß die Schwingung durch ein *Coulombschen* Widerstand und eine geradlinige bzw. quadratische Dämpfung gehemmt wird. Die Untersuchung der freien geradlinig gedämpften pseudoharmonischen Reibungsschwingungen bei „starker" Dämpfung lehrt, daß auch hier wie bei den harmonischen Schwingungen ohne Reibung aperiodische Bewegungen auftreten mit dem Unterschied, daß sie erstens „absterben" und nicht nur „abklingen" wie die harmonischen Schwingungen und zweitens — aber nur im Falle des unsymmetrischen Kraftfeldes — eine Phase mehr haben können als die harmonischen Schwingungen.

Die freien ungedämpften pseudoharmonischen Reibungsschwingungen ergeben sich als nicht isochron, die erzwungenen dagegen als isochron, mit Ausnahme des obenangeführten Sonderfalles. Die freien geradlinig gedämpften pseudoharmonischen Reibungsschwingungen verlaufen isochron, die freien quadratisch gedämpften hingegen nicht isochron. Bei den letzteren vergrößern sich die Schwingungszeiten mit abnehmendem größten Ausschlag, ohne jedoch eine bestimmte leicht angebbare Grenze zu überschreiten. Der Anisochronismus erklärt sich in allen Fällen daraus, daß die Schwingungszeiten vom Ausschlag abhängen.

Magdeburg [N 3312] Dr. *Rudolf Tiemann*

[1]) Auszug aus einer Arbeit in der Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik Bd. 9 (1929) S. 110.

# lotorsägen
# i der Forstwirtschaft

i Forstassessor GLÄSER, *Assistent am Institut für forstliche* *eitswissenschaft, Eberswalde*

*Übersicht über die verschiedenen Bauarten von Motorsägen, die für die Forstwirtschaft in Betracht kommen. Blattsägen, Kettensägen. Kettensägen sind leichter und leistungsfähiger, am meisten bewährt hat sich die unmittelbare Verbindung von Motor und Sägemaschine. Arbeitseinteilung und Ersparnismöglichkeiten bei Verwendung der Motorsägen im Hauungsbetrieb.*

i kaum einem Zweig menschlicher Tätigkeit haben sich altüberlieferte Arbeitsverfahren so lange mit großer higkeit zu halten vermocht wie im Holzhauereibetrieb. m Vater auf den Sohn vererbten sich Axt und Säge, Arsweise und -verfahren. So kann es nicht wundernehn, daß sich auch die Kraftmaschine als Ersatz menschier Arbeitskraft erst in allerjüngster Zeit einen bisher mer noch bescheidenen Platz im Hauungsbetrieb zu erern vermocht hat. Zuerst war es da das Sägen, das der nsch durch die Maschine zu ersetzen strebte: Kreisen, Fuchsschwanzsägen und glühenden Draht, der vom ktrischen Strom in Glut versetzt, brennend und schneid den Stamm zu Fall bringen sollte.

Der schwedische Ingenieur *A. v. Westfelt* konstruierte on vor dem Krieg eine Säge mit Kette. Nach seiner nstruktion baute die Lübecker Firma Hanson die Kettene „Sector". Nach dem Kriege entstanden neue Konstruknen unter den Bezeichnungen Silva, Ural, Rinco, Record, pid, Dolmar und Erco. Die Motorsägen teilt man in ei Gruppen: die Blattsägen und die Kettensägen (s. ersicht).

### Die Blattsägen

Von den Blattsägen findet man am häufigsten den chsschwanz zum Ablängen der Stämme und zum llen der Bäume. Gatter- und Bandsägen, die sich für

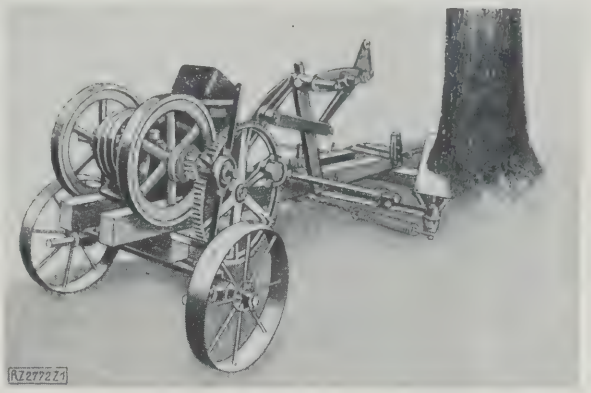
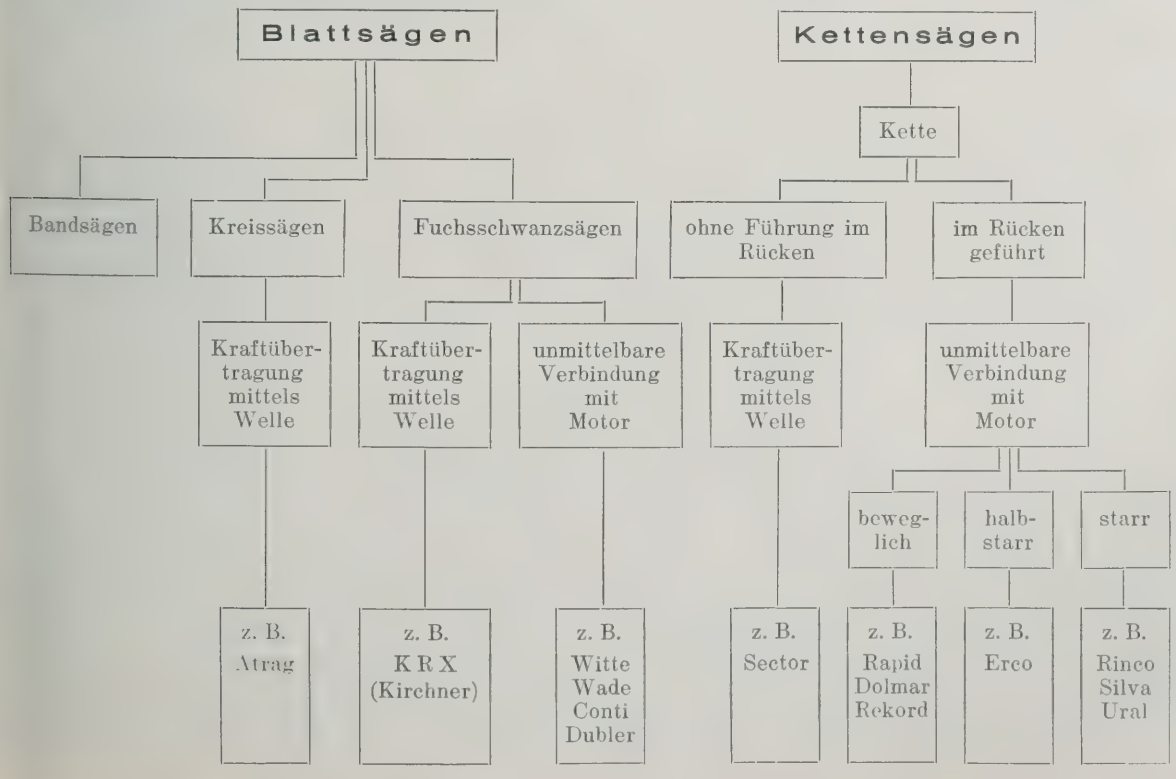


Abb. 1
Witte-Baumfällsäge.

diesen Zweck eignen, gibt es bislang noch nicht, dagegen benutzt man in Amerika hierfür bereits die Kreissäge. Sie wird dort durch eine bewegliche Welle vom Schlepper aus angetrieben. Ob sich die Maschine bewährt hat, ist unbekannt.

Die Fuchsschwanzsägen haben ein dickes Sägeblatt, das auf Stoß arbeitet. Die bekanntesten Vertreter sind: die Conti-, Wade-, Witte-, Dublersäge sowie das Modell KRX der Firma Kirchner, Leipzig. Fast alle Fuchsschwanzsägen sind mit einem Verbrennungsmotor (wassergekühlter Viertaktmotor bei Witte, luftgekühlter Zweitaktmotor bei Conti) unmittelbar gekuppelt, nur die KRX-Säge wird von einer besondern Kraftquelle aus angetrieben, etwa von einem Schlepper, über eine biegsame Welle. Zumeist sind die Maschinen außerordentlich schwer, die Witte-Säge, Abb. 1, wiegt z. B. 257 kg. Sie müssen daher wie eine Schubkarre gefahren werden. Trotzdem sind sie immer noch sehr unhandlich, und das ist wohl auch im Verein mit der (im Vergleich zu den Kettensägen) geringeren Schnittleistung der Grund gewesen, weshalb sie sich im Forstbetrieb bisher noch nicht haben durch-

Übersicht über Motorsägen, die für den Forstbetrieb in Frage kommen



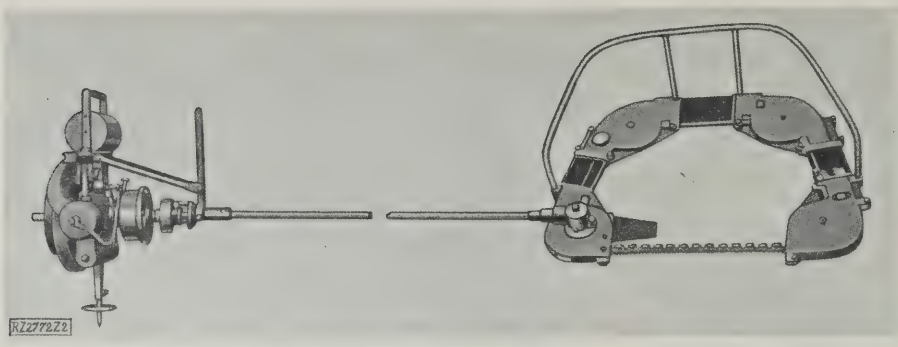


Abb. 2
Baumfäll-Säge „Sector".

setzen können. Ihr Arbeitsfeld ist der Holzlagerplatz des Sägewerks, wo sie sich zum Zerschneiden der Stämme gut bewährt haben. Das hohe Gewicht ist dort nicht störend, weil die Maschinen auf dem Sägeplatz meistens auf Gleisen bis an die Arbeitstelle gefahren werden können. Dort reicht auch ein Mann zur Bedienung vollständig aus, der die Säge auf den Schienen allein leicht befördern kann. Auf Holzlagerplätzen sind die Fuchsschwanzsägen auch meist mit Elektromotoren ausgerüstet.

### Die Kettensägen

#### Kettensäge mit trapezförmigem Rahmen und mittelbarem Antrieb

Von viel größerer Bedeutung für die Forstwirtschaft sind die Kettensägen. Die erste Kettensäge, die „Sector"-Säge, Abb. 2, die auch heute noch im Walde in Gebrauch ist, unterscheidet sich von den neueren Maschinen in mancherlei Hinsicht. Auch bei ihr ist die Säge wie bei der KRX-Säge vom Motor getrennt, jedoch wird die Kraft hier nicht über eine biegsame, sondern über eine starre, gelenkig befestigte, um 30 ° nach allen Seiten hin schwenkbare Welle übertragen. Die Kette läuft frei über vier Rollen, die sich in den Ecken eines trapezförmigen Rahmens befinden und von denen eine angetrieben wird. Die Kette läuft nur einmal durch den Sägeschnitt: die Säge gewinnt so das Aussehen einer Bügelsäge, während die übrigen Kettensägen mehr einer Schrotsäge ähneln. Die Kette ist bei der „Sector"-Säge besonders sorgfältig hergestellt. Die einzelnen Kettenglieder sind hier nicht vernietet, sondern mittels ringförmiger Nuten und Federn miteinander verbunden.

Als Kraftquelle dient wie bei allen andern Kettensägen ein luftgekühlter Einzylinder-Zweitaktmotor. Nur die „Rapid"-Motorsäge, die heute nicht mehr gebaut wird, hat einen Einzylinder-Viertaktmotor, und die neu herausgebrachte „Erco" sowie „Dolmar", Muster 9, haben einen Zweizylinder-Zweitaktmotor. Zweitaktmotoren sind für den Forstbetrieb durchaus geeignet. Mit leichtem Gewicht vereinigen sie größte Leistungsfähigkeit, bequeme und leichte Pflege und geringe Störungsmöglichkeiten, also hohe Betriebsicherheit. Das ist bei den meist ungeübten Bedienungsmannschaften und weiten Entfernungen bis zur nächsten Ausbesserwerkstätte im Forstbetrieb von sehr großer Bedeutung. Auch die bisher am besten eingeführte forstliche Kraftmaschine, die Siemens-Bodenfräse benutzt den Zweitaktmotor.

#### Kettensägen mit sägeblattähnlicher Führungschiene und unmittelbarem Antrieb

Wie schon erwähnt, läuft die Sägekette beim „Sector" frei durch den Schnitt. Sie ist also durch den Druck des Sägerahmens und der Bedienungsleute ziemlich stark beansprucht. Alle übrigen Motorsägen vermeiden diesen Nachteil dadurch, daß sie die Sägekettenrücken führen. Hier läuft die Kette um eine breite sägeblattähnliche Schiene; an deren einem Ende befindet sich die Treibrolle, an dem andern die Führungsrolle. Um diese beiden Rollen bewegt sich die Kette, und zwischen ihnen gleitet sie in einer Nute an der Schmalseite der Sägeschiene, in die die hinteren Führungsfedern der einzelnen Kettenglieder hineinfassen.

Bei allen neueren Motorsä ist also keine Kraftübertragun welle mehr vorhanden, die zw den Sägen eine größere Bew lichkeit verlieh, aber doch häu Anlaß zu Störungen gab. Di Beweglichkeit will man nun durch erreichen, daß man ganze Maschine möglichst lei konstruiert. Die Bauarten „Sil „Ural", „Rinco" und das herausgebrachte Baumuster der „Dolmar"-Säge haben diesen Weg beschritten, man konnte nun bei der leichten Bauart dieser schinen Sägeschiene und Motor zu einem einheitlic und in seinen Teilen fest verbundenen Ganzen vere gen. Das Gewicht dieser „starren" Maschinen betr etwa 25 bis 35 kg, sie können also bei der Arbeit zwei Arbeitern gehalten werden, ähnlich wie eine wöhnliche Schrotsäge. Da Motor und Säge starr mite ander verbunden sind und da beim Fällen das Sägeb und also auch der Motor um 90 ° gedreht werden müss ist ein schwimmerloser Vergaser erforderlich. Das v teilhafte leichtere Gewicht birgt aber auch den Nach in sich, für gleiche Leistung bei geringerem Hubra sehr hohe Umdrehungszahlen zu erfordern. Sie betra bei dieser kleinen Maschine etwa 3500 bis 4000 U/n ihre Lebensdauer dürfte daher nicht allzu groß s Trotzdem ist die „Rinco"-Säge, Abb. 3, bisher n die verbreitetste deutsche Motorsäge.

Mit der Motorsäge „Rapid", die heute nicht m gebaut wird, und ihrer Nachfolgerin „Dolmar", B muster A und G, Abb. 4 und 5, beschritt man einen and Weg zur Erreichung einer gewissen Beweglichkeit. ihnen sind Motor und Sägeschiene derart verbunden, die Schiene beim Schneiden um die Antriebwelle Motors, die zugleich als Triebrolle dient, bewegt wer kann, etwa wie das Messer einer Brotschneidemasch Außerdem kann aber auch durch Verdrehen des gan Triebkopfes um 90 ° der Sägeschiene eine andre Schn richtung gegeben werden, so daß man sowohl in se rechter als auch in waagerechter Richtung schnei kann, ohne daß der Motor seine Lage zu veränd braucht. Dieser ruht während der Arbeit auf dem den; die anstrengende Haltearbeit fällt somit weg. B Schneiden selbst wird nur ein Bedienungsmann gebrau nämlich der, der die Sägeschiene durch den Schnitt fü Der zweite Mann hat nur den Gashebel zu regeln kann nebenbei die Keile eintreiben, während bei Kettensägen starrer Bauart für diese Arbeit ein dri Mann gebraucht wird. Die „Dolmar"-Säge ist außer noch schubkarrenähnlich mit einem Rad versehen, so sie von einem Mann bequem von Stamm zu Stamm fahren werden kann. Ihr Gewicht beträgt etwa 58 Es kann höher sein als bei den zuerst genannten Kett sägen, da die Maschine bei der Arbeit auf Boden steht; daher kann auch das Hubvolur größer und die Drehzahl geringer sein. Die ob Grenze liegt bei 3000 U/min, ein Fliehkraft-Drehza regler sorgt dafür, daß die Grenze nicht überschrit wird. Die Lebensdauer ist wahrscheinlich höher als den schnellaufenden Maschinen.

Einen Übergang zwischen den beiden letztgenann Motorsägearten stellt die erst vor einem Jahr auf d Markt erschienene „Erco"-Säge, Abb. 6, dar. Auch ihr kann die Sägeschiene um 90 ° um ihre Längsac gedreht werden. Jedoch ist sie nicht in ihrer Eb schwenkbar, so daß hier also stets die Maschine b Sägen auf beiden Seiten gehalten werden muß. Di Säge wiegt 43 kg und ist somit schwerer als die star Motorsägen; die Haltearbeit ist bei ihr also noch strengender. Ihr Vorteil besteht wiederum in dem Zw zylinder-Zweitaktmotor mit gegenüber liegenden Zyl dern, die einen erschütterungsfreien Lauf der Masch ergeben, so daß die Haltearbeit wesentlich erleicht

rd. Der Drehzahlregler für eine Höchstdrehzahl ebenls von 3000 U/min ist hier soweit ausgebaut, daß Luftd Gashebel wegfallen konnten; die Brennstoffmenge rd also ganz selbsttätig, der jeweiligen Belastung anpaßt, geregelt. Die Säge ist auf zwei Rädern mühes verfahrbar.

### Die Arbeitseinteilung und die Wirtschaftlichkeit des maschinellen Holzfällens

Zur unmittelbaren Bedienung der Motor-Kettensägen rd im allgemeinen etwa drei Arbeiter erforderlich, die ector"-Säge braucht vier, die „Dolmar"-Säge nur zwei. e weitere Aufarbeitung des Holzes erfordert außerdem ch etwa drei bis sieben Leute, so daß die Gesamtgröße r Rotte zwischen sechs und zehn Mann schwankt. Im iefernschlag teilt man die Arbeit so ein, daß zuchst zwei Mann die Fallkerben im ganzen Bestand herllen. Danach fällt man die Stämme; hinter der Säge gen die übrigen Arbeiter, die die gefällten Stämme ent-en und die Schnitte einteilen (vorlängen). Die Säge t nun zum zweitenmal durch den Schlag zwecks Abgen und Gesundschneiden der Stämme, die übrigen Arter rücken das Holz an den Weg, wo die Zöpfe noch mit Maschine abgeschnitten und die Brennholzstöße auftzt werden. Im Fichtenschlag ist die Arbeit sentlich einfacher, da einmal die Fichte bis zur äußern Spitze als Stamm benutzt zu werden pflegt, also ein längen nicht erforderlich ist, und da weiter die Fichte, ren Hauptkrankheit die Rotfäule ist, fast ausschließlich f 1, 2 oder 3 m vom unteren Stammabschnitt her gesund schnitten wird. Hier braucht nicht wie bei der Kiefer schwammkranke Stelle mitten aus dem ganzen Stamm rausgeschnitten zu werden. Die Arbeit wird so eineilt, daß wieder zwei Mann die Fallkerbe hauen, wozu auch die Säge (vor allem eine der starren Bauart) mit Vorteil benutzt werden kann, und daß dann die Säge in einem Arbeitsgang den ganzen Schlag fällt und von unten her gleich gesundschneidet. Es bleibt jetzt nur noch für die übrigen Arbeiter das Ausästen, Vermessen und Ablängen mit der Axt, sowie das Herausrücken (Fördern an den Weg) des Holzes.

Die geschilderte Arbeitweise hat den Nachteil, daß sehr große Arbeitergruppen und damit auch hohe Laufzeiten und sonstige Verlustzeiten entstehen. Es hat sich bei der Handarbeit gezeigt, daß die vorteilhafteste Rotte die zweimännige ist. Bei der Holzhauerarbeit ist es — anders als im Fabrikbetrieb — unvorteilhaft, die Arbeit weitgehend in Teilverrichtungen zu zerlegen und diese verschiedenen Facharbeitern, die nacheinander denselben Gegenstand bearbeiten, zu übertragen. Die Fließarbeit, die die Industrie so unendlich gefördert hat, ist im Walde nicht am Platze, da hier der zu bearbeitende Gegenstand nicht an den Arbeiter mittels guter Fördereinrichtungen herangebracht werden kann, sondern sich der Arbeiter zu dem einzelnen Baumstamm begeben muß und also eine desto höhere Belastung mit Laufzeiten entsteht, je öfter verschiedene Arbeiter am gleichen Stamm beschäftigt sind.

Es ist daher wahrscheinlich vorteilhafter, wenn einer Arbeitergruppe außer der Sägebemannung keine weiteren Arbeiter zugeteilt werden. Die Arbeit wird dann genau wie bei der Handarbeit so eingeteilt, daß zunächst ein Stamm vollständig aufgearbeitet wird und dann erst der nächste Stamm aufgesucht wird. Dieselben Leute, die die Säge bedienen, müssen also auch aufästen, vermessen, gesundschneiden und ablängen.

Über die Ersparnisse, die man mit Motorsägen erzielen kann, finden sich die widersprechendsten Angaben. Hier und da wird behauptet, man könne 50 vH der Holzwerbungs- und Aufarbeitungskosten sparen. Es liegt auf der Hand, daß derartige Angaben übertrieben sind; beträgt doch der Anteil der Sägezeit an der gesamten Aufarbeitungszeit in Kiefernschlägen nur etwa 30 bis 40 vH. Nach den bisherigen Erfahrungen leistet die Motorsäge mit einer Bemannung von drei Mann etwa das Doppelte einer Handsäge, die von zwei Mann geführt wird. In der gesamten Holzaufbereitung läßt sich also in solchen Forsten etwa die Hälfte der Sägezeit oder 15 bis 20 vH der Gesamtarbeitzeit einsparen. Hierbei ist aber nur die reine Arbeitzeit berücksichtigt und noch nicht die Ausgaben für Abschreibung und Verzinsung, für Brennstoff und Ausbesserungen. Bei Berücksichtigung dieser Mehrkosten wird sich etwa eine Ersparnis von höchstens 5 bis 12 vH ergeben. Günstiger mögen die Dinge für Laub-

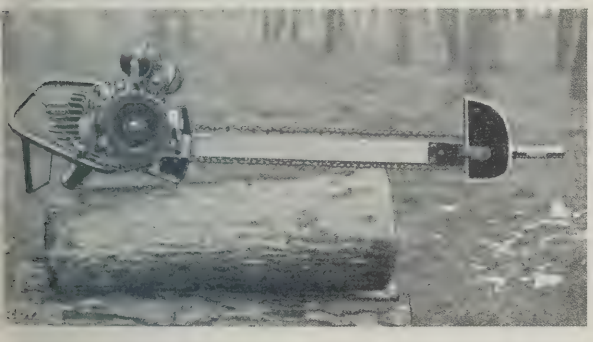


Abb. 3. Motorsäge „Rinco".

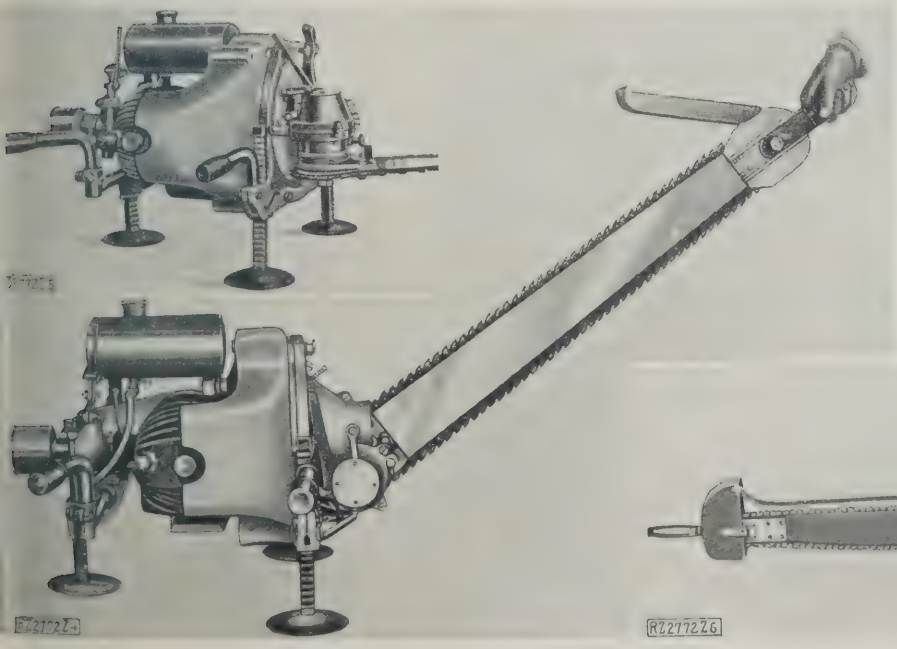
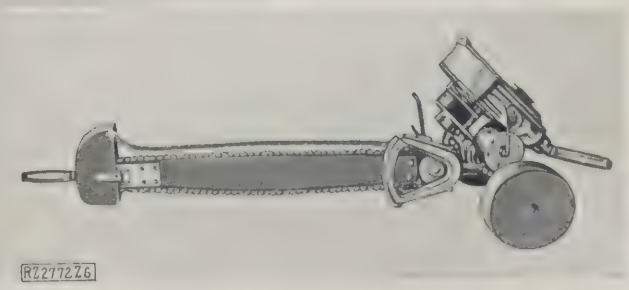


Abb. 4 und 5
Motorsäge „Dolmar".
Abb. 4 (unten): Säge in senkrechter,
Abb. 5 (oben links): Säge in waagerechter Stellung.

Abb. 6 (unten)
Motorsäge „Erco" in Fahrstellung.



holzforsten mit starker Brennholzaufarbeitung liegen. Hier ist der Anteil der Sägezeit an der Gesamtaufarbeitungszeit und somit auch die Ersparnismöglichkeit höher.

**Zusammenfassung**

Aus alledem geht hervor, daß die Entwicklung der Motorsäge noch nicht abgeschlossen ist. Wenn es auch schon eine Reihe von brauchbaren Motorsägen auf dem Markte gibt, die vor allem bei großen Insektenplagen oder bei Arbeitermangel, z. B. im überseeischen Urwald, gute Dienste leisten können und ihre Brauchbarkeit a schon bewiesen haben, so gibt es doch immer noch wei zu verbessern und zu vervollkommnen, um die Ersp nis an Holzaufarbeitungskosten unter Verringerung Betriebskosten noch weiter zu erhöhen. Solche Verb serungen sind: noch weitere Erhöhung der Schnitt stung, möglichst große Betriebsicherheit, möglichst gr Dauerhaftigkeit, Verringerung des Gewichtes und Ein von Fahreinrichtungen, möglichst große Beweglichk und möglichste Verringerung der Bedienungsmannsch

[B 2777

# Feuerlöschen mittels Schaum und Kohlensäureschnee

*Von Dr. ALFRED KARSTEN, Berlin*

An Stelle des Wassers werden heute vielfach als Löschmittel für feuergefährliche Flüssigkeiten die Kohlensäure in Form von Natronbikarbonat oder der feste Kohlensäureschnee oder aber auch der Schaum verwendet.

Das Schaumlöschverfahren beruht darauf, daß der brennende Gegenstand durch eine Schaumschicht mit einer vollkommen luftabschließenden Decke versehen wird[1]). Das Wesen des Kohlensäureschnee-Löschverfahrens besteht darin, daß die Kohlensäure in fester Form als Schneemasse auf die brennende Flüssigkeit oder auch auf den festen Stoff gebracht wird. Die schwere Kohlensäure legt sich auf den brennenden Gegenstand und schließt ihn auch mehr oder minder gegen die Einwirkung des Luftsauerstoffes ab. Ferner wirkt die große Kälte des Kohlensäureschnees von — 79 ° stark brandlöschend; denn infolge der großen Verdunstungskälte der Kohlensäure wird die Temperatur so sehr herabgesetzt, daß dort, wo der Schnee auftritt, der Brand fast augenblicklich beendet wird. Bei der darauf eintretenden Verdunstung des Schnees entwickelt sich zunächst ein Kohlensäurenebel, der auf dem brennenden Gegenstand lagert, um sich erst allmählich in gasförmigen Zustand aufzulösen. Der Schaum wird durch Einwirkung von Wasser auf ein Schaumpulver erzeugt, das in der Hauptsache aus Aluminiumsulfat oder Natriumbikarbonat und einigen schaumbildenden Stoffen besteht, und durch Schläuche oder Rohrleitungen zum Verwendungsort geführt. Dort wird er entweder durch Gießrohre über die brennenden Flüssigkeiten oder festen Stoffe ausgegossen, durch Stahlrohre verspritzt oder durch Schaumbrausen von oben versprüht.

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 67 (1923) S. 1050; Bd. 55 (1911) S. 613.

**Die Schaumerzeuger**

sind entweder bewegliche Geräte (Schaumgenerator oder werden fest eingebaut (Schaumakkumulatoren). Ne diesen Geräten hat die Löschtechnik neuerdings ei Schaumerzeuger unter dem Namen „Schaummörser" schaffen, der infolge seiner einfachen Konstruktion, lei ten Beförderungsmöglichkeit und geringen Bedienun beanspruchung Beachtung verdient.

Als Geräte, die für unbegrenzte Schaumerzeugung stimmt sind, bedient man sich sogenannter Schau generatoren, die mit der Druckwasser- und Schaumleitung verbunden und mit Schaumpulver beschi werden. Abb. 1 zeigt den inneren Aufbau eines solch Schaumgenerators. Man benutzt diese Geräte dort, wo e unbegrenzte Leistungsfähigkeit der Schaumlöschanlage wünscht ist und zudem geschultes Personal zur V fügung steht. Vielfach gebraucht man sogenannte Gene torwagen, bei denen alle zur Schaumlöschung erford lichen Geräte auf einem kleinen Fahrzeug vereinigt sind

Während die Schaumgeneratoren in erster Linie bewegliche Geräte gedacht sind, sind die sogenann Schaumakkumulatoren, Abb. 2, für festen E bau bestimmt. Sie erzeugen je nach Größe eine grenzte Schaummenge aus dem in ihnen aufgespeicher Pulvervorrat. Die Auswahl der im Einzelfall geeigne Geräte richtet sich in jedem Falle nach den Ortverhä nissen. Ist nur wenig Bedienungspersonal vorhanden, so der Schaumakkumulator besonders am Platze, da er nur du einen einzigen Handgriff in Tätigkeit gesetzt oder a selbsttätig durch Schmelzsicherungen ausgelöst wird. M baut heutzutage Schaumakkumulatoren von 100, 200 800 kg Pulverinhalt; die Geräte mit 800 kg Pulverinh sind imstande, mit einer Füllung 60 m³ Schaum zu erz gen. Die Schaumakkumulatoren bestehen aus einem zyl drischen Behälter, der seinerseits je nach Größe einen o mehrere mit der Druckwasserleitung in Verbindung stehe Strahlköpfe sowie einen Schaumaustrittstutzen enthält. W der Schieber des Wasserzutrittrohres geöffnet, so strö Druckwasser als hochbeschleunigtes Spülwasser in Innere des Behälters, mischt sich mit dem Pulver und zeugt Schaum.

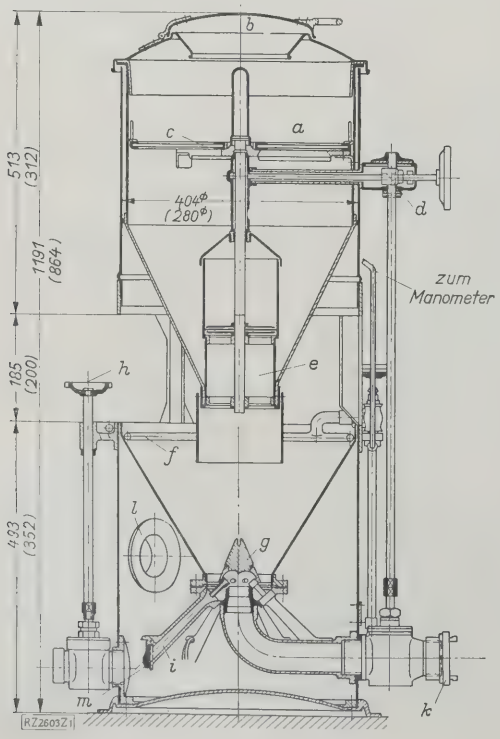



**Abb. 1**
Minimax-Schaumgenerator.
Schaumleistung bis 6000 l/min.

*a* Chemikalienbehälter
*b* Einschüttöffnung für Schaumpulver mit aufklappbarem Deckel
*c* Sieb
*d* Schneckenantrieb
*e* Pulververschluß
*f* gelochte Wasserringleitung
*g* Strahlkopf
*h* Entwässerung
*i* Ejektoren (sechs)
*k* Betriebswasseranschluß
*l* Schaumanschlüsse (zwei)
*m* Rückschlagklappe

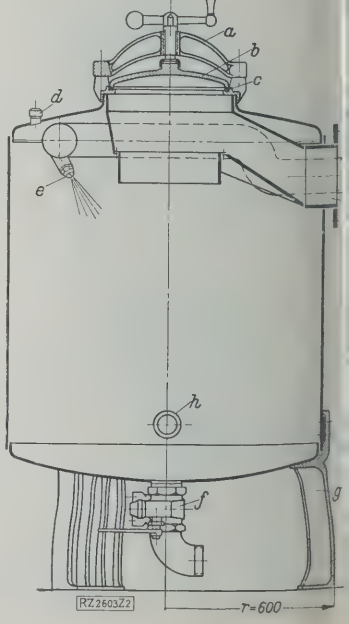



**Abb. 2**
Schaumakkumulator.
Schaumleistung bis 60000 l mit einer Füllung.

*a* Verschlußbügel
*b* Verschlußdeckel
*c* Weichgummidichtung
*d* Sicherheitsvorrichtung
*e* Düse (in die Zeichenebene gedreht)
*f* Entleerventil
*g* Behälter
*h* Schauglas
*i* Wassereintritt
*k* Schaumaustritt

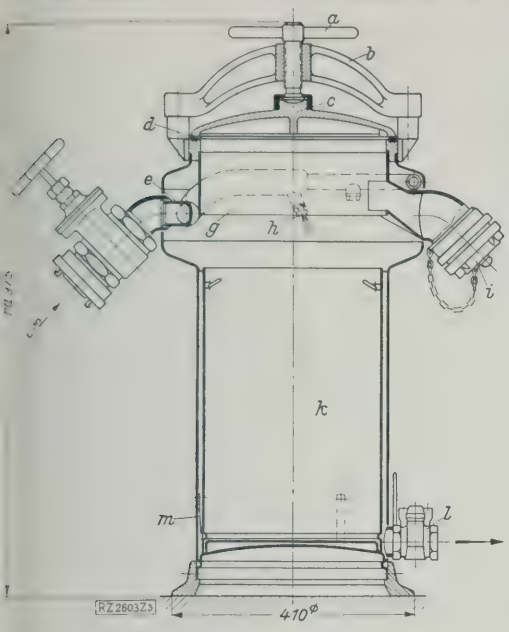



**Abb. 3**
Schaummörser,
Schaumleistung bis 2500 l aus einer Kartusche.

*a* Handrad
*b* Verschlußbügel
*c* Verschlußdeckel
*d* Weichgummidichtung
*e* Düsenzuleitung
*f* Wassereintritt mit Absperrventil
*g* Schaumfang
*h* Düse
*i* Schaumaustritt
*k* Kartusche
*l* Entleerventil
*m* Führungsfeder

**Abb. 4**
Handgerät für Kohlensäureschnee

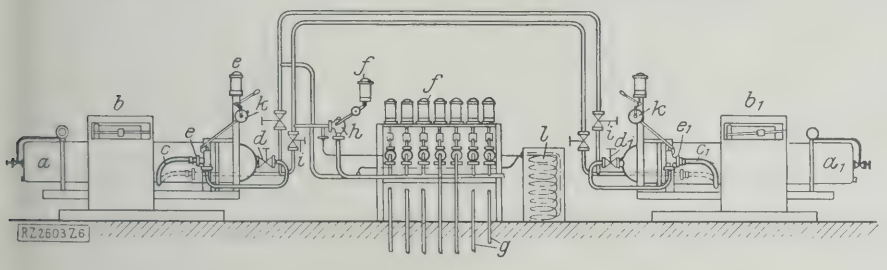



**Abb. 5** (unten)
Kohlensäure-Löschanlage des Großkraftwerkes Klingenberg.

*a*, *a*$_1$ $CO_2$-Behälter
*b*, *b*$_1$ Kontrollwaagen
*c*, *c*$_1$ Hochdruckschläuche
*d*, *d*$_1$ Behälterventile
*e*, *e*$_1$ Löschventile für Hand- und elektrische Auslösung
*f* Elektromagnete
*g* Löschleitungen
*h* Steuerventil
*i* Absperrventile der Leitungen zu den Maschinen
*k* Absperrventil der Transformatorenleitung
*l* Nachblaseeinrichtung

Im Schaummörser, Abb. 3, ist das zur Schaumerzeugung erforderliche Pulver in einer im Innern des Mörsers befindlichen Kartusche angriffbereit untergebracht, während der Schaumgenerator gewöhnlich leer und ungefüllt dasteht. Durch Betätigen eines einfachen Wassereinlaßventils am Schaummörser kann die Schaumbeschaffenheit beliebig geregelt werden. Ist die Pulverfüllung einer Kartusche verbraucht, so wird eine neue eingesetzt und die Schaumerzeugung kann aufs neue beginnen. Der Schaummörser erzeugt das 70- bis 80fache des Kartuscheninhalts an Schaum.

Je nach der Größe des zu schützenden Gegenstandes wird man entweder Schaum-Handfeuerlöscher oder bewegliche, tragbare oder fahrbare Groß-Schaumlöschgeräte oder über ortfeste Schaumlöschanlagen mit großem, für Dauerbetrieb bestimmtem Vorrat an Schaumpulver benutzen. Die Schaum-Handfeuerlöscher sind, wie alle Handfeuerlöscher, für Entstehungsbrände bestimmt.

Im Vergleich zu der gewöhnlichen Wasserlöschung, soweit sie überhaupt in Frage kommt, wird bei der Schaumlöschung jeder größere Wasserschaden vermieden; denn um 1000 l Schaum zu erzeugen, sind nur 100 l Wasser notwendig, wobei zu berücksichtigen ist, daß die Löschkraft von 1 l Schaum mindestens ebenso groß, wenn nicht größer ist, als die von 1 l Wasser. Nach dem Löschen lassen sich die Schaummassen von den flüssigen wie auch von den festen Stoffen mühelos entfernen, ohne daß sie die Stoffe irgendwie beschädigt hätten.

Bei fest eingebauten Schaumlöschanlagen laufen festverlegte Rohrleitungen von den Löschgeräten zu den einzelnen zu schützenden Teilen des Werkes. Die Leistungsfähigkeit der Schaumanlage muß man in jedem Fall so bemessen, daß die Gesamtanlage des Werkes nach Möglichkeit geschützt wird. Jeder zu schützende Gegenstand der Werkanlage muß von einer Schiebergruppe aus praktisch gesondert erreicht und beschäumt werden können. Auf den einzelnen Geländeteilen und in den einzelnen Räumen sind wiederum Schaumverteilergruppen angelegt, um den Schaum an bestimmten Stellen austreten zu lassen.

Zum

### Löschen mit Kohlensäureschnee

dienen bei kleinen Bränden ebenfalls Handapparate, Abb. 4. Ein solches Gerät besteht aus einer mit 4 kg flüssiger Kohlensäure gefüllten Druckgasflasche von rd. 14 kg Gesamtgewicht, die in das Gerät eingebaut ist, der Schneeerzeugerdüse und einem Ausstoßrohr. Durch Einschlagen des Schlagstiftes am Ventil der Kohlensäureflasche wird die flüssige Kohlensäure durch die erwähnte Düse in Schnee verwandelt und dann in das Ausstoßrohr übergeführt. Aus der unten sichtbaren Ausstoßöffnung wird der Schnee unter Druck auf den Brandherd geschleudert. Man rechnet, daß 4 kg flüssige Kohlensäure etwa 1¾ kg Schnee erzeugen. Ein kleines Handgerät für Kraftwagen wiegt nur 3 kg und eignet sich besonders gut, weil es von den Witterungsverhältnissen ganz unabhängig, also frostsicher ist und gar keine Nebenschäden verursacht.

Bei größeren Bränden werden die auf einem Wagen fahrbaren Gerätschaften verwandt, so z. B. zwei oder vier Kohlensäureflaschen, die mit je 25 kg flüssiger Kohlensäure gefüllt sind. Durch eine gemeinsame Leitung sind die beiden Flaschen an einem Absperrventil besonderer Bauart angeschlossen. Zur Verbindung zwischen dem Ventil und dem Austrittrohr dient ein auf dem Wagen zweckmäßig angeordneter Hochdruckschlauch von 12 m Länge für 100 at Betriebsdruck. Der Kohlensäureschnee bildet sich beim Öffnen des Ventils augenblicklich und wird alsdann auf den Brandherd geschleudert.

Von der ortfesten Anlage, Abb. 5, werden zwei Arten ausgeführt, die selbsttätige Schmelzlot-Auslösung und die sogenannte Anregerleitung. Ist z. B. ein großer Benzinbehälter zu schützen, so wird von der Kohlensäure-Flaschenbatterie, die häufig auf einer Waage aufgebaut ist, Abb. 6, zur Prüfung der Zuverlässigkeit der Abdichtungen der Kohlensäurebomben eine Rohrleitung von der Batterie bis zum oberen Rand des Behälters geführt. Von ihr zweigt im Innern des Behälters die Ringleitung ab, in der in bestimmten Abständen die Schneepfeifen angebracht sind. Dicht unter ihnen befindet sich bei der Schmelzlotauslösung ein um den inneren Rand des Großgefäßes herumlaufender Draht, der mittels Weichlotes (Schmelzpunkt 70 °) verbunden ist. Entsteht ein Brand und schmilzt ein Lotstück, so wird das Absperrventil der Kohlensäurebatterie geöffnet und die Kohlensäure in flüssigem Zustand bis zu den Ausflußöffnungen gedrückt, wo sie sich alsdann in Schnee verwandelt. Auf diese Weise wird eine Vereisung der Rohrleitung vermieden. An Stelle des Schmelzlotdrahtes sind bei der Anregerleitung Schmelzlotstopfen vorhanden, die den Abschluß der Anregerleitung bilden. Diese Leitung steht bis zum Hauptabsperrventil der Flaschenbattrie unter einem geringen Überdruck, wodurch das Hauptabsperrventil geschlossen

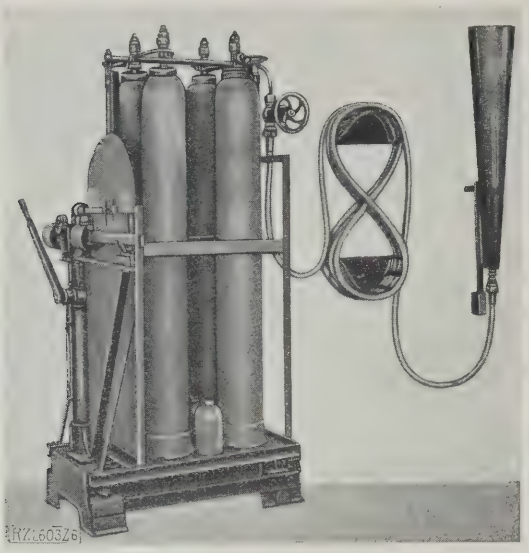


**Abb. 6**
Kohlensäure-Flaschenbatterie mit Schmelzlotauslösung und Wiegevorrichtung nebst Hochdruckschlauch und Schneerohr.

bleibt. Wenn nun ein Schmelzlotstopfen schmilzt, so vermindert sich der Druck in der Leitung, das Hauptventil öffnet sich, und die flüssige Kohlensäure strömt aus.

Zum Schluß sei noch hingewiesen auf die Versuche Ölbrände mit Salzlösung zu löschen, über die *C. A. Thomas* und *C. A. Hochwalt* in der Zeitschrift Oil and Ga Journal vom 23. August 1928 berichten. Sie fanden, da fast alle Alkaliverbindungen in wäßriger Lösung ein Löschwirkung auf Ölbrände ausüben, und zwar steigt di Löschwirkung mit wachsendem Atomgewicht an. Bei un verändertem Alkaligehalt spielt wiederum das Radikal, a das das Alkali gebunden ist, eine ausschlaggebende Rolle Im allgemeinen üben die größte Wirkung die sauerstoff haltigen Salze aus. Die Anwendung des neuen Verfahren bei Ölbränden sowie bei Holzbränden soll jetzt im große erprobt werden.

In neuester Zeit hat man wieder auf das Wasser al Löschmittel zurückgegriffen, und zwar besonders für Kohlen staubbrände. Man fand, daß der dem Wasser fehlende Benetzungsfähigkeit auf fettigen Staub usw. durch Bei fügung gewisser Substanzen in dieser Hinsicht nachgehol fen werden kann. Ganz besonders erreicht man diese mit 2 vH des im Wasser leicht löslichen Erkalens de I.-G. Farbenindustrie. Der fettige Braunkohlenstaub saug z. B. die Lösung auf. Worauf sich diese hervorragend Steigerung der Netzfähigkeit zurückführen läßt, weiß ma nicht. Man nimmt an, daß Wechselwirkungen elektrische Natur zwischen flüssiger und fester Phase bestimmen sind. Man erreicht hierdurch, daß man Staubbrände mi einem viel kräftigeren Sprühstrahl angreifen kann, al dieses bei reinem Wasser möglich ist, da der Staub nich mehr emporwirbelt. Praktisch wird das Netzmittel i 20prozentiger Lösung aus einem Druckgefäß mittels Druck luft in die an den Hydranten angeschlossene Wasserlösch leitung oder mit Hilfe eines Wasserstrahlapparates de Motorspritze zugeführt und seine Menge durch einen Hahn geregelt. Das Wasser wird durch das Erkalens schwach alkalisch und geht mit Zink natürliche Verbindungen ein

[M 2603]

## Elektrischer Antrieb von Karusselldrehbänken

Die waagrechte Planscheibe von Karusselldrehbänken wird in einer Rundführung nahe am Umfang abgestützt. Die Reibungsverluste sind deshalb größer als an einer Kopfdrehbank, deren Planscheibe in den Spindellagern geführt wird; die Karusselldrehbank ist aber bedeutend leistungsfähiger und erleichtert vor allem das Aufspannen der Werkstücke, so daß der schlechtere mechanische Wirkungsgrad gern in den Kauf genommen wird. Es ist bisher üblich gewesen, die um eine senkrechte Achse umlaufende Planscheibe von einer waagerechten Antriebwelle über Kegelräder anzutreiben. Wenn man auch einwandfreie Kegelrädertriebe herstellen kann, so ist der Wirkungsgrad eines Kegelradtriebes wegen der dabei auftretenden Axialdrücke immer schlechter als der eines Stirnradtriebes. Ferner hat man für Karusselldrehbänke — abgesehen von größeren Maschinen — bisher auffallend wenig Gebrauch von Regulier-motorantrieben gemacht, obwohl doch eine wirtschaftliche und gute Regulierbarkeit ein Haupterfordernis für eine Karusselldrehbank ist.

Offenbar war man der Ansicht, daß es bei dem ohnehin schlechten Wirkungsgrad der Karusselldrehbank auf ein Mehr oder Weniger nicht mehr ankomme. Diese Ansicht ist aber grundfalsch, denn die Wirkungsgrade der einzelnen Antriebelemente addieren sich nicht, sondern sie multiplizieren sich, so daß es gerade bei Maschinen mit schlechtem Wirkungsgrad an der Arbeitstelle selbst im höchsten Maße darauf ankommt, in der Kette der Antriebelemente möglichst wenige und nur Glieder mit bestem Wirkungsgrad zu verwenden. Der bei Karusselldrehbänken übliche Kegelradtrieb kann bei Verwendung eines Antriebmotors mit senkrechter Achse vollständig verschwinden und das übrige Getriebe kann auf drei Wechselräderpaare zusammenschrumpfen, wenn ein im Verhältnis 1 : 3,16 regelbarer Motor verwendet wird. Dabei kann man die Drehzahlen der Planscheibe im Verhältnis von rd. 1 : 30 praktisch stufenlos, innerhalb des Motorregelbereiches während der Arbeit und vom Stand des Arbeiters regeln und sehr erhebliche Mehrleistungen erzielen.

Eine nach diesen Gesichtspunkten gebaute Karusselldrehbank zeigt Abb. 1. Diese Maschine ist für schwerste Schrupparbeiten an Schmiedestücken bestimmt. Der Hauptantrieb erfolgt durch einen zwischen den Ständern eingebauten AEG-Senkrechtregelmotor von 50 PS Leistung, regelbar von 400 bis 1250 U/min. Für die Schnellverstellung der Werkzeugschlitten ist ein Hilfsmotor vorgesehen, der als Umkehrregelmotor arbeitet. Er leistet rd. 5 PS bei 500 bis 1200 U/min und wird durch eine Umkehr-Regelschaltwalze mit Ankerbremsung gesteuert. Mittels dieses Hilfsmotors werden eine Reihe von Getrieben, die 95 vH der Arbeitzeit leerlaufen, gespart. Die Karusselldrehbank selbst ist so kräftig gebaut, daß sie auch die Überlastungsfähigkeit von 100 vH des Hauptmotors ausnutzen kann. Besonders bemerkenswert ist der wesentlich geringere Platzbedarf gegenüber der bisher üblichen Ausführung mit waagerechtem Getriebekasten und damit gekuppeltem Waagerechtmotor.

Berlin [M 3049] *O. Pollok*

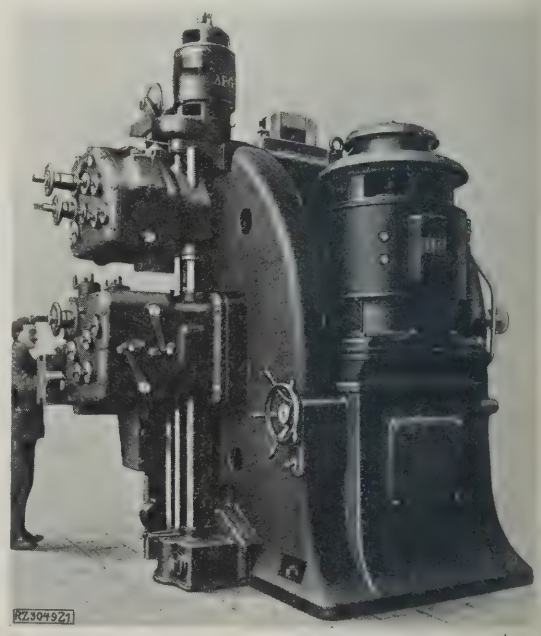


**Abb. 1**
Schrupp-Karusselldrehbank mit Senkrecht-Regelmotorantrieb H. A. Waldrich, G. m. b. H., Siegen.

# RUNDSCHAU / Aus dem Ausland

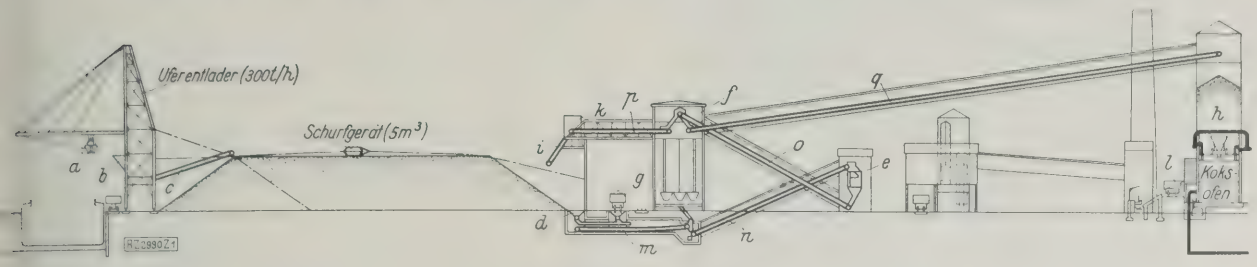



**Abb. 1**
Förderanlagen zur getrennten Lagerung zweier Kohlensorten auf einem Lagerplatz.

*a* Greifer (2 m³)
*b* Überladebunker
*c* Auslegerband
*d* Aufnahmebunker
*e* Kohlenaufbereitung Mischanlage
*g* Gleisbunker
*h* Kohlenbunker
*i* schwenkbare Rutsche
*k* Führerstand für den Seilschürfer
*l* Kokslöschwagen
*m, n, o, p, q* Förderbänder

## *Lager- und Ladevorrichtungen*

### Kohlenförderanlagen für ein amerikanisches Gaswerk

Im Juni 1928 ist an der Strecke Chikago – Milwaukee, ımittelbar am Ufer des Michigansees in der Nähe der adt Waukegan ein Gaswerk (mit Nebenproduktengewin-ıng) der North Shore Coke and Chemical Co. in Betrieb setzt worden, das mit einer bemerkenswerten und in den ereinigten Staaten sehr beliebten Vereinigung von Förder-lagen ausgestattet wurde, die bei uns in Deutschland bis-r kaum bekannt ist. Der zeitlichen Aufeinanderfolge des rdervorganges entsprechend besteht die Anlage, Abb. 1, s dem Uferentlader (für Schiffsentladung), dem Seil-hürfer (für die Lagerplatzbedienung) und den sich schließenden Bandförderanlagen nebst Brechern, Misch-nker usw., die die Verbindung mit den Koksöfen her-llen.

#### Der Uferentlader

der hier angewandten Form ist eine weit verbreitete ıerikanische Sonderausführung[1]) der Mead-Morrison Mfg. ., Boston. Er bietet in seinen Einzelheiten kaum etwas ues, da derartige Konstruktionen schon vor etwa Jahren (Hunt-Pohlig) aufgestellt wurden. Immerhin ist er bei dem verhältnismäßig kleinen Greifer von 2 m³ halt auf die sehr hohe Umschlagleistung hinzuweisen. Bei sichtigung des Werkes habe ich mich davon überzeugt, ß in 1 min bis zu drei Förderspielen (bei etwa 15 m mittl. bhöhe) erzielt wurden, so daß mit einer Leistung von 0 t/h Kohle gerechnet werden kann.

Nach dem Aufnehmen der Kohlen durch den Greifer *a*, b. 1, wird gleichzeitig mit der ungewöhnlich raschen bbewegung auch die Auslegerkatze in Bewegung ver-tzt und anschließend hieran das Fördergut in den Über-lebunker *b* abgeworfen, der in die Eisenkonstruktion des tladers eingebaut ist. Von diesem Bunker aus ge-ngt die Kohle auf ein auf der Rückseite des Ent-lers angeordnetes Auslegerband *c*, von dem sie längs der wa 300 m langen Ufermauer in einem schmalen Streifen s zu rd. 10 m Höhe aufgeschüttet wird. Der Uferentlader i fahrbar und hat rd. 5,5 m Spurweite, er läuft auf der eichen Fahrbahn wie der eine Gegenturm des Seil-hürfers.

Besondere Beachtung verdient die Förderung der Kohle auf dem Lagerplatz, Abb. 2, mit dem

#### Seilschürfer,

zumal auch in Deutschland in neuester Zeit Ansätze vorhanden sind, die auf eine Einführung dieses für uns neuartigen Fördermittels abzielen. Die Vorteile sind so vielfach, daß für eine ganze Reihe von Förderbeispielen die Anwendung durchaus zweckmäßig erscheint.

Eine gewisse, allerdings weitläufige Verwandtschaft hat der Seilschürfer auch mit dem in Deutschland bekannten Kabelbagger; das wesentliche Unterscheidungsmerkmal ist jedoch, daß keine nennenswerte Hubbewegung des Schürfgerätes auftritt und ferner kein Tragseil und keine Laufkatze vorhanden sind. Durch die geringe Anzahl von Einzelteilen wird die Bedienung einer derartigen Förderanlage ungewöhnlich einfach, wenn man weiter bedenkt, daß diese z. T. die Arbeit einer Lagerplatzbrücke mit verwickeltem Aufbau übernimmt. Beim Entwurfe war ursprünglich eine Lagerplatzbrücke vorgesehen. Wegen des etwa fünfmal so niedrigen Preises hat man sich aber für die Beschaffung eines Seilschürfers entschlossen, indem weiter berücksichtigt wurde, daß bei den wenigen dem Verschleiß unterworfenen Teilen auch die Bereitstellung von Ersatzteilen eine ganz untergeordnete Rolle spielt.

Die Hauptaufgabe des Seilschürfers besteht hier im Ausbreiten und Verteilen des vom Entladerband abgestürzten Fördergutes über die ganze Lagerplatzfläche, Abb. 2, und in der Rückverladung der Kohlen nach dem Aufgabebunker *d*, Abb. 1, der dann die Weiterleitung nach den Brechern *e* und Mischanlagen *f* übernimmt.

Die größte Schürfstrecke beträgt über 200 m, der Inhalt des Schürfgerätes i. M. 5 m³; das ergibt bei mittleren Förderwegen rd. 250 t/h Kohle. Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft des Seilschürfers, die hier im besonderen Maße zur Geltung kommt, besteht darin, daß Lagerplätze von fast beliebiger Gestalt damit bedient werden können, im Gegensatz z. B. zum Kabelkran oder Kabelbagger, die an das Rechteck oder den Kreissektor gebunden sind. So hat hier die Fahrbahn der beiden Gegentürme eine Rechteckform mit abgerundeten Ecken, Abb. 2. Die Bedienung dieses Lagerplatz Grundrisses ist möglich, weil von der Antriebwinde die Seile nach Maßgabe der Entfernungen nachgelassen werden können. Die erwähnte Zweiturmanordnung ist

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1373.

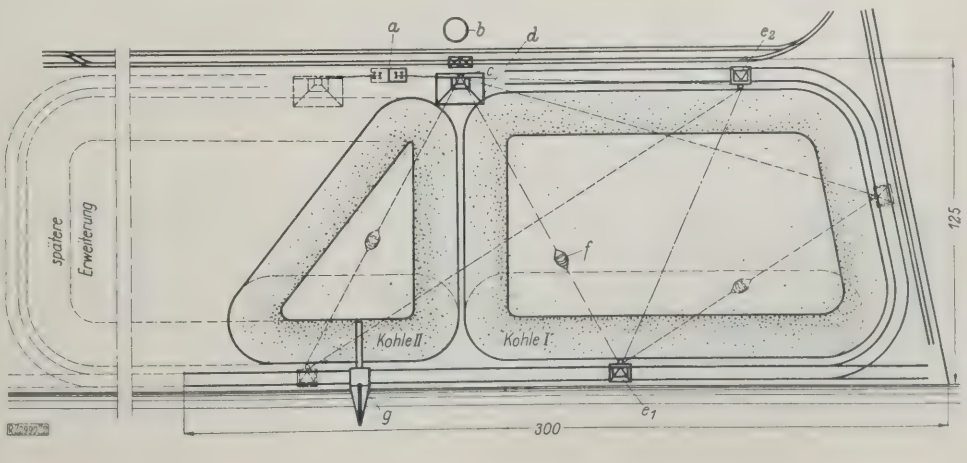



**Abb. 2**
Die Beschickung des Kohlenlagerplatzes mit zwei Kohlensorten durch den Seilschürfer (System Sauerman).

a Windenhaus mit späterer Erweiterung
b Überbunker
c Stollenpfosten des Seilschürfers
d Aufnahmebunker
e, e1, e2 Gegentürme (drei verschiedene Schürfmöglichkeiten)
f Schürfgerät
g Uferentlader (Mead-Morrison)

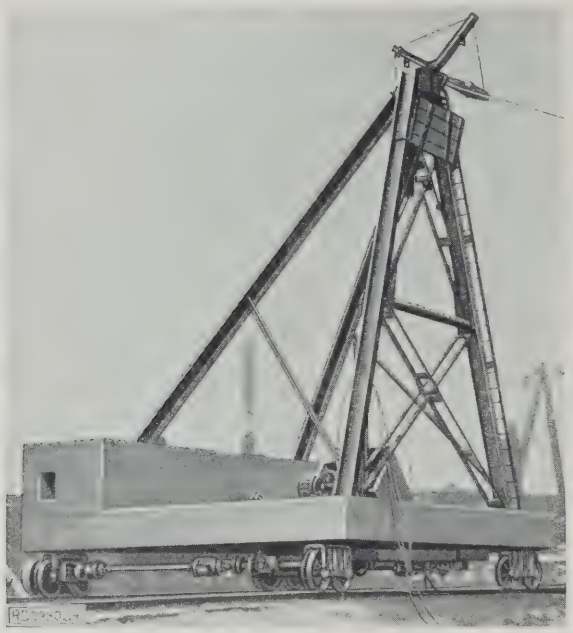


**Abb. 4.** Gegenturm des Seilschürfers. Drehgestelle zur Fahrt durch Krümmungen.

zweckmäßig, weil zwei verschiedene Kohlensorten (gasreiche und gasarme Kohlen) getrennt gelagert werden müssen. Das Schürfgerät kann daher in ganz verschiedenen Schürfrichtungen arbeiten, und man kann es verhältnismäßig rasch von einem zum andern Förderbereich umstellen, da oft die Notwendigkeit vorliegt, abwechselnd von den Kohlensorten I und II zu fördern, um ein bestimmtes Mischverhältnis zu erzielen.

Bereits bei der Anlage des Lagerplatzes konnte der Seilschürfer als Baumaschine helfend eingreifen und die Ausführung der Erdarbeiten unterstützen, sowie die Einebnung des Geländes vornehmen.

Die Aufnahmefähigkeit des 120 m breiten und vorläufig 300 m langen Platzes beträgt etwa 240 000 t Kohlen bei rd. 9 m mittlerer Stapelhöhe. Infolge der ungünstigen Eisverhältnisse auf den großen Seen kann nur innerhalb von sieben Monaten mit der Kohlenzufuhr gerechnet werden, so daß während der übrigen fünf Wintermonate nur Stapelkohlen gefördert werden können. Infolgedessen muß bei der Stapelung der Kohlen dauernd für den Wintervorrat gesorgt werden, der rd. 100 000 t beträgt.

Einer der Hauptteile des Seilschürfers ist der 8 m hohe Rollenpfosten, Abb. 3, von der die von der Winde kommenden Seile nach den Türmen oder zum Schürfgerät abgelenkt werden. Der Rollenpfosten trägt vier aus Sonderstahl hergestellte Umlenkrollen von je 750 mm Dmr., die durch ihre Ummantelung ein Herausspringen der Seile verhüten. Außerdem können sich diese Rollen nach allen Richtungen entsprechend dem Seilzug einstellen. Dicht neben dem Rollenpfosten befindet sich der Überladebunker, der die Endstellung des Schürfkübels begrenzt; das geschürfte Gut gleitet hier in den Bunker, Abb. 3.

In rd. 22 m Entfernung vom Rollenpfosten ist die aus zwei Trommeln bestehende Antriebwinde aufgestellt, Abb. 3, so daß die Seilablenkung in den Endstellungen in mäßigen Grenzen bleibt. Jedes der beiden je 25 mm dicken Sei wickelt sich auf eine besondere Trommel; diese könn unabhängig voneinander gesteuert werden. Die Bezeic nung dieser Seile würde vielleicht am besten mit „Ei fahrseil“ und „Ausfahrseil“ wiedergegeben werden, nachdem welches der beiden Seile in bezug auf die Win die Spannung überträgt, da ja das Schürfgerät in beid Richtungen arbeiten kann. Der Seilzug beträgt normal etv 8000 kg, höchstens fast 16 000 kg.

Infolge der Anordnung zweier Gegentürme bilden d beiden Seile in ihrer Linienführung stets ein Dreiec Abb. 2. Nach Angabe der Fa. Sauerman Bros., Chikag die eingehende Schürfversuche angestellt hat, wird die g schürfte Masse des Fördergutes am leichtesten längs ein Kurve fortbewegt, und während der Fahrt drücken si die Kohlenmassen gegen den Mittelpunkt des kreisboge förmigen Kübels und verhindern eine Bewegung innerha des Schürfgerätes. So bleibt der Inhalt als Ganzes währe der Bewegung dauernd im Kübel, während bei einer Übe füllung der überschießende Teil wieder zurückfällt. Bei Wechsel der Schürfrichtung brauchen nur die vor u hinter dem Schürfgerät befindlichen Backenzähne gelöst werden, mit denen die Seile befestigt sind und die B festigungsstellen miteinander vertauscht zu werden, oh daß man den ziemlich schweren Kübel umzuwend braucht. Bei Einleitung der Schürfbewegung kehrt si das Schürfgerät dann durch den Seilzug von selbst in d entgegengesetzte Richtung.

Die normal ausgeführte kräftige Zweitrommelwin wird von einem 250 PS-Motor angetrieben; zum Ein- u Ausrücken der Bremsen und Kupplungen dienen Bremslü motoren nach Maßgabe der Steuerbewegungen des Kra führers.

Damit der Führer einen guten Überblick über den au gedehnten Lagerplatz erhält, ist er vorteilhaft auf ein Eisenstütze unweit des Mischbunkers, Abb. 1, unmittelb an der Überladeschurre am Ende des Zuführbandes $p$ au gestellt. Von diesem Platz kann er von oben herab d Heranschürfen der Kohle an den Überladebunker beobac ten. In welch einfacher Weise der Seilschürfer bedient wir geht auch daraus hervor, daß lediglich zwei Steuerorga vorhanden sind, außerdem ein Druckknopf zum Stillsetz des Motors. Der eine Hebel dient zur Einleitung der Vo und Rückwärtsbewegung des Schürfgerätes, während d zweite Hebel nur verhältnismäßig selten benutzt wird, we nämlich bei Veränderung der Gegenturmstellungen ein Nac lassen oder Einziehen der Seile nötig erscheint.

Die beiden Gegentürme laufen auf der gleichen Fah bahn, die außerdem längs der Ufermauer auch dem Entlad als Fahrbahn dient. Die Spurweite der Gegentürme, Abb. beträgt 5,4 m, die Höhe etwa 12 m. Um den auftretende Seilspannungen das Gleichgewicht halten zu können, si die Türme mit massiven Betonblöcken beschwert. Mitte Elektromotors werden die beiden hinteren Fahrgestelle a getrieben und infolge der verhältnismäßig hohen Fahrg schwindigkeit von rd. 30 m/min kann ein ziemlich rasch Wechsel im Arbeitsbereich des Schürfers herbeigeführt we den. Die Fahrwerke der Türme sind mit Drehgestellen au gerüstet, damit man die Gleiskrümmungen von etwa 30 Halbmesser durchfahren kann. An der Spitze des Turmes i die Seilumführrolle in einem Schwinghebel gelagert, der m einem Gewicht beschwert ist, um bei plötzlicher Seilen lastung ein Herunterklappen der Rolle zu verhüten.

Zu den eingangs erwähnten Vorteilen, die der Betri eines derartigen Seilschürfers bei Lagerplätzen bietet, komn noch hinzu, daß durch den Schürfvorgang dauernd fein und grobes Fördergut gemischt werden, während dies b gestürzten Kohlen (Lagerplatzbrücke usw.) nicht in gle

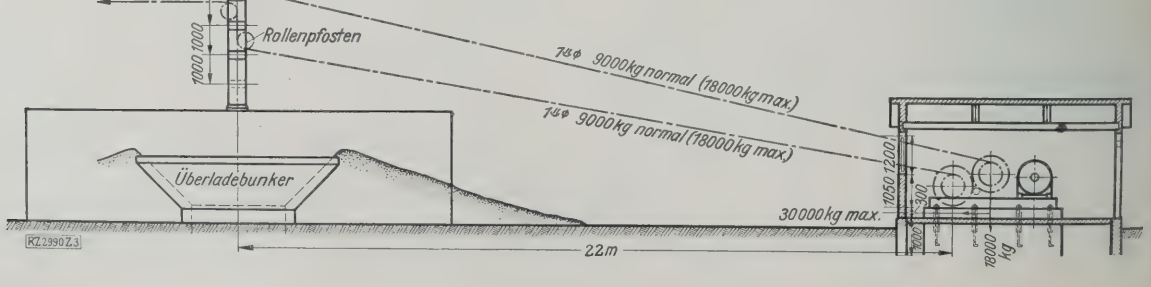



**Abb. 3.** Antriebwinde und Rollenpfosten mit Seilführung für den Seilschürfer.
*a* Einfahrseil *b* Ausfahrseil

hem Maße der Fall ist. Allerdings steht dem ein andrer Nachteil gegenüber, der gerade in Deutschland in einzelnen Anwendungen von Bedeutung sein kann. Die Kohlen werden durch die verhältnismäßig langen Schürfstrecken beim Stapeln und Rückverladen durch das Gewicht des Schürfgerätes nicht geschont, und die sogen. „Grußbildung“ dürfte immerhin nicht unbeträchtlich sein. Allerdings fallen dafür die Sturzhöhen, die bei Greiferanlagen nicht zu umgehen sind, weg. Im vorliegenden Fall ist jedoch die Grußbildung belanglos, weil im späteren Verlaufe der Förderung die Kohlen durch Brecher und Mischanlagen hindurchgehen.

Während der weitaus größte Teil der Kohlen infolge der niedrigen Seefrachtsätze mit dem Schiff ankommt, ist jedoch Vorsorge getroffen, daß auch bei einem Versagen dieser Zufuhr die mit der Bahn ankommenden Kohlen gefördert werden können. Die Selbstentladewagen stürzen dann die Kohlen in den Gleisbunker *g*, Abb. 1, ab, und falls nur ein Teil unmittelbar verbraucht wird, kann der Rest ebenfalls auf dem Lagerplatz verteilt werden. In diesem Fall wird das Fördergut zunächst vom Gleisbunker auf ein waagerechtes Band *m* aufgegeben und durch das Schrägband *n* nach dem oberen Teile des Aufbereitungsgebäudes gefördert. Ohne durch die Aufbereitung zu laufen, gelangt das Fördergut durch eine Rutsche nach dem unteren Teile des Gebäudes und wird dort auf das Band *o* übergeleitet, das über den Mischbunker führt. Von hier aus wird dann die Kohle durch das waagerechte Band *p* weitergefördert und über eine schwenkbare Rutsche auf den Lagerplatz gestürzt. Das übrige ausgedehnte System von Förderanlagen (Fabrikat der Robins Conveying Co.) für Kohle und Koks mit dazugehöriger Aufbereitung usw. dürfte für uns kaum etwas Besonderes bieten; es soll nur das Band *q* noch erwähnt werden. Dieses führt vom Mischbunker unmittelbar zum großen Kohlenbunker *h*, Abb. 1, der sich an die Koksofenbatterie anschließt.

Außer Mr. *J. W. Sykes*, dem Chefingenieur der William Baehr Organization, unter deren Leitung das Werk Waukegan steht, möchte ich den Firmen Sauerman Bros., Chicago, und der Robins Conv. Belt Co., New York, meinen Dank für Überlassung der Unterlagen aussprechen.

[M 2990] Dr.-Ing. *W. Franke*

## *Metallbearbeitung*

### Schleifen von Schraubengewinden

Das Schleifen der Gewinde von Gewindebohrern, Lehren und Maschinenteilen hat in den letzten Jahren größere Bedeutung erlangt. Die nachstehend beschriebene, an einer gewöhnlichen Gewindefräsmaschine angebaute Einrichtung ist von der Firma Harry F. Atkins, Old Fletton, Peterborough, gebaut[1]).

Die Form des Schleifrades muß genau der zu schleifenden Gewindeform entsprechen. Das genaue Abrichten besorgt ein Diamant *a*, Abb. 5 und 6, dessen Bewegung von einem Pantographen geregelt wird. Die Schablone *c* ist eine 25fache Vergrößerung der Gewindeform; ebenso ist der Teil *b* die im selben Verhältnis vergrößerte Form des Diamanten. Wenn das Schleifrad abgerichtet wurde, wird es selbsttätig während des Ganges der Maschine um die Schnitttiefe gegen das Werkstück verschoben. Das zu schleifende Werkstück ist zwischen Spitzen gespannt. Der Schleifspindelstock wird auf einer Prismenbahn mittels einer Spindel selbsttätig gemäß der Gewindesteigung verschoben.

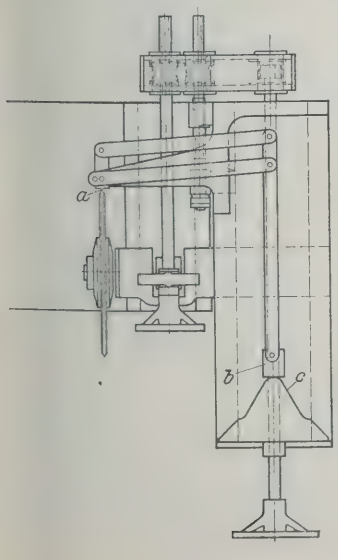



**Abb. 5**
Abrichtvorrichtung für Gewinde-Schleifscheiben.
*a* Diamant
*b* Abtaster
*c* Schablone
*d* Gewindebohrer

[M 322] *Weil*

[1]) „Machinery“, London, Bd. 34 (1929) S. 101.

## *Brücken- und Baukonstruktionen*

### Russische Brückenuntersuchungen

Die Versuche, dem Problem der Schwingungsmessungen zu Leibe zu gehen, reichen weit zurück. Schon im Jahr 1847 erhielt eine englische Kommission den Auftrag, diejenigen Bedingungen zu prüfen, die bei der Anwendung des Eisens für schwingende Bauten, so also auch für eiserne Bahnbrücken, zu beachten sind. Bezüglich dieser und weiterer Versuchsarbeiten sei auf den Vortrag „Die Entwicklung der Messung dynamischer Wirkungen bei Brücken“ aufmerksam gemacht, den *A. Bühler*, Sektionschef für Brückenbau bei der Generaldirektion der Schweizerischen Bundesbahnen, auf der Tagung des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure in Darmstadt am 29. März 1928 gehalten hatte[1]).

Die auf Untersuchungen aufgebauten Arbeiten auf dem Gebiete der Schwingungsprüfungen lassen an fachtechnischer Schwierigkeit nichts zu wünschen übrig. Es ist schon ungemein schwer, überhaupt einen festen Punkt zu bekommen, von dem aus die Bewegungserscheinungen einer Brücke mit Meßgeräten festgestellt werden können. Weitere Schwierigkeiten kommen dann mit der eigentlichen Messung der lotrechten Einsenkungen während der Überfahrt des Zuges; die Schwierigkeiten wachsen mit der Messung derjenigen Schwingungen, die durch Geschwindigkeit und Gewicht des Zuges bedingt werden. Von den besonderen Umständlichkeiten, die Geräte auf ihre Zuverlässigkeit hin zu prüfen, soll ganz geschwiegen werden; die Arbeit im Laboratorium ist jedenfalls sehr viel einfacher als die Arbeit draußen in der freien und launenhaften Natur.

Eine 1928 erschienene russische Arbeit[2]) ist um so mehr zu begrüßen, als sie mit wissenschaftlicher Gründlichkeit alle strittigen Fragen erörtert,. Die U.S.S.R. zählt bei 80 000 km Eisenbahnnetz insgesamt 420 km Eisenbahnbrücken, davon 35 km Brücken mit mehr als 100 m freier Spannweite. An Untersuchungsmöglichkeiten besteht also dort gewiß kein Mangel.

In der Forschungsarbeit wurden folgende Themen behandelt: Der Zustand des Brückenbauwesens in der U.S.S.R.; Die Entwicklung der Arbeiten im Bereiche der Brückenuntersuchungen in der U.S.S.R.; Die dynamische Wirkung von Menschengedränge und Kavallerie auf Brücken; Untersuchung der Kennzeichen der aus der Erfahrung bekannten Einflußlinien der Brückenträger; Betrachtungen über den Zusammenhang des Zustandes der eisernen Brücken und ihrer Schwingungen; Brückenfreischwingungen bei Schlagwirkung; Über freie Schwingungen eiserner Brücken in der Waagerechten; Vergleich der dynamischen Wirkungen der beweglichen Last bei Eisenbahnbrücken mit Schotterbett und mit Schwellen; Einfluß der Sonnenstrahlen auf die Überhöhung der Hauptträger von eisernen Brücken; Beeinflussung des Grundrisses eiserner Brücken durch die Sonne; Verteilung der Spannungen in den Hauptträgergurten und Fahrbahnträgern von eisernen Brücken; Untersuchung über die Durchbiegung der Fachwerkträger; Bestimmung des Elastizitätsmaßes von Steinmauern und der Höhe der Einspannung von Senkkastengründungen der Brückenpfeiler in den Boden.

Die Behandlung der einzelnen Themen bietet dem Fachmann einen sehr beachtenswerten Stoff; auf Einzelheiten kann hier nicht eingegangen werden. In der Hauptsache

[1]) „Bautechnik“ Heft 27 (1929) S. 421; vergl. a. Z. Bd. 72 (1928) S. 1118.

[2]) Forschungsarbeiten des Wissenschaftlich-Technischen Komitees des Volkskommissariats für Verkehrswesen, 89. Bd.: Ergebnisse der experimentellen Brückenuntersuchungen in der USSR. Moskau 1928. Sammelheft 22 der Abteilung für Ingenieuruntersuchungen, redig. von *N. Streletzky*. Kommissionsverlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 192 S. m. Abb. Preis 4 ℳ.

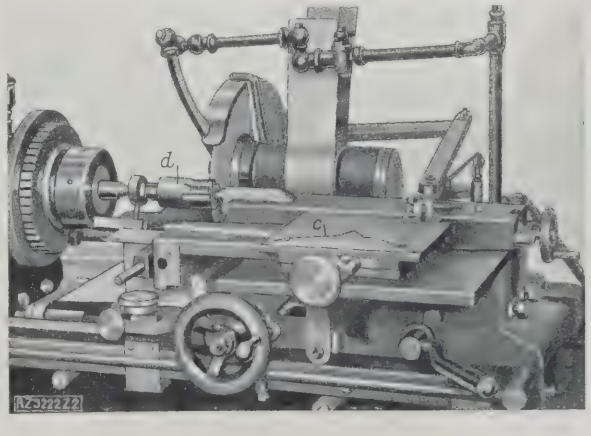



**Abb. 6**
Versuchsmaschine zum Schleifen von Schraubengewinden

sind *Geigersche* Apparate[3]) verwendet worden, im Gegensatz zu den Meßarbeiten der Deutschen Reichsbahn, die zumeist *Fränkelsche* Geräte benutzte. Auch stimmt die Art und Weise der russischen Messungen und die Auswertung der Meßergebnisse keinesfalls mit den Arbeiten der Deutschen Reichsbahn und den Arbeiten andrer Länder in allen Punkten überein. Das ändert aber nichts daran, daß die ins Deutsche übersetzte russische Forschungsarbeit mit dazu beitragen wird, uns einer gewissen Klärung in den schwingungstechnischen Fragen näher zu bringen. Die Wichtigkeit solcher Arbeiten steht außer Zweifel; zahlreiche Einstürze von Eisenbahnbrücken sind auf das Eintreten zu großer Schwingungen zurückgeführt worden. Man hat, wie *Bühler* in seinem Vortrage sagte, die außerordentliche Gefährlichkeit regelmäßiger Lasteinwirkungen erkannt, die bei der sogenannten kritischen Geschwindigkeit im Zeitmaße der Eigenschwingungen der Brücke auftreten.

Die Schwingungsuntersuchungen sind nicht allein Sache unserer Physiker, sondern auch Sache unserer Bau- und Maschineningenieure; gründliche und verständige Gemeinschaftsarbeit ist dringendes Erfordernis. Die Untersuchungen müssen, sofern das nicht schon der Fall ist, Lehrgegenstand unserer Hochschulen und — mit entsprechender Stoffeinschränkung — auch Lehrgegenstand der höheren Maschinenbauschulen werden. Im übrigen sind die weiteren Arbeitsergebnisse des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure abzuwarten; möchte es diesem Ausschuß an tatkräftiger Unterstützung seitens des Staates nie fehlen. [N 3354]

Berlin *C. Kersten*

[3]) Z. Bd. 72 (1928) S. 350.

## Eisenbahnwesen

### Mallet-Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung in den Vereinigten Staaten

Die europäischen Mallet-Lokomotiven arbeiten ausschließlich mit Verbundwirkung. In Amerika wurde die Mallet-Verbundlokomotive 1904 durch die Baltimore – Ohio-Bahn eingeführt. Bei den wachsenden Größenverhältnissen stellten sich aber dort bereits vor Jahren mancherlei Betriebschwierigkeiten heraus. Die Niederdruckzylinder erforderten oft Durchmesser von über 1000 mm (1041 ist ein häufig vorkommendes Maß, die Virginia-Bahn hat Niederdruckzylinder von 1219 mm Dmr.) und waren daher bei vielen Bahnen innerhalb der Umgrenzungslinie nicht mehr unterzubringen; auch ein genügender Ausgleich der schweren hin und her gehenden Massen war nicht mehr möglich. Schwierigkeiten in der Ausnutzung der vollen Reibungszugkraft beim Anfahren, starkes Anwachsen des Rückdruckes auf die großen Kolben bei höherer Geschwindigkeit und heftiges Hämmern des Niederdrucktriebwerkes bei Leerlauf waren weitere Nachteile. Die Canadian Pacific-Bahn hatte deshalb schon 1910 bis 1912 einige C + C-Mallet-Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung ausgeführt, ebenso die Pennsylvania-Bahn einige 1 D + D- und 1 D + D-Lokomotiven in den Jahren 1912 bis 1919. Aber erst von etwa 1925 ab wird der Bau solcher Lokomotiven häufiger, nachdem man Anfangsschwierigkeiten in den beweglichen Hochdruckleitungen des vorderen Gestelles überwunden hat. Einzelne derartiger Lokomotiven, z. B. die der Denver Rio Grande Western-Bahn, arbeiten mit 17 at. Die Durchmesser der Zylinder betragen meist 600 bis 700 mm, doch kommen auch noch größere Durchmesser vor. Verschiedene Bahnen gehen auch seit Jahren dazu über, vorhandene Mallet-Verbundlokomotiven in solche mit einfacher Dampfdehnung umzubauen.

Der Stand dieser Lokomotiven ergibt sich aus folgender Zusammenstellung:

| Eisenbahngesellschaft | Zahl | Bauart | Baujahr |
|---|---|---|---|
| Canadian Pacific | ? | C + C | Neubau 1910 bis 1912 |
| Pennsylvania | ? | 1 D + D und 1 D + D 1 | „ 1912 „ 1919 |
| Chesepeake – Ohio | 45 | 1 D + D 1 | „ 1925 „ 1926 |
| Great Northern | 4 | 1 D + D 1 | „ 1925 |
| „ „ | 60 | 1 D + D 1 und 1 C + D | Umbau 1925 bis 1929 |
| Baltimore – Ohio | 41 | 1 D + D | „ bis 1929 |
| Southern | 9 | 1 D + D 1 | „ 1926 bis 1928 |
| Uintah | 2 | 1 C + C 1 (Tenderlokomotive) | Neubau 1926 „ 1928 |
| Denver Rio Grande Western | 10 | 1 D + D 1 | „ 1927 |
| Southern Pacific | 10 | 1 D + D 1 und 1 C + C 2*) | Umbau 1928 |
| „ „ | 10 | 1 D + D 2[1]) | Neubau 1928 |
| Northern Pacific | 1 | 1 D + D 2 | „ 1928 |
| Chicago – Milwaukee – St. Paul | 1 | 1 C + G 1 | Umbau 1929 |
| Weyerhaeuser Timber Co. | 3 | 1 C + C 1 (Tenderlokomotive) | Neubau 1929 |

*) Diese ölgefeuerten Lokomotiven fahren mit dem Führerhause voran, um die Bedienungsmannschaft in den Tunnels vor den Verbrennungsgasen zu schützen. Der Wasser- und Öltender folgt hinter dem Schornsteinende der Lokomotive.

Auch die Viaçao Ferrea Rio Grande do Sul (Brasilien) besitzt seit 1925 vierzig 1 C + C 1-Mallet-Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung; einige gleiche Lokomotiven laufen seit 1912 bei den südafrikanischen Bahnen.

[N 3350] *M.*

## Eisenhüttenwesen

### Eisenschwamm nach dem Smith-Verfahren

*G. B. Waterhouse*[1]) veröffentlicht einige kurze Angaben über ein bei der General Reduction Corp., wohl in Zusammenhang mit den Ford-Werken, erprobtes Verfahren zur Herstellung von Eisenschwamm. Der Ofen ist ähnlich wie ein Koksofen gebaut und kann auch allein zur Gaserzeugung benutzt werden. Die einzelne Senkrechtkammer ist 25 cm breit, 5 m hoch und 6 m tief. Zur Auskleidung der waagrechten Heizzüge sind zwecks guten Wärmeaustausches zwischen den Heizgasen und der Beschickung besondere feuerfeste Baustoffe verwandt, im Reduktionsraum z. B. Karborundum. Geheizt wird augenscheinlich mit dem Abgas der Reduktionskammern, das im Gasometer aufgefangen und in einer Reihe nach Bedarf regelbarer Brenner in den Heizzügen verbrannt wird.

Den Ausgangstoff bilden Erz oder sonstige oxydische Stoffe wie Walzsinter oder magnetische Konzentrate; die Rohstoffe werden auf etwa 6 mm zerkleinert, mit dem zur Reduktion notwendigen Kohlenstoff (in irgend welcher Form: Holzkohle, Braunkohle, Torf, Hartholzabfällen, Koks, Koksabrieb, Anthrazit oder Naturpech) gemischt und in die schmalen Kammern gegeben, die augenscheinlich wie bei Hoksöfen von den Heizgasen nicht durchströmt werden. Beim Heruntersinken durchläuft die Beschickung entsprechend dem Aufbau der Heizzüge drei verschiedene Temperaturgebiete. In dem obersten Drittel wird sie durch die Abgase (der Reduktion und der Heizgase) vorgewärmt. In der zweiten Zone erfolgt die Reduktion bei Temperaturen zwischen 800 und 1100 °. Im untersten Drittel werden die reduzierten Rohstoffe durch die in den Heizzügen aufsteigende Verbrennungsluft unter 100 ° abgekühlt. Nach dem Entleeren wird das im Ofen bearbeitete Gut magnetisch von der Gangart befreit und zu Briketts gepreßt.

Die Erze sollen zu 93 bis 98 vH reduziert werden und bei längerer Dauer einen Schwamm mit bis 1,8 vH Kohlenstoff ergeben. Der Wärmeverlust durch Strahlung soll in dem Versuchsofen mit fünf Kammern und 50 t täglichen Ausbringen an reduziertem Rohstoff bei 800 ° Reduktionstemperatur nur 7 vH betragen und bei 50 Kammern auf 3,5 vH sinken. Die Anlagekosten betragen bei dem Versuchsofen 3000 Dollar für eine Tonne Ausbringen. Das Verfahren soll sich bei hochhaltigem Erz, Konzentraten und Kiesabbränden auch in der kleinen Versuchsanlage als wirtschaftlich erwiesen haben. Die Gesellschaft hofft, durch ihr Erzeugnis den durch Fracht verteuerten schwedischen Eisenschwamm gleichwertig ersetzen zu können, der bereits vielfach als Ergänzung des Roheisens zur Herstellung hochwertigen Stahles verwendet wird.

Die Grundlagen des Verfahrens sind bekannt und verschiedentlich bei andern Eisenschwammverfahren angewendet[2]). Es fragt sich, ob es auch dann wirtschaftlich sein wird, wenn man nicht über genügend billige Abfallstoffe, Walzsinter und Holzabfälle, verfügt. Zahlen für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit sind nicht mitgeteilt. Niedrighaltiges Erz wird wohl kaum wirtschaftlich ausgenutzt werden können, wie es ursprünglich beabsichtigt war. Die technischen Einzelheiten über die Ausführung der Öfen sind in dem Aufsatz äußerst knapp gehalten.

[1]) „The Iron Age" Bd. 123 (1929) Nr. 17 S. 1143.
[2]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1327.

o daß man sich kein Bild darüber machen kann, ob z. B. ie Wiederoxydation des Schwammes beim Abkühlen mit genügender Sicherheit verhindert werden kann. Bemerkenswert ist es immerhin, daß das Verfahren nicht auf Koks der Holzkohle angewiesen ist und sich auch in kleinen Einheiten dort als wirtschaftlich erweisen soll, wo zwar hochwertiges Erz, aber nur Kohlenabfälle erreichbar sind. Die Veröffentlichung näherer technischer Einzelheiten und von Zahlen über die Wirtschaftlichkeit wäre aber sehr erwünscht. [N 3365]

Dortmund Dr. *F. Meissner*

## *Technische Mechanik*

### Grenzreibung bei gleichförmiger Geschwindigkeit

Auf dem Gebiete der Grenzreibung liegen bis heute nur einige wenige experimentelle und theoretische Arbeiten vor, u. a. von *Hardy-Bircumshaw, P. Woog, Stanton,* die gezeigt haben, daß die Erscheinungen hier gänzlich verschieden von denen der hydrodynamischen Reibung sind, und daß es noch großer Anstrengung bedarf, um die verwickelten Zusammenhänge zu klären. In der Maschinentechnik haben sich diese Arbeiten kaum bemerkbar gemacht, weil man da gewohnt ist, die Grenzreibung als einen Ausnahmefall zu betrachten, dem man gern aus dem Wege geht. Und doch kann man diesen Zustand nur vermeiden, wenn man ganz besondere Vorkehrungen trifft, während im allgemeinen jeder An- und Auslauf von Maschinen Grenzreibung mit sich bringt.

Die Versuche erstreckten sich entweder auf Reibung der Ruhe oder bei schwingender Bewegung, aber nicht auf die Reibung bei gleichförmiger oder annähernd gleichförmiger Bewegung und hohen spezifischen Drücken, Gleitgeschwindigkeiten und Temperaturen. Diese Lücke sucht *J. H. Wells*[1]) auszufüllen, und zwar zunächst durch Schaffung einer geeigneten Einrichtung. Als Reibflächen dienen ebene Flächen in Gestalt von aufeinander umlaufenden Ringen, die leicht plangeschliffen und poliert werden können und bei kleiner radialer Breite hydrodynamische Reibung fast ausschließen. Störend ist bei dieser Anordnung, daß die Belastungsgewichte sich bei Verdrehung des oberen Ringes mitbewegen müssen und durch Massenwirkung unter Umständen die Beurteilung der Versuchsergebnisse erschweren; dasselbe gilt von dem Belastungsgewicht der Torsionswaage.

Bei den Versuchen wurden der Werkstoff der Reibflächen, das Schmiermittel, die Oberflächenbeschaffenheit, die Gleitgeschwindigkeit und der Druck auf die Flächeneinheit planmäßig verändert. Die Reibflächen wurden vor jedem Versuch in Petroleum gereinigt, geschliffen, geläppt, nochmals in Petroleum gewaschen und mit hartem Filterpapier abgerieben. Sie wurden als rein erachtet, wenn sie durch Wasser leicht benetzbar waren.

Es wurden folgende Versuchsreihen durchgeführt: Geringe Gleitgeschwindigkeit: 20,3 mm/min, Reibflächen aus Fußeisen mit Schmirgelleinen Nr. 00 poliert; drei Motoröle: A hochraffiniertes Mineralöl, B desgl. mit Zusatz von 1,75 vH Ölsäure, C ein anderes Schmieröl von ungefähr derselben Viskosität (170 R. bei 60 °).

Nach dem Verhalten der Öle unterscheidet der Verfasser zwei Klassen; die erste ergibt einen stationären Zustand für den oberen Ring, die zweite läßt diesen Zustand nicht erreichen. Ob sich ein Öl in der einen oder anderen Weise verhielt, hängt von der Beschaffenheit der Reibflächen ab; hochglanzpolierte Flächen ergeben keinen stationären Zustand; er stellt sich aber ein, wenn man mit Schmirgelleinen Nr. 00 oder besser Nr. 0 poliert. Von den untersuchten Ölen ergab das Öl A keinen stationären Zustand, B eine zitternde Bewegung der oberen Lauffläche; bei C stand die obere Lauffläche ruhig, das Reibungsmoment blieb streng konstant. Die Reibungszahlen hielten sich zwischen 0,10 und 0,17.

Wenn man bei sehr „öligen" Ölen[2]) die Reibung der Ruhe zu ermitteln versucht, so tritt das Gleiten nicht plötzlich, sondern allmählich ein, schon bei ganz kleinem Reibungsmoment, das bis auf einen Wert zunimmt, der dem stationären Zustand entspricht. Hält man dann den unteren Ring plötzlich still, so führt die Torsionswaage den oberen Ring zurück in eine Endlage, die scheinbar einer viel kleineren Reibungszahl als der der Ruhe entspricht. Diese läßt sich aber durch die Massenwirkung der Belastungsgewichte viel zwangloser erklären, als durch die Vermutung des Forschers, daß beim Rücklauf der Schmierfilm durchgedrückt oder gänzlich zum Verschwinden gebracht wird.

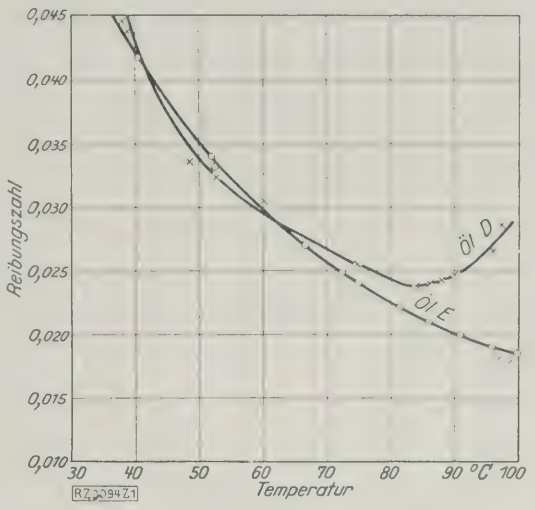



**Abb. 7.**
Halbflüssige Reibung bei Ölen von annähernd gleicher Zähigkeit.

Bei einer weiteren Versuchsreihe wurden die Belastung der Flächeneinheit von 7,7 at, die Temperatur von 60 ° konstant erhalten und die Gleitgeschwindigkeit in weiten Grenzen geändert. Das untersuchte Öl D war ein helles Mineralöl von der absoluten Zähigkeit 0,111 bei 60 °; Öl E dasselbe Öl mit einem Zusatz von 1,25 vH Ölsäure. Oberer Laufring gehärteter Stahl, unterer Ring Spezialbronze. Die Reibflächen ließ man vor den Versuchen einlaufen. Öl D ergab erst bei Geschwindigkeiten über 13,7 m/min einen stationären Reibungszustand, darunter nahm die Reibungszahl von rd. 0,11 auf den Wert der statischen Reibung 0,198 zu. Öl E ergab einen bei allen Geschwindigkeiten stationären Reibungszustand; diese Reibungszahl 0,07 nahm bei Verminderung der Geschwindigkeit rasch ab. Ferner wurde bei denselben Reibflächen und den Ölen D und E die Temperatur konstant auf 100 °, die Geschwindigkeit auf 52 m/min erhalten, während die Belastung zwischen 7 und 20 at geändert wurde. Hierbei war die Reibungszahl fast unabhängig vom Druck auf die Flächeneinheit.

Bei weiteren Versuchen zeigte die Temperatur einen großen Einfluß auf die Reibungszahl, wobei die Frage offen blieb, ob sich der Einfluß der Temperatur nur mittelbar über die Viskosität oder in anderer Weise geltend machte. Es wurde deshalb eine weitere Versuchsreihe unter Heranziehung halbflüssiger Reibung durchgeführt, die dadurch in Erscheinung trat, daß der obere Laufring absichtlich verbogen wurde, so daß nur die untere Lauffläche eben blieb.

Die Öle D und E verhielten sich hierbei ganz verschieden. Für Öl D waren 90 ° schon eine gefährliche Temperatur, während bei Öl E dieser Gefahrpunkt augenscheinlich viel höher lag; der genaue Wert läßt sich aus dem Bericht nicht ersehen, da die Temperatur nur auf 100 ° gesteigert wurde, s. Abb. 7. Daß sich die Kurven *D* und E in zwei Punkten schneiden, dürfte wohl auf Beobachtungsfehlern beruhen, denn es ist schwer einzusehen, warum der Zusatz von 1,25 vH Ölsäure über 60 ° das Öl D verbessern, in zwei Fehlern darunter aber verschlechtern sollte.

Im übrigen sind gerade diese Versuche, die sich auf den Übergang von der halbflüssigen Reibung zur Grenzreibung bei steigender Temperatur beziehen, von viel größerer praktischer Bedeutung als die anderen Versuche über Grenzreibung, die allerdings wichtige Beiträge zur Klärung der chemisch-physikalischen Vorgänge liefern.

Der Verfasser schließt u. a. aus den Versuchsergebnissen: Hochglanzpolierte Gleitflächen zeigen ein schlechteres Verhalten als Gleitflächen, die mit Schmirgelleinen Nr. 0 behandelt sind. Das Filmbildungsvermögen ist bei Schmiermitteln der „öligen" Klasse bedeutend besser. Bei passender Wahl von Öl und Lagermetall kann sich stabile Grenzschmierung bei Gleitgeschwindigkeiten bis zu 55 m/min, 18 at und 100 ° einstellen, und dabei ist die Reibungszahl

[1]) „The Engineer" Bd. 117 (1929) S. 452.

[2]) Die Bezeichnung des Verfassers „oily and dry" ist recht unglücklich gewählt, wie auch schon aus dem Satz „ob sich ein Öl in der einen oder . . ." hervorgeht. Es muß immer wieder betont werden, daß für den Begriff der Schmierfähigkeit das Aggregat Gleitfläche—Schmierschicht—Gleitfläche nicht auseinandergerissen werden darf, es also einen Sinn hat, ein Öl als solches zur „oily"- oder „dry"-Klasse zu rechnen. Eine richtige Bezeichnung müßte sich auf den ganzen Film erstrecken und könnte etwa lauten: „Schmierfilm mit Grenzschicht von hoher Festigkeit" oder „Schmierfilm mit Grenzschicht von niedriger Festigkeit".

in weiten Grenzen unabhängig von der spezifischen Belastung und der Gleitgeschwindigkeit; es gibt aber eine untere Grenze der Gleitgeschwindigkeit, die von dem Öl, der Belastung und der Beschaffenheit der Gleitflächen abhängt. Die Grenzreibung wird vermindert durch Erhöhung der Temperatur und bei Ölen von gleicher Viskositiät durch „Öligkeit". Das unstabile Gebiet der Gleitgeschwindigkeit bei „trockenen" Ölen wird dadurch erklärt, daß die Adhäsion der Gleitflächen erschwert wird, wenn die relative Geschwindigkeit über einem Kleinstwert liegt.

Die Arbeit ist ein wertvoller Beitrag zur Theorie der Schmierung, wenn auch, wie der Verfasser betont, noch weitere Aufklärungsarbeit notwendig ist. Dringender wäre aber ein ausgedehntes Studium des Überganges von der flüssigen über die halbflüssige Reibung zur Grenzschmierung; hier scheint vorläufig kein anderer Weg gangbar zu sein als der Versuch am wirklichen Lager, das auf eine zuverlässige Reibungswaage wirkt.

Solche Versuche mit drei Ölen von fast gleichem Verlauf der Viskosität hat im National Physical Laboratory *C. Iakemann* unter Leitung von *T. E. Stanton*[3]) ausgeführt; die Ergebnisse waren überraschend. Leider hat man die Viskosität der Versuchsöle nur bis 100 ° gemessen, während die Versuche bis rd. 220 ° getrieben wurden. Möglichst vollständige Angaben über die absolute Zähigkeit sind daher anzustreben.

[M 3094] *Georg Duffing*

[3]) *T. E. Stanton*, The Lubrication of surfaces under high loads and temperatures, „Engineering" Bd. 124 (1927) S. 312.

# Kleine Mitteilungen

### Doppeltwirkender Zweitakt-Dieselmotor von 4000 PS

Die Société d'Electricité et de Méchanique, Gent, die Nachfolgerin der Firma Carels Frères, hat als erste ihre Ausführungen nach der bekannten Bauart *Worthington*[1]) einen Vierzylindermotor mit 711 mm Zyl.-Dmr. und 1041 mm Hub hergestellt, der bei 128 U/min einen Stromerzeuger von 2600 kW treiben soll. Die vier Zylinder sind einzeln hergestellt, aber durch Bolzen miteinander verbunden; sie sind auf einem mit großen Handöffnungen versehenen Kastengestell befestigt, das die Kreuzkopfführungen enthält. Im Gegensatz zu dem amerikanischen Vorbild ist ferner die Spülluftpumpe nicht in der Mitte der Maschine angeordnet, sondern am hinteren Ende mit dem dreistufigen Einblaseluft-Kompressor vereinigt. Die Zylinder tragen oben je ein Brennstoffventil, das mittels Stange und Hebels von einer in Höhe der unteren Zylinderenden angeordneten Steuerwelle aus angetrieben wird. Die gleiche Welle betätigt auch je zwei Brennstoffventile an den unteren Zylinderenden. („The Engineer" 30. August 1929 S. 220*)

[N 3519 a] *H.*

[1]) Z. Bd. 69 (1925) S. 630.

### Zunehmende Verwendung der Kohlenstaubfeuerung zur Krafterzeugung

Am 1. März 1929 waren in den Vereinigten Staaten 64 öffentliche Elektrizitätswerke von 3 275 000 kW Gesamtleistung mit Kohlenstaubfeuerungen ausgerüstet. Weitere Anlagen für 873 000 kW befanden sich im Bau. 1926 gab es nur 37 Elektrizitätswerke von 2 179 000 kW Gesamtleistung mit Kohlenstaubfeuerung, 1927 47 Elektrizitätswerke von 2 670 000 kW. Bei Annahme von 50 vH mittlerer Jahresbelastung erzeugten die Kraftwerke mit Kohlenstaubfeuerungen 11 696 550 000 kWh im Jahre 1927 und 14 344 500 000 im Jahre 1928 oder 25,6 und 30,5 vH der Gesamterzeugung. Bei Annahme von 0,68 kg/kWh Kohlenverbrauch verbrauchten die Kraftwerke mit Kohlenstaubfeuerungen rd. 8 900 000 t Kohlenstaub im Jahre 1927 und 10 900 000 t im Jahre 1928 oder 20,9 und 26,0 vH der insgesamt in Elektrizitätswerken verbrauchten Kohlenmenge. („Electrical World" 17. August 1929 S. 326)

[N 3519 b] *Le.*

### Prüfung von Schlichtstählen

Das U. S. Bureau of Standards hat ein neues Verfahren zum Prüfen von Schlichtdrehstählen entwickelt; es beruht auf der Erscheinung, daß von zwei gleich tief in einen Stahlhalter eingespannten Stählen bei geringer Spandicke der zweite Drehstahl erst dann schneidet, wenn sich der erste Stahl abzunutzen beginnt. Bei Kohlenstoffstählen begann der zweite Meißel zu schneiden, nachdem sich das erste Messer um 0,025 bis 0,05 mm abgenutzt hatte. Die Versuche wurden ohne Schmierung mit verschiedenen Schnittgeschwindigkeiten, Vorschüben und Schnittiefen sowie mit verschieden geformten Drehstählen an Nickelstahl von 56 bis 70 kg/mm² vorgenommen; bei der Auswertung wurde die Oberflächenbeschaffenheit des bearbeiteten Werkstückes berücksichtigt. Stellt man den zweiten Drehstahl ein wenig hinter den ersten ein, so erreicht man eine größere Versuchsdauer bei größerem Verschleiß des ersten Stahles. („American Machinist" 31. August 1929 S. 157)

[N 3519 c] *Schr.*

### Lichtbogenöfen in einer Metallgießerei

Bei der F. & H. Foundry Co., Newark, N. J., wurden im Jahre 1928 735 t Nichteisenmetalle, davon 48 vH Messing, in zwei je rd. 160 kg fassenden Detroit-Lichtbogenöfen und einigen mit Öl gefeuerten Öfen erschmolzen. Bisher sind in den elektrischen Öfen der Gießerei rd. 900 t verarbeitet worden. Hierbei hat man festgestellt, daß bei elektrischen Öfen die Schmelzkosten und Werkstoffverluste geringer als bei andern Schmelzverfahren sind; man kann ferner die Zusammensetzung des Werkstoffes leichter überprüfen und das Schmelzverfahren leichter durchführen. Bei 16 Schmelzen in 9½ h in einem elektrischen Ofen betrugen die Stromkosten rd. 0,11 ℳ/t, bei 17 Schmelzen, davon einer in dem zweiten elektrischen Ofen, rd. 1,34 ℳ/t. Bei 17 bis 22 Schmelzen an einem Tage arbeitet man nur wirtschaftlich, wenn 16 Schmelzen im Elektroofen und die übrigen in Öfen mit Ölfeuerung vorgenommen werden. („Electrical World" 17. August 1929 S. 313*)

[N 3519 d] *Gw.*

### Zweistöckige Straßenbahnwagen in London

Größere Bequemlichkeit, niedrigeren Einstieg und höhere Sicherheit gegen Kippen bieten neue Doppeldeckwagen der Londoner Straßenbahn. Sie sind 12,5 m lang, 4,5 m hoch und enthalten 64 Sitzplätze; den Einstieg tiefer als bei den bisherigen Wagen zu legen, war möglich infolge Verringerung der Radhöhe von 0,8 m auf 0,6 m. Der Führerstand ist gegen den Fahrgastraum abgeschlossen, die vorderen Türen dienen zum Aussteigen, die hinteren zum Einsteigen, sie haben doppelte Breite und werden vom Führer geöffnet oder geschlossen. Die Wagenaufbauten bestehen ganz aus Metall. („Le Génie Civil" 24. August 1929 S. 185*) [N 3519 e] *Ro.*

### Straßenbahn-Gelenkwagen

Die Stadt Montreal hat zwei Straßenbahn-Gelenkwagen[1]) in Betrieb genommen. Hier ruhen zwei Wagenkasten auf drei Drehgestellen; auf das mittlere, dessen Plattform als eine Art Drehscheibe ausgebildet ist, stützen sich mittels Zapfen die inneren Enden der Wagenkasten. Nur die beiden äußeren Drehgestelle werden von Motoren angetrieben. Die Türen werden vom Führerstand aus mittels Druckluft betätigt. Ein Faltenbalg verbindet beide Wagenhälften, so daß ein Schaffner zur Bedienung genügt. Die Wagen haben 24,4 m Gesamtlänge, 26,3 t Leergewicht, zwei Motoren von je 42 PS, 90 Sitzplätze und 18 Stehplätze. („Le Génie Civil" 17. August 1929 S. 160*)

[N 3519 f] *Ro.*

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 20 S. 695.

### Französische Fischereifahrzeuge

Die Reederei La Morue Française hat vor kurzem vier große Motorschiffe für Fischereibetrieb in Auftrag gegeben. Sie haben bei 65 m Länge in der Wasserlinie, 10,5 m größter Breite, 5,9 m Seitenhöhe und 4,9 m Tiefgang 2235 t Verdrängung. Zum Antrieb dienen Siebenzylinder-Zweitakt-Dieselmotoren mit Druckeinspritzung von 660 PS bei 230 U/min. Die Hilfsmaschinenanlage besteht aus zwei Dieselmotoren von 110 PS und zwei Dynamos von 72 kW und 220 V.

Die Maschinenanlage ist hinten im Schiff, unmittelbar davor sind die Brennstoffbehälter mit 400 t Gesamtinhalt eingebaut. Mit dieser Brennstoffmenge können die Schiffe zwei Reisen von Frankreich nach Neufundland und zurück unternehmen, ohne nachzubunkern. Diese Möglichkeit ist ein Vorzug, da Fischdampfer mit Kohlenfeuerung nur 55 Tage auf See bleiben können, den Fischfang unterbrechen und in kanadischen Häfen teure Kohle beziehen müssen. („The Motorship" August 1929 S. 186*)

[N 3519 g] *Bl.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Viskosität der Flüssigkeiten.** Von *Emil Hatschek*. Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 225 S. mit 38 Abb. Preis 15 *RM*.

Die Schrift bringt in den ersten sieben Kapiteln die ndbegriffe, die Theorie der wichtigsten Verfahren zur stimmung der Viskositätszahl, die Konstruktion und Hand- ung des Viskosimeters, die Änderung der Viskosität mit Temperatur und dem Druck, sowie einiges über den Zu- mmenhang von Zähigkeit und chemischem Aufbau.

Der hier dargebotene, für die Technik wichtige Gegen- nd wird in leicht verständlicher Weise, wenn auch nicht nz erschöpfend, behandelt, so daß man sich ohne allzu- ße Mühe eine Übersicht über dieses Gebiet verschaffen n. Die Theorie der Flüssigkeitsströmung ist soweit ent- kelt, als sie bei der Erklärung der Meßinstrumente und ßverfahren gebraucht wird; die Fehler und Beobachtungen den Messungen sind eingehend berücksichtigt.

Hat man hier das Gefühl, daß man auf dem gesunden den der Tatsachen steht, so ändert sich dies gänzlich bei n Kapiteln 8 bis 12: viele Hypothesen, die aber vom Ver- ser gewissenhaft als solche gekennzeichnet und kritisiert rden. Die in diesem für die physikalische Chemie bedeu- gsvollen Gebiet geleisteten Arbeiten sind sorgfältig zu- mmengestellt und besprochen.

Das letzte Kapitel befaßt sich mit den technischen Vis- simetern und den dazugehörigen Umwandlungstafeln, die r nicht mit denjenigen der deutschen „Richtlinien" über- stimmen[1]).

Die Arbeit stellt eine wertvolle Bereicherung der ein- lägigen Literatur dar; Druck und Ausstattung sind ein- ndfrei. [E 3396] *Georg Duffing*

[1]) Auch mit der Tafel S. 50 des Forschungsheftes 288, „Zähigkeits- ssungen an Flüssigkeiten . . ." von *S. Erk*, Berlin 1927, VDI-Verlag, mt Tafel 29 von *Hatschek* S. 219 nicht überein.

**Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente.** Von *Otto Graf*. Berlin 1929, Julius Springer. 231 S. m. 166 Abb. Preis 15,50 *RM*.

Mit einem praktischen Blick hat der Verfasser das chlein nach den zwölf wichtigsten Werkstoffgruppen ein- eilt, die außer Stahl, Stahlguß und Gußeisen alle Arten n Metallen, auch die Steine, Beton, Eisen, Eisenbeton, Holz l Glas umfassen. Nach der klaren Vorentwicklung der oretischen Grundlagen werden jeweils die bekannten Ver- hsergebnisse (Zahlenmaterial!) vorgeführt, wobei die ge- ichtliche Entwicklung auch entsprechend gewürdigt wird. er auch die verwickelteren theoretischen Fragen werden h Möglichkeit erörtert, vor allem ein umfangreicher Li- aturnachweis geboten.

Es ist dem Verfasser Dank zu zollen, daß er die Ausfüh- gen nach seinem Hochschulvortrag nunmehr der Allge- inheit zugänglich gemacht hat, wodurch ein wichtiger Iarf bestens befriedigt wird. Es ist dem Buch die wei- te Verbreitung unter den Studierenden und Praktikern zu nschen. Druck und Ausstattung sind mustergültig. [E 3395] *Franz László*

**Festigkeit der Schraubenverbindung in Abhängigkeit von der Gewindetoleranz.** Bearb. von *Kurt Mütze*, Berlin 1929, Julius Springer. 108 S. m. 15 Abb. u. 3 Taf. Preis 9,50 *RM*.

Bei planmäßiger Veränderung der Toleranzen von je- ils nur einer Abmessungsgröße am Bolzen und Mutter- winde wird die statische Zugfestigkeit der Schraubenver- dung ermittelt. Aus den Ergebnissen wird gefolgert, ß, wenn der Bolzen ein Höchstmaß an Traglast ohne Be- ädigung der Mutter aufnehmen soll, der Kerndurchmesser den bestehenden Schraubenformen vergrößert werden uß, um eine volle Werkstoffausnutzung zu erzielen. Als Voraussetzung für die Festigkeitsermittlung wird die meß- nische Seite sehr eingehend gewürdigt, der mehr als die Hälfte der Seitenzahl des Buches zugestanden wird. Im Zusammenhang hiermit wird die Frage gelöst, wie sich die Abmessungen der Schneidwerkzeuge und der damit herge- stellten Gewinde zueinander verhalten. [E. 3367] *Kuntze*

**Science des Plans de Villes.** Von *A. Augustin Rey, Augustin Pidoux, Charles Barde*. Lausanne 1928, Payot & Cie. und Tunod, Paris. 493 S. m. 435 Abb. Preis 175 Fr.

Das sorgfältig ausgestattete Buch enthält meist gut ausgewählte, zum Teil farbige Abbildungen. Die Verfasser haben sich zur Aufgabe gesetzt, eine Lehre des Städtebaues in ihrer Anwendung auf die Anlage, die Erweiterung der Städte und Ortschaften und die Anforderungen, welche die öffentliche Gesunheitspflege, das Schönheitsgefühl und die Schaffung besonnter Wohnplätze stellen, zu geben. In dem Verzeichnis der benutzten Quellen sind u. a. *Agache, Le Corbusier, Durant-Clay, Hénard, Rey, Sitte, Stübben, Unwin, Hegemann* vertreten.

Nach einem Rückblick auf die Städte des Altertums und des Mittelalters wird auf die Gefahren der Zusammenballung der Stadtbevölkerung in der Gegenwart und deren Beseitigung durch die Anwendung der Lehren, welche die Wissenschaft des Städtebaues gibt, hingewiesen. Als die zu lösende Aufgabe bei der Anlage neuzeitlicher Städte und bei Erweiterung der Städte wird das klimatische Studium, die Verteilung der einzelnen Stadtgebiete, die Anlage der öffentlichen Wege und ihre Lage im Hinblick auf die Besonnung, die Anlage der Baublöcke, der Plätze, der Grünflächen, die Durchführung der Kanalisation jeder Art und die Anforderungen der öffentlichen Gesundheit, die Erhaltung der Schönheit der Landschaft, der Naturdenkmäler und von Einzelpunkten sowie die Pflege der Architektur bezeichnet, während für die Häuser die Wichtigkeit ihrer Lage und die Verteilung der einzelnen Räume betont wird.

Im ersten Teil werden die Aufgaben, die sich aus den wissenschaftlichen Untersuchungen über die Belichtung in Anbetracht der klimatischen, geographischen und meteorologischen Lage einer Ortschaft ergeben, besprochen. Im zweiten Teil werden die Anforderungen erörtert, welche an die Straßen und ihre Führung, an die Plätze, an die Baublockbildung, die Verteilung der einzelnen Stadtgebiete, an den Verkehr, an die Bebauung, an die unterirdischen Anlagen und endlich an die Schönheit einer Stadt gestellt werden müssen. Während der erste Abschnitt wissenschaftliche Grundsätze, die für die Gesundheit einer Stadt maßgebend sind, enthält, bringt somit der zweite Teil die Grundelemente der Stadtbauwissenschaft. Der dritte Teil beschäftigt sich mit der Aufstellung neuer Stadtbaupläne, wobei namentlich die Gartenstädte, die Stadterweiterungen und die Umgestaltung und Verbesserung der alten Städte im Hinblick auf die Anforderungen der Gegenwart an der Hand zweckmäßig ausgebildeter Beispiele besprochen werden.

Das Werk bietet manches Interessante und kann den an Städtebaufragen Beteiligten und sich weiter Fortbildenden sowie dem erfahrenen Fachmann zum vergleichenden Studium empfohlen werden. [E 3325] *Brix*

**Lehrbuch der Algebra.** Von *Robert Fricke*, verfaßt mit Benutzung von *Heinrich Webers* gleichnamigem Buche. Braunschweig, Friedr. Vieweg & Sohn. 1. Bd.: Allgemeine Theorie der algebraischen Gleichungen. 1924, 468 S. m. 4 Abb. Preis 14 *RM*. 2. Bd.: Ausführungen über Gleichungen niederen Grades. 1926, 418 S. m. 33 Abb. Preis 18 *RM*. 3. Bd.: Algebraische Zahlen. 1928, 506 S. m. 41 Abb. Preis 22,50 *RM*.

Das vorliegende Werk stellt eine Neubearbeitung des bekannten, gleichnamigen Lehrbuches von *Heinrich Weber* dar und bringt eine umfassende Darstellung der höheren Algebra, aufbauend auf der nach *Galois* benannten Gleichungstheorie, die nach zwei einleitenden Abschnitten über grundlegende Entwicklungen (Rationale Funktionen, Matrizen und Determinanten, Transformationen usw.) im ersten Bande ausführlich dargestellt wird. Bei dieser Theorie handelt es sich um eine Unterteilung der Gleichungen nach zahlentheoretischen Gesichtspunkten. Mit dem ersten Bande sind die algebraisch lösbaren Gleichungen erledigt.

Im zweiten Bande werden dann im Sinne *Felix Kleins* die Theorien der nicht mehr algebraisch lösbaren Gleichungen fünften, sechsten und siebenten Grades gebracht, bei denen transzendente Hilfsmittel zur Lösung heranzuziehen sind.

Im letzten Bande schließlich werden die Gleichungen mit numerischen, rationalen Koeffizienten behandelt; das bedingt ein Eingehen auf die Zahlentheorie, soweit diese algebraisch wichtig ist. Der Verfasser folgt dabei den Grundauffassungen von *R. Dedekind*. An neueren einschlägigen Arbeiten werden vor allem die von *Oxe, Funter* und *Hasse* (über algebraische Zahlenkörper) benutzt.

Wie man aus dieser kurzen Inhaltsangabe, die der Fülle des Gebotenen in keiner Weise gerecht wird, erkennt, handelt es sich beim vorliegenden um ein Werk, das in erster Hinsicht für die Kreise bestimmt ist, die die Mathematik zum Hauptberuf gewählt haben. Da die physikalisch-mathe-

matische Betrachtungsweise heute jedoch auch für die Technik immer mehr an Bedeutung gewinnt, so kann man dieses vorzügliche Werk auch weiteren Kreisen empfehlen, die zu seinem Studium ausreichend gerüstet sind.

[E 3031] *W. S.*

**A. S. S. T. Handbook 1929.** Cleveland, Ohio, 1928, American Society for Steel Treating. 669 S. m. Abb. Preis 7,50 $.

Das Handbuch soll nach der Absicht der Herausgeber umfassende und genaue Auskunft geben auf alle metallurgischen Fragen bei der Herstellung, Behandlung und dem Verbrauch von Metallen. In Amerika wird man diese kurze und doch umfassende Zusammenstellung dessen, was der Stahl- und Metallfachmann wissen muß und doch nicht immer im Gedächtnis haben kann, sehr begrüßen. Der deutsche Wissenschaftler wird sich aber an manchen Stellen etwas enttäuscht sehen, z. B. wenn er die recht ungenauen oder schematischen Schmelzdiagramme (s. Eisen-Kohlenstoff) oder die von den deutschen vielfach abweichenden Segerkegel-Schmelzpunkte betrachtet, die deutsche Drahtlehre vermißt oder die mangelhafte Heranziehung deutscher Arbeiten, insbesondere bei Eisen und Stahl, bemerkt.

Auch wäre es im Rahmen dieses Handbuches wohl durchaus möglich gewesen, etwas näher auf die neuesten Forschungen in der Werkstoffprüfung einzugehen, wie etwa die Fragen der Kerbschlagprobe, Kriechgrenze, Streckgrenze, Dauerstandfestigkeit, Alterung, technologische Prüfung, besonders von Draht und Blech, Bestimmung von Sauerstoff und Schlacke. Wenn diese Fragen auch durchaus noch nicht geklärt sind, würde der Praktiker einen kurzen kritischen Überblick doch wohl begrüßen.

Bei der jährlich beabsichtigten Neuherausgabe des Handbuches — Mitglieder der A. S. S. T. erhalten die neue Ausgabe unentgeltlich, bei Rückgabe der alten — können diese Schönheitsfehler der vorliegenden ersten Ausgabe in Buchform, ebenso wie einige andre buchtechnischer Art, unsauberer Druck von Diagrammen, unbequem lesbare Köpfe von Zahlentafeln (S. 20, 21, 54, 55, 56), leicht beseitigt werden. Vorläufig wird der deutsche Praktiker in diesem Handbuch nicht allzuviel finden, was er in unsern Werkstoff-Handbüchern[1]) etwa vermissen sollte.

[E 3366] Dr. *F. Meissner*

[1]) Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen. Mit dem Werkstoffausschuß des Vereins deutscher Eisenhüttenleute bearbeitet von Dr.-Ing. *K. Daeves*, Düsseldorf 1927, Verlag Stahleisen. Werkstoffhandbuch Nichteisenmetalle. Schriftleitung *G. Masing, W. Wunder, H. Groeck*, Berlin 1927, Beuth-Verlag.

**Grundlagen der modernen Metallwirtschaft.** Von *Alfred Marcus*. Berlin 1928, Allgemeiner Industrie-Verlag. 267 S. m. 13 Abb. Preis 15 *RM*.

Das metallwirtschaftliche Schrifttum ist erst in den Anfängen begriffen, wenn auch die internationale Metallwirtschaft über eine umfangreiche und zum Teil sehr gute Fachpresse verfügt. Das Buch ist eine unter welt- und volkswirtschaftlichem Gesichtspunkt bemerkenswerte Darstellung der wirtschaftlichen Grundlagen neuzeitlicher Metallwirtschaft. Der Verfasser gibt zunächst im allgemeinen Teil eine Erklärung des Begriffes Metallwirtschaft und behandelt dann die Welterzeugung, Erzeuger und Verbraucher, die Rolle des Handels in der Metallwirtsch und Standortfragen. In einem besonderen Teil bespric er die einzelnen Metalle und gibt zum Schluß den Aufb einiger großer Metallkonzerne in einigen Einzelheit Die Wiedergabe der Handelsbedingungen erhöht den pra tischen Wert des Buches. Der Ingenieur, der sich mit voll wirtschaftlichen Fragen befassen muß, wird durch d Studium des Buches viel Gewinn haben.

[E 3364] *Wf.*

Gewerbe- und Industrie-Kommentar, 5. Bd. 1. Lfg.: **Pate gesetz und Gebrauchsmusterschutzgesetz.** Von *Edua Pietzcker*. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruy & Co. 427 S. Preis 28 *RM*.

In dem Buche ist die Rechtsprechung des Reichsgerich aus den letzten 25 Jahren berücksichtigt, auch soweit nic veröffentlicht. Die Erläuterungen sind überaus umfangrei Der Verfasser legt seine Meinung mit schätzenswert manchmal erstaunlicher Offenheit dar. Als Grundlage d Patentschutzes sieht er die Gewerbepolitik, kein Urheb recht an. Besonders deutlich und vollständig sind die Au lassungen über die Auslegung von Patenten. Der Komme tar ist für den Fachmann unentbehrlich.

[E 3380] *Neubauer*

Die Wissenschaft, 81. Bd.: **Die neuere Entwicklung der Hoc frequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen.** V *Erich Habann*. Braunschweig 1929, Friedr. View & Sohn. 167 S. m. 143 Abb. Preis 19,50 *RM*.

**Ingenieurgeologie.** Von *K. A. Redlich, K. von Terzaghi* u *R. Kampe*. Wien und Berlin 1929, Julius Springer. 708 m. 417 Abb. Preis 57 *RM*.

Berichte der Versuchsgrubengesellschaft, 1. H.: **Die Ve suchsgrube.** Von Dr. *Beyling* und Bergass. *Schultze-Rho hof*. Gelsenkirchen 1929, Carl Bertenburg. 45 S. 14 Abb. u. 6 Plänen. Preis 1,50 *RM*.

**2. technische Tagung des rheinisch-westfälischen Stei kohlenbergbaus.** Essen, 24. und 25. Januar 1929. Vere für die bergbaulichen Interessen. 131 S. m. Abb.

Reichskohlenrat: **Statistische Übersicht über die Kohlenwi schaft im Jahre 1928.** Berlin 1929. 101 S. m. 7 Anlage Preis 3,50 *RM*.

**Der Eisenbetonbau.** Von *C. Kersten*. 2. T.: Anwendung im Hoch- und Tiefbau. 12. Aufl. Berlin 1929, Wilhel Ernst & Sohn. 202 S. m. 609 Abb. Preis 7 *RM*.

**Der Stahlhausbau.** Von *Hans Spiegel*. 1. T.: Wohnbauten a Stahl. Leipzig-Gohlis 1928, Alwin Fröhlich. 171 S. Abb. Preis 14 *RM*.

**Handbuch für die deutsche Binnenschiffahrt, 1929/193** Herausgeg. von *Erich Schreiber*. Hamburg 1929, Meißn & Christiansen. 366 S. Preis 8 *RM*.

**Aerial Navigation and Meteorology.** By *Lewis A. Yanc* 2. Aufl. New York 1929, The Norman W. Henley P blishing Co. 316 S. m. 102 Abb. Preis 4 $.

**Luftfahrerdeutsch.** Bearb. von *Johannes Poeschel*. 7. Au Berlin 1929, Verlag des Deutschen Sprachvereins. 62 Preis 2,10 *RM*.

**Kraftfahrzeugunfälle und Kraftfahrzeugrecht.** Von *Ku Volkmann*. Berlin 1929, Richard Carl Schmidt & C 228 S. m. 32 Abb. Preis 9 *RM*.

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T :*


| | Seite |
|---|---|
| Kohlenauswahl und Kokseigenschaften. Von *O. Huppert* | 1293 |
| Braunkohlentrocknung nach dem Verfahren von *Fleissner* | 1299 |
| Gewinnung und Verwertung der Gärungskohlensäure. Von *F. Windisch* | 1300 |
| Die Weltfahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“ | 1302 |
| Kraftgasverwendung im Luftschiff „Graf Zeppelin“. Von *F. Sturm* | 1303 |
| Über Fundamentschwingungen. Theoretische Betrachtungen und Versuche. Von *H. Kayser* | 1305 |
| Piezoelektrische Messungen von Druck- und Beschleunigungskräften. Von *J. Kluge* und *H. E. Linckh* | 1311 |
| Eigenschaften und Verwertung von Holzstaub und Holzmehl. Von *R. Meldau* | 1315 |
| Gas und Wasser 1929 | 1317 |
| Kinetik pseudoharmonischer Reibungsschwingungen | 1318 |
| Motorsägen in der Forstwirtschaft. Von *Gläser* | 1319 |
| Feuerlöschen mittels Schaum und Kohlensäureschnee. Von *A. Karsten* | 1322 |
| Elektrischer Antrieb von Karusselldrehbänken | 13 |
| Rundschau: Kohlenförderanlagen für ein amerikanisches Gaswerk — Schleifen von Schraubengewinden — Russische Brückenuntersuchungen — Mallet-Lokomotiven mit einfacher Dampfdehnung in den Vereinigten Staaten — Eisenschwamm nach dem Smith-Verfahren — Grenzreibung bei gleichförmiger Geschwindigkeit — Kleine Mitteilungen | 13 |
| Bücherschau: Die Viskosität der Flüssigkeiten. Von *E. Hatschek* — Die Dauerfestigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente. Von *O. Graf* — Die Festigkeit der Schraubenverbindung in Abhängigkeit von der Gewindetoleranz. Von *K. Mütze* — La Science des Plans de Villes. Von *A. A. Rey, J. Pidoux, C. Barde* — Lehrbuch der Algebra. Von *R. Fricke* — A. S. S. T. Handbook 1929 — Grundlagen der modernen Metallwirtschaft. Von *A. Marcus* — Patentgesetz und Gebrauchsmusterschutzgesetz. Von *E. Pietzcker* — Eingänge | 13 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
l. 73 SONNABEND, 21. SEPTEMBER 1929 Nr. 38

# Halbkontinuierliches Walzwerk für Bandeisen

*Von ERNST IMMERSCHITT, Mülheim-Ruhr*

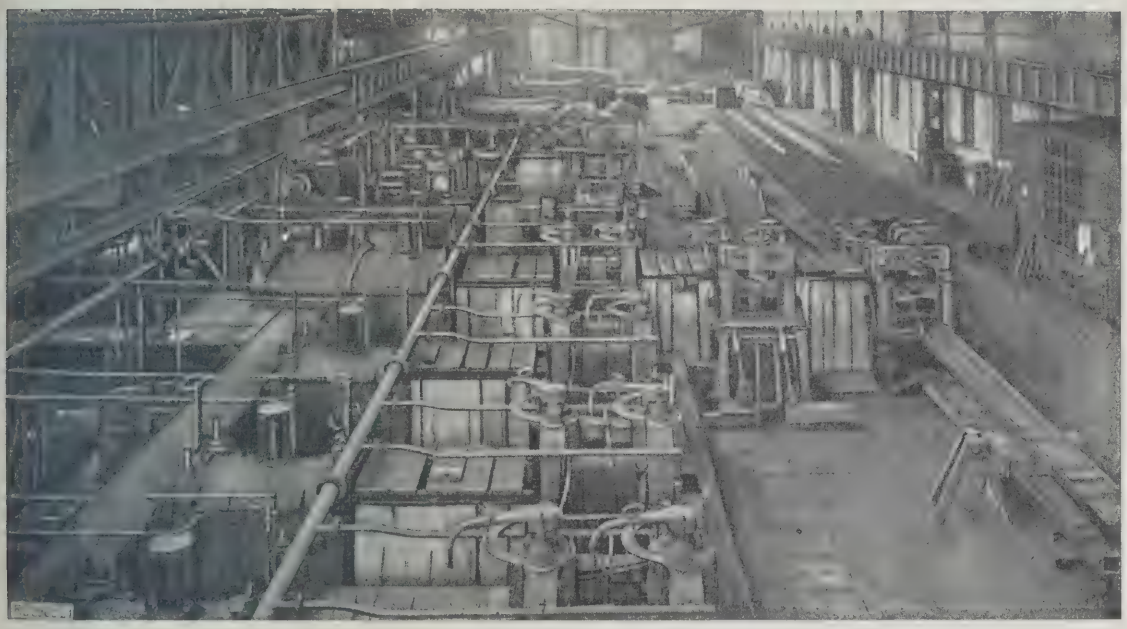


Abb. 1. Gesamtansicht der Anlage.

*Die Erzeugung von Bandeisen hat in den letzten Jahren eine rasche Steigerung erfahren. Es ist dies in erster Linie auf die großen Vorteile zurückzuführen, die die endlosen Bandstreifen bei der Herstellung von Stanzartikeln aller Art für die Kleineisen-Industrie gegenüber den bisher meist verarbeiteten Blechen bieten. Es genügt, den Anfang des Bandes in die selbsttätige Stanze, Schere und dergl. einzuführen, worauf es stetig verarbeitet wird. Ein Arbeiter kann demnach mehrere Maschinen bedienen, so daß die Erzeugungskosten ganz erheblich herabgesetzt werden. Die gleichen Vorteile bietet das Band, wenn es vor der Verarbeitung einer Vergütung oder einem Überzugverfahren unterworfen werden muß. Dazu kommt noch, daß der Werkstoffabfall bei der Verarbeitung von Bändern wesentlich geringer ausfällt als bei Blechen. Der wachsende Bedarf an Bandeisen von hoher Maßhaltigkeit bei großer Reinheit der Oberflächen, wobei noch durch das meist umfangreiche Walzprogramm große Anpassungsfähigkeit der Anlage und wirtschaftliche Erzeugung zu berücksichtigen ist, stellt an Bandeisenstraßen hohe Anforderungen, denen bei Neuanlagen nur durch Ausnutzung aller Betriebserfahrungen und weitgehende Mechanisierung genügt werden konnte. Die neue Bandeisenstraße für Bandeisen von 100 bis 450 mm Breite entsprach bei der Inbetriebnahme und im Dauerbetrieb allen Erwartungen.*

i der Planung der im letzten Jahre im Bandeisenwalzwerke der Vereinigten Stahlwerke Aktiengesellschaft, eilung August Thyssen-Hütte in Dinslaken in Betrieb ommenen neuen Bandeisenstraße war die Aufgabe ge-t, eine halbkontinuierliche Bandeisenstraße für 100 bis mm Breite bei 1,25 bis 3 mm Dicke, bis 300 kg Ringicht und 120 t durchschnittlicher Schichtleistung zu ffen.

Die Bandeisenstraße besteht aus einer kontinuierlichen straße mit acht Duogerüsten und einer offenen Fertigße mit zwei Doppelduogerüsten. Bei der Anordnung Einzelteile des Walzwerks war darauf Rücksicht zu nen, daß man das Walzwerk in einer Halle aufstellen tte, in der eine bereits vorhandene Straße bis zur Inbeisetzung der neuen möglichst ohne Betriebsunterbrechung weiterlaufen mußte. Die alte Straße wurde erst zwei Monate vor Inbetriebnahme der neuen Straße stillgelegt.

Durch Berücksichtigung aller neuesten Erfahrungen war es möglich, die halbkontinuierliche Straße weitestgehend zu mechanisieren und menschliche Arbeitskräfte nach Möglichkeit zu sparen. Die Leistungen der Straße entsprechen den gestellten Anforderungen in vollem Maße. Beim Auswalzen sind an der eigentlichen Walzstraße außer dem Meister nur vier Mann tätig. Die Gesamtdurchlaufzeit betrug z. B. beim Auswalzen einer Bramme von $280 \times 75 \times 1000$ mm zu Bandeisen von $280 \times 2{,}75$ mm nur 48,5 s. Durch diese kurze Walzdauer bleibt eine starke Abkühlung und Sinterung des Walzguts vermieden, und es sind bei niedrigem Arbeitsverbrauch dünne Bänder mit sauberer Oberfläche ohne weiteres erreichbar. Obwohl die Straße nur für

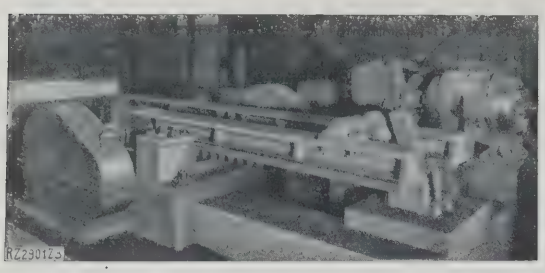


Abb. 3. 70 t-Blockdrücker.

Zu Abb. 2:

| | | |
|---|---|---|
| *a* Brammenlager | *i* Rutsche mit Kettenschlepper und Zubringerrinne | *r* Fertiglager |
| *b* Blockdrücker | *k* Hochlaufrinne | *s* Antriebmotor |
| *c* Stoßofen | *l* Auflaufrinne (Streckbahn) | $s_1$ Hauptwelle |
| *d* Ausstoßvorrichtung | $l_1$ Treibgeräte | $s_2$ Hauptkupplung |
| *e* Führungstisch | *m* Warmbett | $s_3$ Hauptkegelradgetriebe |
| *f* Kantrollgang | *n* Schere | $s_4$, $s_5$ Seitenwellen |
| *g* Treibgerüste | *o* Auflaufführung | $s_6$, $s_7$ Antriebwellen |
| *h* Rutsche | *p* Rollenhaspel | $t_1$ bis $t_8$ Kammwalzgerüste |
| $h_1$ Abschiebevorrichtung | *q* Schere | $u$, $v$ Elektromotoren |
| $h_2$ Zubringerrinne | | |
| $h_3$ Treibgerät | | |

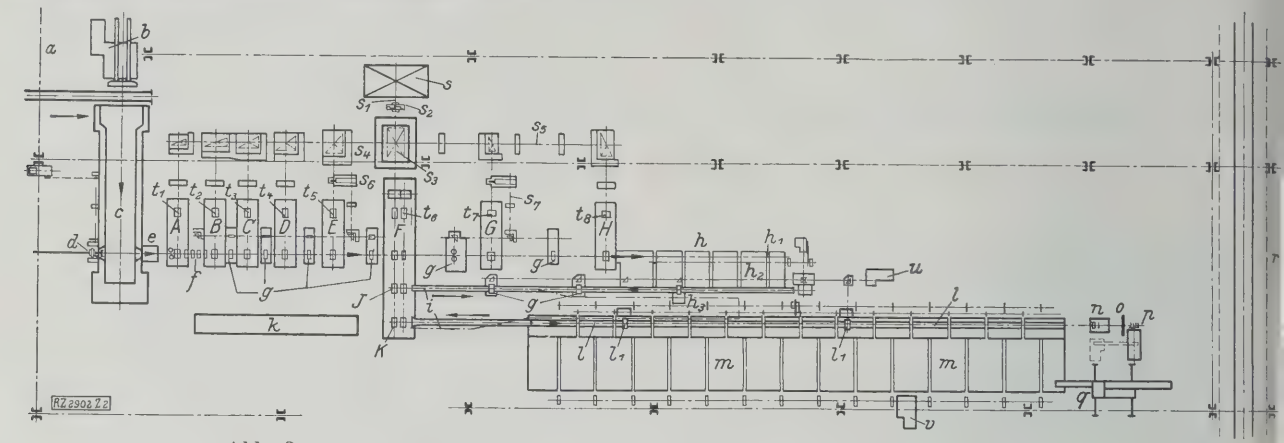


Abb. 2
Halbkontinuierliches Walzwerk (Schema) für Bandeisen von 100 bis 450 mm Breite der Vereinigten Stahlwerke A.-G., Abteilung August Thyssen-Hütte, Dinslaken, erbaut von der Demag, A.-G., Duisburg.

| | | |
|---|---|---|
| *A* bis *H* Vorstraße | | |
| *A* Stauchgerüst . . . . . | 625 mm | Walzen-Dmr. |
| *B* bis *F*, *H* Duogerüste für Flachstiche . . . . . | 500 „ | „ |
| *G* Stauchgerüst . . . . . | 625 „ | „ |
| *J* und *K* Fertigstraße | | |
| *J*, *K* Doppelduogerüste . | 500 „ | „ |

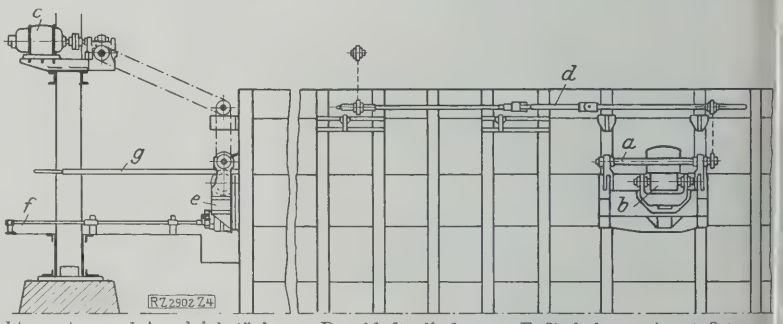


Abb. 4 und 5. Ausstoßvorrichtung.
*a* Rolle, seitengelagert *b* Rolle, verschiebbar *c* Elektromotor *d* Ausgleichstück *e* Druckluftzylinder *f* Fußhebel *g* Ausstoßstange

eine durchschnittliche Schichtleistung von 120 t gebaut ist, wurden beim Auswalzen von 200 mm breiten und 3 mm dicken Bändern Spitzenleistungen von 130 t je Schicht erreicht. Es hat sich ferner gezeigt, daß die Straße noch wesentlich mehr leisten kann, wenn zur Anwärmung der zu walzenden Brammen noch ein zweiter Stoßofen aufgestellt wird[1]).

Die neue Bandeisenstraße verwalzt 70 mm dicke und 1000 bis 1200 mm lange Brammen mit verschiedenen, von der Bandeisenbreite abhängigen Breiten, Abb. 1. Der Gang des Walzgutes ist in dem Gesamtgrundriß der Anlage, Abb. 2, durch Pfeile angedeutet. Alle Antriebe sind elektrisch, nur die Antriebe für die Schlepprollen, Schrappschlitten usw. werden mittels Druckluft betätigt.

Die Brammen werden aus dem Lager *a*, Abb. 2, durch Krane zum Blockdrücker *b* gebracht, der die hochkant gestellten Brammen in Doppelreihen in den Stoßofen *c* mit Halbgasfeuerung für etwa 15 t/h Leistung bringt. Die Druckkraft des Blockdrückers, Abb. 3, beträgt 70 t, sein Hub 2,2 m. Der Blockdrücker wird durch einen 75 PS-Umkehr-Drehstrommotor, 585 U/min, angetrieben, der durch Schneckenvorgelege und doppeltes Vorgelege auf die beiden Ritzel wirkt, die in die Zahnstangen des Drückers eingreifen und ihm eine Vorschubgeschwindigkeit von 60 mm/s erteilen. Das Überfahren der Endstellungen des Drückers verhindern Endschalter, die den Motor vom Netz trennen und zur raschen Stillsetzung eine Backenbremse einschalten. Die Zahnstangen sind so angeordnet, daß die Zähne mit der Ofenflamme nicht in Berührung kommen. Wegen der beschränkten Raumverhältnisse konnte der Hub des Blockdrückers nicht so groß gewählt werden, daß ein vollständiges Entleeren des Ofens möglich ist; de Ofen wird erforderlichenfalls durch Einstoßen von Abfal eisen, Trägerenden usw. von entsprechender Länge leer gedrückt.

In etwa 4 h gelangen die Brammen von der Einsatz seite zur andern Ofenseite, wo sie durch eine Ausstoßvor richtung *d*, Abb. 2, über einen Führungstisch *e* hochkan zwischen die senkrechten Treibrollen des Stauch gerüstes *A* der kontinuierlichen Vorstraße gedrück werden. Die Ausstoßvorrichtung, Abb. 4 und 5, besteh aus zwei übereinanderliegenden Rollen *a* und *b*, vo denen die obere *a* festliegt und durch einen Dreh strommotor *c* über Schnecken- und Kettenvorgeleg angetrieben wird. Der Rahmen der Ausstoßrollen sowi die Lagerböcke der Zwischenwelle sind an den Mauer werkträgern des Ofens befestigt. Um die Einflüss durch ungleiche Ausdehnung der Ofenwand unschädlich z machen, sind für sämtliche Lagerstellen in der Achsrich tung nachgiebige Kugellager gewählt, auch ist in die An triebwelle ein Ausgleichstück *d* geschaltet, das mit de Anschlußwellen durch Kugelgelenke verbunden ist. Di untere Rolle *b* ruht auf dem Kolben eines Druckluf zylinders *e* und wird nach Betätigung eines Fußhebels der ein Einlaßventil für die Druckluft steuert, gege die obere Rolle gedrückt. Zwischen beiden Rollen lieg die mit einer Gabel versehene Ausstoßstange *g*, mit de die Bramme erfaßt wird. Bei einem Druck auf de Fußhebel nach unten wird die Stange gegen die stä dig umlaufende obere Rolle *a* gepreßt, durch Reibun mitgenommen und die Bramme aus dem Ofen auf de Führungstisch *e*, Abb. 2, gestoßen.

Die Antriebwelle des Stauchgerüstes *A*, Abb. 2 und arbeitet mittels Ortmann-Kupplung auf das Kammwal

[1]) *F. Winterhoff*, Bandeisenwalzwerke der Firma Thyssen in Mülheim-Ruhr und Dinslaken, Stahl und Eisen, Bd. 48 (1928) S. 897.

üst $t_1$. Das Gerüst hat Kaliberwalzen, die zur Kraftrtragung durch Spindeln und Muffen mit den Kammzen verbunden sind. Die Walzenständer haben offene uart (Kappenständer), wobei die Walzen nach Abmen oder Ausschwenken der Deckel herausgehoben wer können. Die Rahmen der senkrechten Treibrollenre sind an den Vorderseiten der Walzenständer an onderen Angüssen aufgehängt. Beide Rollen werden der oberen Kammwalze aus durch Zahnrad- und ttengetriebe angetrieben.

Die Stauchwalzen des Gerüstes $A$, das die Brammenite erforderlichenfalls um 50 mm herabmindern kann, d mit sieben tiefgeschnittenen Kalibern versehen, so daß ch Stauchung von Zwischenbreiten auch für einen umgreichen Walzplan die Brammen auf wenige Abmessunn beschränkt bleiben und verhältnismäßig wenig Bramn auf Lager gehalten werden müssen. Durch den Stauchh wird der Zunder gründlich von den Brammen abge und hierauf abgeblasen, besondere Entzunderungsvorhtungen sind nicht erforderlich. Zur schnellen Einstelg der Oberwalzen auf eine beliebige Brammenbreite, rauf mit Rücksicht auf den umfangreichen Walzbereich ıer Wert gelegt werden muß, ist gleichzeitige und damit ichmäßige Anstellung der beiden Einbaustücke durch Handrad vorgesehen, das über Kegelradgetriebe die ıckschrauben beider Walzenständer bewegt. Brechkapseln zwischen den oberen Einbaustücken und den Druckschrauben sichern den Walzenständer und die Walzen gegen zu hohe Beanspruchungen. Stauchgerüst und Kammwalzgerüst ruhen mit großen Tragflächen auf einer gemeinsamen, kräftigen Sohlplatte.

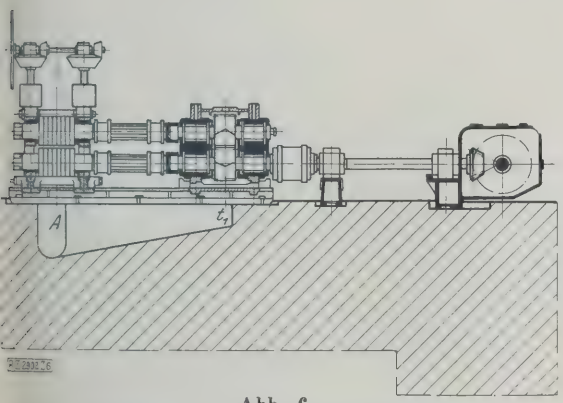



**Abb. 6**
Stauchgerüst $A$ mit Kammwalzgerüst $t_1$.

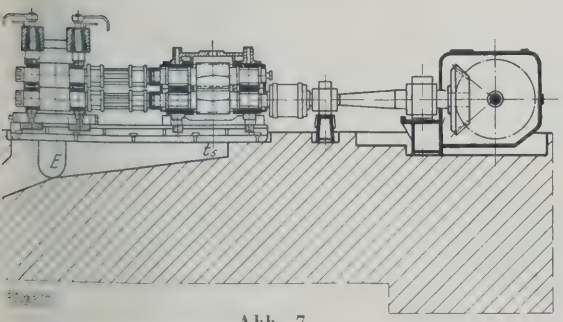



**Abb. 7**
Flachstichgerüst $E$ mit Kammwalzgerüst $t_5$.

Die Gerüste $B$ bis $F$ der Vorstraße haben steigende Umlaufzahlen und damit zunehmende Walzgeschwindigkeiten, damit der Wert: Querschnitt des Walzguts mal Walzgeschwindigkeit annähernd gleichbleibt und ein Ausgleich für die bei der Walzung zunehmende Länge des Guts gegeben ist. Aus dem Stauchgerüst $A$, Abb. 2, gelangt das Gut über einen in der Höhenlage einstellbaren Kantrollgang $f$, in dem die Bramme durch entsprechende Gestaltung der Rollen um 90 ° gekantet und somit flach gelegt wird, hintereinander durch fünf Duogerüste $B$ bis $F$, Abb. 7 und 8, für Flachstiche. Um dem Bande genau die verlangte Breite und scharfkantige, gut geglättete Ecken zu geben, wird das Band im Gerüst $G$, einem Stauchgerüst mit Kaliberwalzen, seitlich gewalzt. Es erhält hierdurch den Fertigstauchstich, durch den die ganze Breite des Bandes festgelegt wird. Auch dieser Stauchstich ist mit einer gründlichen Entzunderung verbunden, wobei der Zunder schuppenartig abfällt. Hierauf läuft das Band dem Gerüst $H$, dem letzten Gerüst der Vorstraße, zu, das wieder glatte Walzen hat und das Band weiterhin flachdrückt. Die Entfernung der Gerüste ist so gewählt, daß das Band frei austreten kann. Zwischen den Gerüsten $B$ bis $H$ sind Treibgerüste $g$, Abb. 2, mit waagerechten Rollen angeordnet, die das aus einem Walzgerüst austretende Gut dem nächsten zuführen.

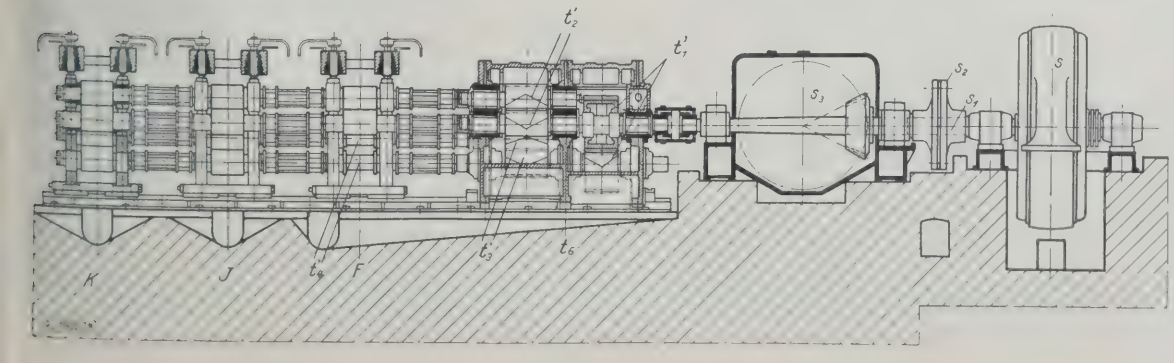
Die Gerüste für Flachstiche haben geschlossene Ständer, bei denen die Walzen durch die seitlichen Öffnungen (Fenster) im Rahmen ausgebaut werden. Die Oberwalze jedes Walzenständers wird durch abnehmbare Stellschlüssel, die auf die Vierkante der Anstellschrauben aufgesteckt werden, getrennt nachgestellt, um besonders auch bei den großen Bandbreiten eine gleichmäßige Banddicke regeln zu können.

Das waagerechte Treibgerüst $g$, Abb. 2, besteht aus zwei Ständern, die auf den Sohlplatten aufgebaut und untereinander durch die Träger der Verbindungsrinnen zu den einzelnen Walzgerüsten sowie durch Zwischenstücke verbunden sind. Die Treibrollen sind an beiden Seiten mit Bunden versehen, deren Höhe von der Dicke des durchlaufenden Bandstreifens abhängig ist. Die Unterrolle ist im Gerüst festgelagert und wird angetrieben, die Oberrolle preßt durch ihre federbelasteten Einbaustücke das Walzgut auf die Unterrolle und gewährleistet so sicheres Treiben des Gutes.

Zur Förderung des aus dem Gerüst $H$, Abb. 2, und damit aus der Vorstraße auslaufenden Walzgutes in die Fertigstraße, die aus den beiden Doppelduogerüsten $J$ und $K$, Abb. 2 und 8, besteht, ist hinter der Vorstraße, dem achten Gerüst, eine Rutsche $h$, Abb. 2, mit Abschiebevorrichtung $h_1$ und Zubringerrinne $h_2$ eingebaut. In der Zubringerrinne ist ein Treibgerät (Treibrolle) $h_3$ mit

**Abb. 8**
Doppelduogerüste $J$ und $K$, Flachstichgerüst $F$, Dreiständer-Kammwalzgerüst $t_6$ und Hauptantriebmotor $s$.

$s_1$ Hauptwelle $s_2$ Hauptkupplung $s_3$ Hauptkegelradgetriebe
$t_1'$ bis $t_3'$ Kammwalzpaare $t_4'$ Blindwalzen



ausschwenkbarer Oberrolle eingebaut. Nachdem bei abgehobener Oberrolle das Gut in die Rinne gelangt ist, wird die Oberrolle durch Druckluft an das Gut und dieses hierdurch auf die darunter liegende, ständig umlaufende Treibrolle gedrückt; die Reibung zwischen dem Gut und dieser Rolle wird erhöht, so daß es sicher mitgenommen und mittels zweier weiterer waagerechter Treibgerüste $g$, die fast die gleiche Bauart wie die Treibgerüste zwischen den Flachstichgerüsten der Vorstraße haben, dem unteren Walzenpaar des Doppelduogerüstes $J$ zugebracht wird.

Hinter dem Gerüst wird das Gut selbsttätig zwischen die oberen, zweiten Walzen geführt. Vor dem Umstechen durchläuft das Gut eine Entzunder- und Abblasevorrichtung, die jedoch nur dann benutzt wird, wenn an Aussehen und Güte des fertigen Bandes besondere Ansprüche gestellt werden. Das Band wird mittels einer Schrappvorrichtung entzundert, die aus zwei feststehenden Messern besteht, über die das Gut läuft und die in einem gewissen Abstand voneinander angebracht sind. Ein drittes Messer, das in der Mitte über den beiden Untermessern in einem durch Druckluft betätigten Schlitten sitzt, knickt bei Betätigung das Gut etwas ein, so daß das Gut beim Durchgang entzundert und abgekratzt wird. Da das Gut von den Abkratzwalzen durch die Schrappvorrichtung gezogen wird, kann es mittels der Obermesser erst dann durchgeknickt werden, nachdem es von den Walzen sicher erfaßt und mitgenommen wurde, so daß der Anfang des Gutes ungeschrappt bleibt.

Nach Verlassen des oberen Walzenpaares des ersten Doppelduogerüstes, des Vorpoliergerüstes $J$, läuft das Band auf eine Rutsche $i$, die mit Kettenschlepper sowie Zulaufrinne mit eingebautem Treibgerät ausgerüstet ist und seine Walzrichtung umgekehrt. Das Treibgerät bringt also das durch die Rutsche mit Kettenschlepper seitlich geförderte Gut mit dem geschrappten Ende zuerst zwischen die unteren Walzen des Fertigpoliergerüstes $K$, so daß jetzt das vorher unbearbeitete Ende des Bandes durch eine zweite Schrappvorrichtung vor diesen Walzen entzundert werden kann. Aus den unteren Walzen läuft das Gut auf eine Hochlaufrinne $k$ mit einer einfachen Wippe, die es den beiden oberen Fertigpolierwalzen zum letzten Stich zuleiten, vor dem es genau wie vor dem Vorpolierstich geschrappt, abgeblasen und mit Wasser abgespült werden kann, wenn eine glatte, blaue Oberfläche verlangt wird.

Der Antriebmotor $s$, Abb. 2 und 8, der Walzenstraße ist mit der Hauptwelle $s_1$ durch eine Hauptkupplung $s_2$ mit nachgiebigen Bolzen verbunden. Das zwischen zwei kräftigen Lagern sitzende Hauptkegelradgetriebe $s_3$ treibt die Seitenwellen $s_4$ und $s_5$ an. Der Hauptantriebmotor, ein AEG-Drehstrommotor von 2500 PS Dauerleistung und 5000 PS stoßweiser Höchstleistung bei 150 U/min, ist für 5000 V und 50 Hertz bemessen und wird über einen Transformator aus einem Drehstromnetz von 10 000 V gespeist. Da die Netzspannung später auf 25 000 V erhöht wird, ist die Wicklung des Transformators zum Umschalten auf die höhere Spannung eingerichtet. Die Schalter und Geräte für den Motor sind auf der Oberspannungsseite des Transformators eingebaut.

Zur Verbesserung der Leistungszahl ist der Motor mit einer fremderregten Drehstrom-Erregermaschine ausgerüstet, die über ein Zahnradgetriebe vom Walzmotor mit 750 U/min angetrieben wird. Mit Rücksicht auf die Platzverhältnisse wurde die Baulänge dadurch verkürzt, daß die Erregermaschine neben dem Motorlager angeordnet wurde. Der dadurch bedingte große Achsenabstand der beiden Maschinen erforderte die Anordnung eines Zwischenrades in dem Zahnradgetriebe. Die Drehstrom-Erregermaschine wird über einen besonderen Transformator von der 5000 V-Seite aus erregt.

Über den Verlauf der Werte für die Leistungszahl des Motors ohne und mit Erregermaschine gibt das Diagramm, Abb. 9, Aufschluß. Die Leistungszahl wird bei Vollast von cos $\varphi = 0{,}82$ nacheilend ohne Erregermaschine auf cos $\varphi = 1$ mit Erregermaschine verbessert, und ferner wird mit abnehmender Belastung zunehmende

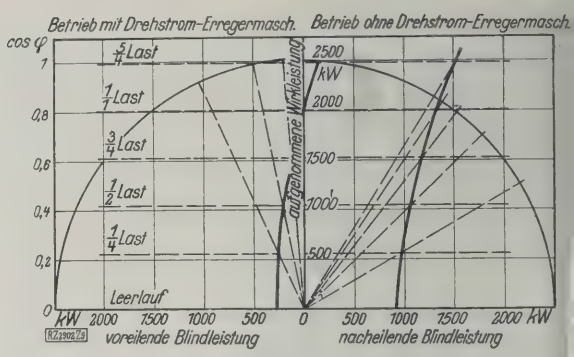



**Abb. 9**
Werte für die Leistungszahl des Motors ohne und mit Erregermaschine.

voreilende Blindleistung an das Netz geliefert, die Leerlauf bis auf etwa 275 kW Blindleistung steigt. Walzmotor wird mittels eines Flüssigkeits-Regelanlass mit beweglichen Elektroden angelassen.

Das Kammwalzgerüst $t_6$, Abb. 2, ist so gestaltet, daß beiden Walzen des Flachstichgerüstes $F$ und die unte und oberen Walzenpaare der beiden Doppelduogerüst und $K$ angetrieben werden, Abb. 8. Es ist als D ständerkammwalzgerüst mit zwei vollkommen gesch senen Trögen ausgebildet und arbeitet mit sechs Ka walzen. Zwischen den ersten beiden Ständern, in ersten Kammer, sind zwei besonders kräftige Kammwa $t'_1$ schräg gelagert, von denen die obere durch Ortmann-Kupplung unmittelbar mit der Hauptwelle Abb. 2, gekuppelt ist. Diese Kammwalzen arbeiten zwei Kammwalzenpaaren $t'_2$ und $t'_3$, Abb. 8, die schen dem zweiten und dritten Kammwalzenstä gelagert sind und von denen das obere die Fl stichwalzen des Gerüsts $F$ sowie die beiden oberen W zenpaare der Doppelduogerüste $J$ und $K$ antreibt, v rend das untere nur mit den beiden unteren Walzenpa der Doppelduogerüste arbeitet. Die Kammwalzen den Arbeitswalzen und die Arbeitswalzen untereina werden mittels Spindeln und Muffen verbunden; au dem sind im Gerüst $F$ für die unteren Doppelduowal paare kurze Übertragungswellen (Blindwalzen) $t'_4$ lagert. Jede Kammwalze ist jeweils nur mit einer dern im Eingriff, so daß eine Überlastung der Zä die wegen der meist hohen Zahngeschwindigkeit mit trächtlichem Verschleiß und hoher Wärmeentwick verbunden ist, vermieden bleibt. Zur Abführung Wärme dienen neben der Druckölschmierung, die da ebenso wie bei sämtlichen Kammwalzgerüsten in r lichen Mengen und feinen Strahlen zwischen die griffstellen spritzt, zweckmäßig angeordnete Entlüftu stutzen, so daß besondere Kühlvorrichtungen nicht e derlich sind.

Die Oberwalzen der Doppelduogerüste werden die der Flachstichgerüste mit der Hand mittels abn barer Schlüssel angestellt. Walz- und Kammgerüste auf einer durchgehenden, mehrteiligen und mit schraubungen und Schrumpfbändern vereinigten schw Sohlplatte aufgebaut.

Die Seitenwellen $s_4$ und $s_5$, Abb. 2, vermitteln d entsprechende Kegelradgetriebe den Antrieb der Ge $A$ bis $E$ und $G$ und $H$. Von der Antriebwelle des rüstes $E$ ist durch Stirnradvorgelege, Welle $s_6$ Kegelrad- und Schraubenradgetriebe der Antrieb Kantrollganges $f$ und der vier ersten Treibgerüst zwischen den Flachstichgerüsten $B$ bis $F$ abgeleitet. gleicher Weise werden die beiden Treibgerüs zwischen den Gerüsten $F$ bis $H$ durch die Welle Stauchgerüstes $G$ und die von dieser angetriebene We betätigt.

Das fertige Band läuft auf eine Auflaufrin Abb. 2, des Warmbettes $m$, deren vorderer längs Rutsche $i$ verlaufender Teil über der Zubringer dieser Rutsche aufgebaut ist. In der Auflaufrinne Streckbahn $l$, die 55 m lang ist, sind zwei Treibger

**Abb. 10**
Schopfschere mit Schlapprolle und Bandeisenhaspel.

*l* Auflaufriemen
*m* Warmbett
*n* Schere
*o* Auflaufführung
*p* Rollenhaspel
*q* Schere

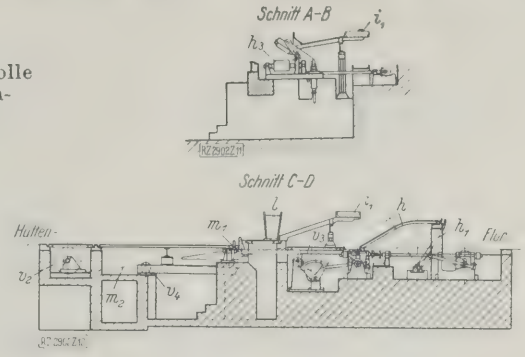
ngebaut, die das Band zu einer Schopfschere *n* zum bschneiden der Walzzungen (schlechte Enden des Bandes) fördern und hierauf durch eine einstellbare Auflaufführung *o* zum Rollenhaspel *p*, Abb. 10.

Das Walzwerk ist noch mit einer Einrichtung zur rzeugung von Bandeisen in Stäben (Streckeisen) verehen. Hierzu dienen das Warmbett *m*, Abb. 2 und bb. 11 bis 16, mit einer Zahnstangen-Abschieb- und tapelvorrichtung $m_1$ sowie einer Seilschleppvorrichtung $_2$ und die fahrbare Schere *q*, Abb. 2, am Kopfe des Varmbetts. Das auf der Streckbahn eingelaufene Bandisen wird nach Ausschwenken der Oberrollen der Treiberäte durch den Zahnstangenschieber seitlich auf das Varmbett gebracht und hier durch eine mechanisch betätigte nd für jede Bandbreite einstellbare Daumeneinrichtung u glühenden Stapeln aufeinandergeschichtet, damit es och nachglühen kann. Die Stapel werden hierauf durch en Seilschlepper langsam über das Warmbett bewegt nd nach Erkalten auf der Schere *q* auf bestimmte Länen geschnitten und dann handelsüblich gebündelt. Die ertigen Bandeisen-Rollen, -Schleifen und -Bündel werden uf das Fertiglager *r* gefördert.

Die Abschiebevorrichtung $h_1$ der Rutsche *h* hinter der orstraße, Abb. 11 bis 13, das Treibgerät $h_2$ und die beiden aagerechten Treibgerüste *g* der Zubringerrinne $h_2$, ferer auch die Kettenschlepper und das Treibgerät der ulaufrinne zur Rutsche *i* und schließlich die beiden reibgeräte $l_1$ der Streckbahn *l* sowie die Zahnstangenbschiebe- und Stapelvorrichtung $m_1$ des Warmbettes *m* erden von einem Elektromotor *u* mit Stirnradvorgelege $_1$ und durchlaufender Welle $u_2$ und Momentkupplungen ngetrieben.

Ein weiterer Motor *v* betätigt die Seilschleppvorrichung $m_2$ zum Querschleppen der Streckeisen parallel zur Walzrichtung; durch Schneckengetriebe und Zahnradorgelege arbeitet er auf eine durchgehende Welle $v_1$, uf der in Abständen von 3 m die Seiltrommeln $v_2$ für die Drahtseiltriebe angebracht sind. Das untere nicht gezogene Teil des Seiles läuft wegen des geringeren Durchnessers der Gegenscheibe $v_3$ und zur Vergrößerung des Umschlingungsbogens der Antriebscheibe über eine Leitolle $v_4$. Die Mitnehmer oder Schleppdaumen sind auf den Seilen durch Klemmung befestigt, damit sie nach eintretener Dehnung der Seile bequem ausgerichtet werden können.

Die Abschiebhebel $h_1$ der Rutsche *h*, die auf einer beondern durchgehenden Welle aufgekeilt sind, erhalten die chwingende Bewegung durch einen Kurbeltrieb. Die Kurbel sitzt auf der Schneckenwelle eines Schneckenetriebes, das durch Kegelräder von der Welle $u_2$ abgeleitet st. Die für jede Bandbreite einstellbare Zahnstangenbschieb- und Stapelvorrichtung $m_1$ des Warmbetts *m* wird ebenfalls von dieser Welle über ein Kegelrad- und Schneckengetriebe betätigt; auf der Schneckenwel'e ist hierzu wieder eine Kurbel eingebaut, die mittels Schubtange, Zahnsektor und Zwischenrad eine Längswelle an-



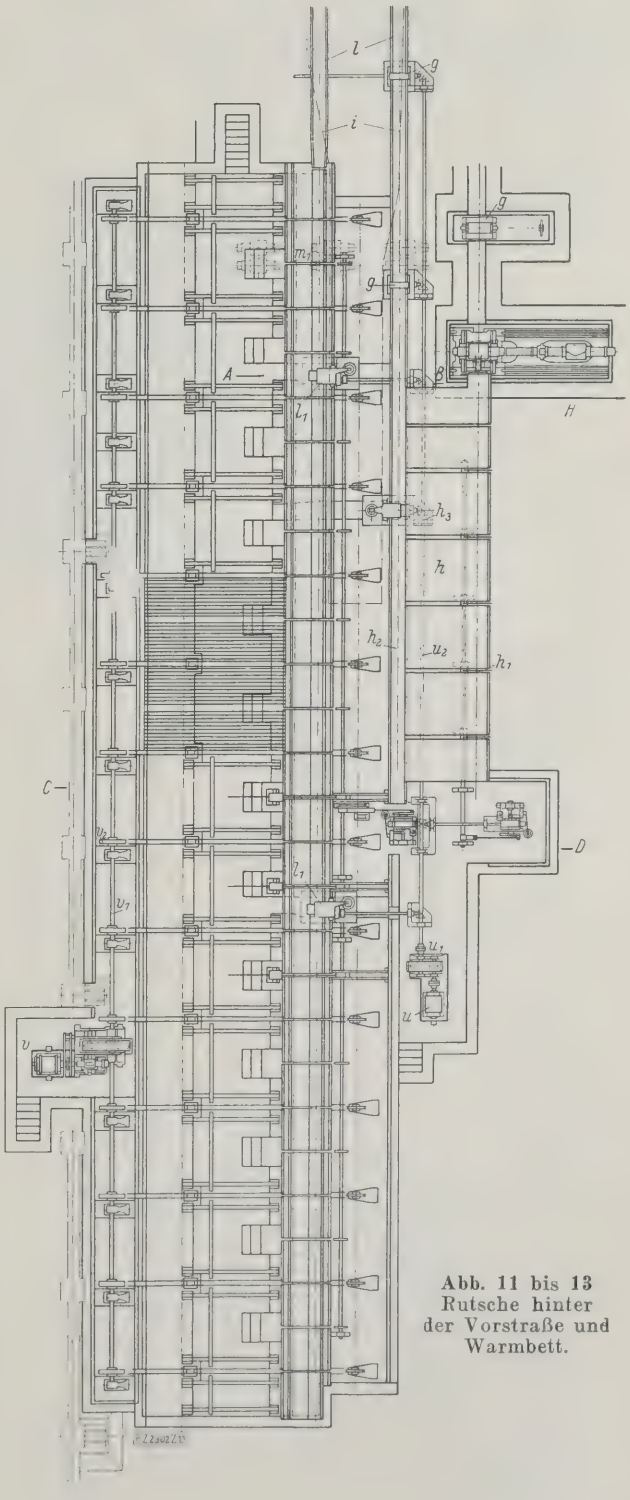
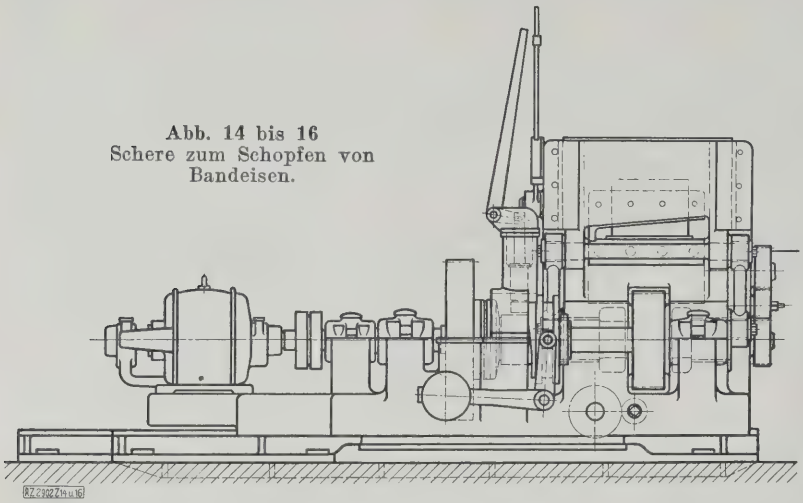



**Abb. 11 bis 13**
Rutsche hinter der Vorstraße und Warmbett.

H Duogerüst für Flachstiche
*g* Treibgerüste der Vorstraße bzw. der Zubringerrinne $h_2$
*h* Rutsche hinter der Vorstraße
$h_1$ Abschiebevorrichtung
$h_2$ Zubringerrinne
$h_3$ Treibgerät
*i* Rutsche hinter dem Doppelduo (s. Abb. 2
$i_1$ Zubringerrinne
*l* Auflaufrinne
$l_1$ Treibgeräte
$m_1$ Zahnstangen-Abschieb- und Stapelvorrichtung
$m_2$ Seilschleppvorrichtung
*u* Elektromotor
$u_1$ Stirnradvorgelege
$u_2$ durchlaufende Welle
*v* Elektromotor
$v_1$ Welle
$v_2$ Treibrad
$v_3$ Gegenscheibe
$v_4$ Leitrolle



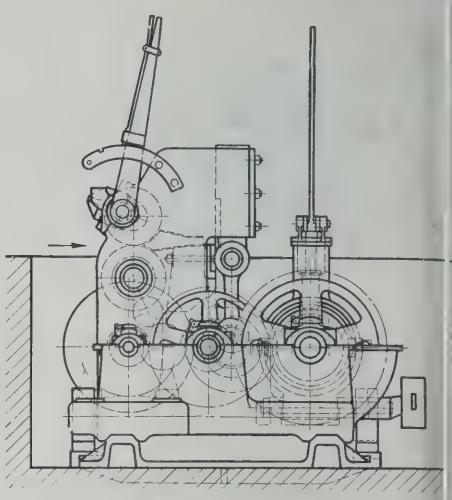
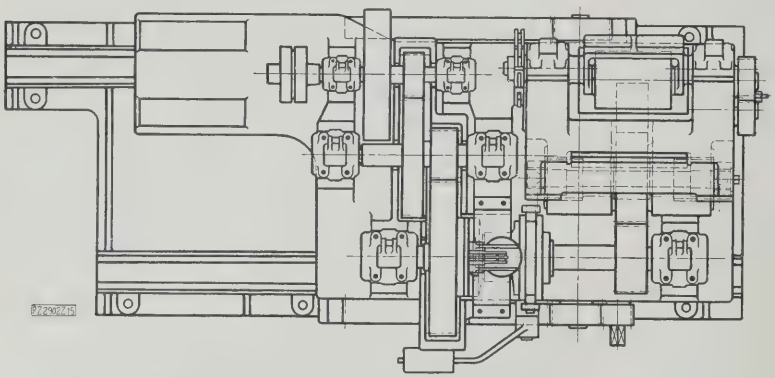
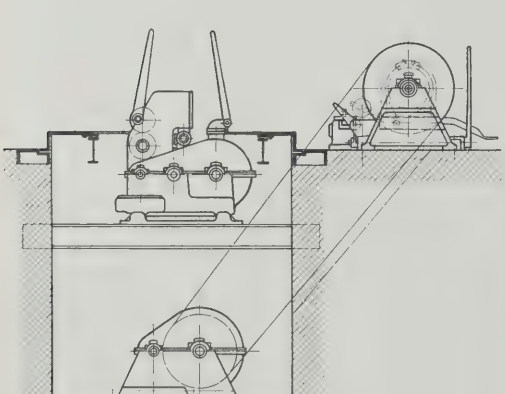


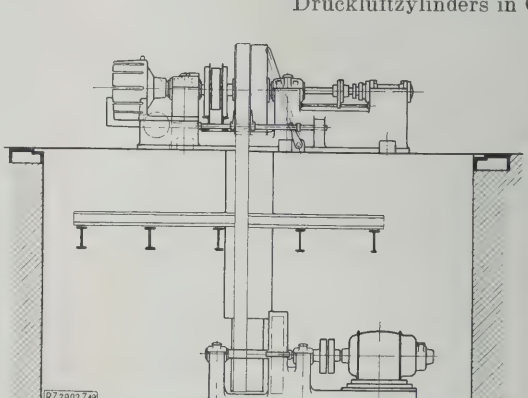
**Abb. 14 bis 16**
Schere zum Schopfen von Bandeisen.



treibt, auf der die Ritzel für die Za stangen mit Schlepp- und Stapeldau sitzen. Der Zahnstangenschlepper ern licht genaues Schleppen und Stapeln ist gegen Hitze unempfindlich.

Die unteren, ständig in Umlauf findlichen Rollen sämtlicher Treibge der Rutschen $h$ und $i$ sowie der Aufl rinne $l$ werden von der Welle $u_2$ du Kegelräder oder durch Kegel- und Stirn vorgelege angetrieben. Die Oberrolle w von der Steuerbühne aus durch Druckl steuerung angedrückt. Die Oberrollen Treibgeräte $h_3$ und $l_1$ sind in drehba Winkelrahmen gelagert, deren Hebelen mittels Schubstange an den Kolben Druckluftzylinders in Gelenken befestigt s





An der Sch schere $n$ ist Streifenziehgerät geordnet, dessen tere Rolle von Scherenmotor a trieben wird dessen Oberrolle tels Handhebels den Streifen gedrü werden kann, um abzuschneidende de durch die S renmesser hindu zu ziehen, Abb. bis 16. Die Zw ständerschere hat feststehendes Un messer und ein wegtes Obermes

Der Antrieb des Obermesserschlittens erfolgt an bei Seiten durch Kurbelantriebe, die vom Motor aus du entsprechende Vorgelege betätigt werden.

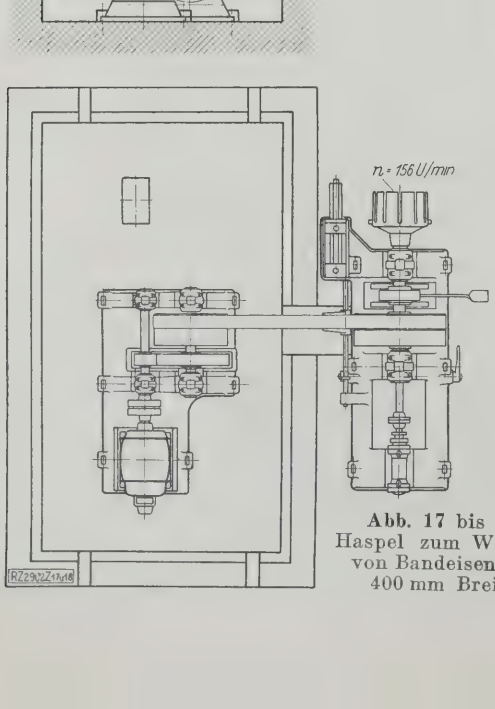



**Abb. 17 bis 19**
Haspel zum Wickeln von Bandeisen bis 400 mm Breite.

Die Aufwickelhaspel, Abb. 17 bis 19, in waagerech Anordnung wird durch Riemen und Vorgelege von ein unter Hüttenflur aufgestellten 25 PS-Elektromotor getrieben. Auf der Motorvorgelege- und Haspelwelle sit Fest- und Losscheiben, der Riemen wird mittels Handhe ausgerückt, die Haspel wird durch eine Bandbremse Fußtritthebel ausgeschaltet. Zum Abdrücken des auf Haspeltrommel aufgelaufenen und durch Abkühlung aufsitzenden Bandringes dient ein Abdrückstern, des Arme in Schlitze der Trommel eingreifen. Der Stern s auf einer Abdrückwelle, die durch die hohle Haspelwe hindurchgeführt wird. Am hinteren Ende ist die von Trommel mitgenommene Sternwelle so mit Stange Kolben eines Druckluftzylinders verbunden, daß diese der Drehung nicht teilnehmen. Die Druckluft wird auf e hintere (Abdrücken des Ringes) oder vordere (Zurü ziehen des Armsterns) Kolbenseite am Bedienungsstd des Haspels mittels eines Dreiweghahns geleitet. [B 290

# Die Grubenlokomotivbahnen in der Nachkriegzeit

*Von Prof. Dr.-Ing. SPACKELER, Technische Hochschule Breslau*

*Entwicklung der Grubenlokomotiven unter der Bedingung höchster Leistung in Hauptstrecken, aber kleinster Abmessungen in Abbauen. Einzelheiten der Konstruktion von Fahrdraht-, Benzol- und Druckluftlokomotiven. Eingehendere Behandlung der Akkumulator- und der Diesellokomotive, sowie der Druckluftlokomotive mit Mehrzylindermotor, da hier grundlegende Veränderungen eingetreten sind.*

Der Bergbau hat, soweit er in altbergmännischer Weise als Tiefbau betrieben wird — nur davon soll hier e Rede sein —, nicht die gleiche Mechanisierung durchemacht wie manche andre Industrien, die zur Arbeit n laufenden Band übergehen konnten. Gleichwohl ist ie Nachkriegsentwicklung unseres Bergbaues doch ırch eine starke Steigerung der Förderung der einelnen Schachtanlage gekennzeichnet. Zusammenlegung enachbarter Grubenfelder und Übernahme ihrer Förerung auf einen leistungsfähig ausgebauten Hauptrderschacht ist das Kennichen der Entwicklung der tzten Jahre, besonders im einkohlen- und Kalisalzrgbau.

Die Zusammenlegung des rgwerkbetriebes führte einer Entwicklung der okomotive nach zwei entgengesetzten Richtungen. ir die Hauptförderstrecken gab sich eine starke Steierung der Leistung, sowohl es Förderweges wie der ördermenge, ohne daß aus rgmännischen Rücksichten e wichtigsten Abmessunen der Fördermittel veränrt werden durften. Die röße der Förderwagen und e Spurweite waren durch e Schächte, der Streckenierschnitt durch den Gergsdruck, die Gleiskrümmung und damit der Achsstand ırch die Eigenart der Lagerstätte festgelegt. Anderits ermöglichte die größere Fördermenge des einzelnen rbeitsortes eine mechanische Streckenförderung bis in e Abbaue hinein, wo bisher noch Handförderung gerrscht hatte. Damit ergaben sich zwar kleine Leiungen, aber auch unvermeidlich kleinste Abmessungen eser Abbaulokomotiven. Die Ausnutzung einer solchen okomotive zwingt dazu, mehrere Abbauörter durch eine okomotive bedienen zu lassen. Dazu muß diese oft ehrmals in einer Schicht in Stapelschächten gehoben nd gesenkt werden, so daß ihre Maße die eines gewöhnhen Förderwagens nicht überschreiten dürfen. Daher uß die Entwicklung im folgenden nach den beiden verhiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden, einmal ch der Forderung großer Leistung, und zum andern ch der Forderung kleinster Abmessungen[1]).

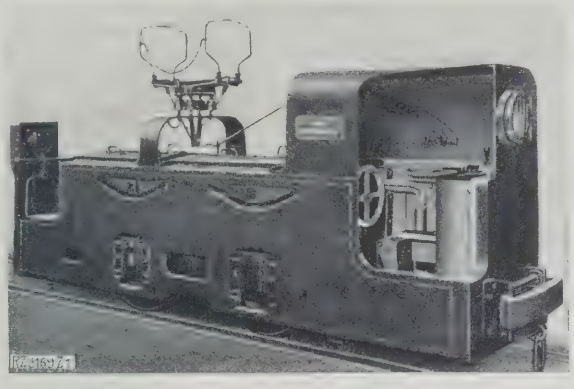


**Abb. 1. Fahrdraht-Grubenlokomotive.**
*Siemens-Schuckertwerke, Berlin.*

### Oberleitungsbahnen

Von allen unter Tage in Betracht kommenden Lokomoarten weist die Fahrdraht-Lokomotive die größte Beiebsicherheit und Leistungsfähigkeit auf. Leider stehen esem Vorzug ein paar wichtige Untugenden gegener: Gefahr des Berührens des Fahrdrahtes, Funkenfahr in Schlagwettergruben, Streuströme, die bei der Schießarbeit zur Frühzündung der Sprengstoffe führen nnen, und Abhängigkeit vom Fahrdraht mit seinem ren Einbau und sorgfältig zu überwachender Isolation. ese Eigenschaften schließen die Fahrdrahtbahn für baustrecken aus. Um so wichtiger ist sie für die uptstrecken geworden.

Die Frage der Stromart ist vorläufig zugunsten des eichstroms entschieden. Die weitaus verbreitetste Spannung der Fahrdrahtbahnen beträgt nur 220 V, wozu am Umformer eine Erzeugerspannung von höchstens 250 V vorhanden sein darf.

Die konstruktive Durchbildung der Gleichstromlokomotive war bereits in der Vorkriegzeit so sorgfältig und gut, daß der Aufbau im ganzen sich nicht mehr wesentlich verändert hat. Die beiden Hauptschlußmotoren, die nach Bedarf hinter- und nebeneinander geschaltet werden, sind möglichst tief im Rahmen des Fahrgestells untergebracht. Damit ist der Größe der Motoren durch Spurweite und Achsstand eine Grenze gezogen. Für die verbreitetste Spur von 600 mm sind jedoch die stärksten unter Tage gebrauchten Lokomotiven (für etwa 50 Vollwagen zu 1 t brutto bei 4 m/s) zu bauen.

An Verbesserungen der letzten Jahre verdient der allgemeine Übergang zu Kugel- oder Rollenlagern an den Motoren Erwähnung, nicht nur der Kraft- und Ölersparnis wegen, sondern vor allem, weil dabei eine bessere Abdichtung des Motors gegen Schmutz und Staub — ein sehr wichtiger Punkt — erreicht wird. Die wichtigste Neuerung am Fahrschalter dürfte eine Verriegelung sein, durch die das sofortige Umlegen des Schalters auf Gegenstrom verhütet wird; die Lösung dieser Verriegelung, die erst nach Ausschalten des Stromes möglich sein darf, erfordert soviel Zeit, daß schädliche Beanspruchungen des Motors verhütet werden. Schnell verbreitet hat sich eine Kurzschließvorrichtung, weil sie die sonst bergpolizeilich geforderte Signalanlage ersetzt: durch einen Handschalter kann zwischen Fahrdraht und Schiene ein Kurzschluß hergestellt werden. Dadurch treten die Höchststromauslöser in der Erzeugerstation in Tätigkeit; sollten sie versagen, z. B. bei zu großer Entfernung, so wird jedenfalls das Spannungsgefälle zwischen Fahrdraht und Schiene praktisch auf null herabgesetzt, so daß keine Gefahr bei Arbeiten an der Lokomotive besteht.

Viel Arbeit ist auf Versuche verwendet, die Funkenbildung zwischen Stromabnehmer und Fahrdraht, sowie zwischen Rad und Schiene zu verhüten. Die Bestrebungen gewannen besonders an Bedeutung, als im Jahre 1925 eine unglückliche Häufung von Schlagwetterexplosionen auftrat, die auf diese Funkenbildung zurückgeführt wurde. Der preußische Landtag nahm daraufhin gegen die Fahrdraht-Lokomotiven Stellung, und das preußische Grubensicherheitsamt verbot ihre Verwendung im ausziehenden Wetterstrom von Schlagwettergruben.

Trotz vieler Versuche hat man wohl eine Verminderung, nicht aber eine Verhütung der Funkenbildung erreicht. Die größere Bedeutung kommt den Funken am Fahrdraht zu, da die Schlagwetter sich unter der Firste sammeln. Meist verwendet man mindestens zwei parallel geschaltete Bügel solcher Konstruktion, daß auch bei stark wechselnder Höhenlage des Fahrdrahtes ein gleichmäßiges Andrücken des Bügels gewährleistet ist, was bei den Scherenstromabnehmern bis zu 1 m Höhenunterschied möglich ist. Auch ein glatter Fahrdraht hat sich als wichtig erwiesen. Ein geeignetes Bügelmetall,

[1]) Der letzte zusammenfassende Bericht befindet sich im Aufsatz *Gunderloch*, „Glückauf" Bd. 58 (1922) S. 589.

das weicher als das Kupfer des Drahtes ist, aber kurze Funkendauer gewährleistet (hoher Siedepunkt des Metalls[2]), ist dafür von Bedeutung. Über Versuche, den Fahrdraht ständig zu schmieren, wird günstig geurteilt, wenn auch ein abschließender Bericht noch nicht vorliegt.

Eine Reihe von Unfällen hat die Notwendigkeit gezeigt, der Streckenausrüstung größere Aufmerksamkeit zuzuwenden[3]). Der Fahrdraht darf des Funkens wegen nicht durchhängen, darf aber auch bei Bewegungen des Ausbaues durch Gebirgsdruck nicht so gespannt werden, daß er reißt. Deshalb sind nachstellbare Drahthalter konstruiert. Vor allem aber ist eine einwandfreie Rückleitung des Stromes durch die Schienen zu gewährleisten, um vagabundierende Ströme zu verhüten. Schweißung der Schienen läßt sich aus bergmännischen Rücksichten selten durchführen (Verbot des Schweißens in Schlagwettergruben, Dehnbarkeit der Schienen bei Gebirgsbewegungen u. a. m.). Die beste Verbindung dürfte danach ein Kupferbügel sein, der — zum Schutze gegen Diebstahl — unter der Lasche in einer Nut liegt, mit den Schienen rostfrei und sicher verbunden und dehnbar ist.

Abb. 1 zeigt eine neuzeitliche Grubenlokomotive für Fahrdrahtbetrieb.

### Akkumulator-Bahnen

Akkumulator-Lokomotiven haben für den Bergwerksbetrieb mancherlei Vorzüge: bei Kapselung der Motoren und Schalter sind sie schlagwettersicher; ihre Unabhängigkeit vom Fahrdraht macht sie für enge und druckhafte Strecken geeignet; der Motor ist der gleiche wie bei der Fahrdrahtlokomotive: ein Gleichstrom-Hauptschlußmotor mit hohem Anzugmoment, großer gelegentlicher Überlastbarkeit und ausgezeichneter Manövrierfähigkeit. Wenn die Akkumulator-Lokomotiven gleichwohl lange nur geringe Anwendung fanden, so lag das teils an der Empfindlichkeit und den hohen Anschaffungskosten der Akkumulatoren, teils an der geringen Leistung.

Voraussetzung für eine Entwicklung der Akkumulator-Lokomotiven war deshalb eine Verbesserung der Elemente durch Hebung von Widerstandkraft und Kapazität. Indem man die alten Holzkästen durch eiserne Tröge mit einer Gummieinlage ersetzte, gelang es, die Kapazität bei gleichem Raum bis über 30 vH zu steigern. Jetzt ist es gelungen, durch Bau der Panzerplattenelemente an Stelle der älteren Großoberflächenelemente die Kapazität erheblich weiter zu verbessern, leider auf Kosten der Widerstandfähigkeit und des Herstellungspreises. Am größten ist die Kapazität der Gitterplattenbatterien, die aber eine so sorgfältige Wartung erfordern, daß sie im Grubenbetrieb nur im Notfalle verwendet werden. Den größten Fortschritt dürfte die Erfindung des Edisonelementes in seiner Ausführung mit Nickel- und Kadmiumplatten gebracht haben. Die älteren Nickel- und Eisenzellen entwickeln bei der Ladung ziemlich viel Gas, gasen auch nach der Ladung noch eine gewisse Zeit nach. Diese unangenehme, in Schlagwettergruben unzulässige Eigenschaft wird durch Einführung des Kadmiums an Stelle der Eisenmasse in die negative Platte vermieden.

Die Entwicklung der Akkumulatoren und ihre Eignung für den Lokomotivbetrieb wird durch die folgende nach Angaben der Accumulatoren-Fabrik, A.-G., Berlin, aufgestellte, auf 5stündige Endladezeit berechnete Zahlentafel 1 gekennzeichnet.

Während Panzerplatten- und Edisonzellen für eine volle Schicht ausreichen, erreichen Oberflächenbatterien bei üblicher Beanspruchung nur eine zwei- bis dreistündige Entladezeit, so daß sie einmal in der Schicht auszuwechseln sind. Großoberflächenbatterien brauchen eine drei- bis vierstündige, Panzerplatten- und Edisonbatterien eine etwa siebenstündige Ladezeit. Bei einschichtigem Betrieb reichen daher zwei Großoberflächenbatterien oder eine Panzerplatten- oder eine Edisonbatterie je Lokomotive aus. Läuft die Lokomotive in zwei Schichten, so sind drei Großoberflächen- oder zw Panzerplatten- oder Edisonbatterien zu beschaff Leider steht der hohe Preis der Einführung der Edis Akkumulatoren hinderlich im Wege. Ihm steht aber billigerer Betrieb durch die größere Unempfindlichk gegen Stoß und Überanstrengung und längere Lebe dauer gegenüber.

**Zahlentafel 1**
**Vergleichzahlen der Elementarten**

| | für 1 kWh erforderlich | | |
|---|---|---|---|
| | Gewicht kg | Raum dm² | Kost RM |
| Großoberflächenelemente . | 100 | 33 | 220 |
| Gitterplattenelemente . . . | 40 | 14 | 120 |
| Panzerplattenelemente . . | 60 | 20 | 200 |
| Edisonzellen (Nickel-Kadmium-Platten) . . . . . | 40 | 15 | 480 |

Die Entwicklung der Akkumulatoren ermöglichte Ausgestaltung der Lokomotiven nach beiden Richtun durch Aufspeicherung größerer Energiemengen höhere Leistungen in Hauptstrecken, aber auch du Herabsetzung der Batteriegröße für Abbaulokomotiv

Für Hauptstrecken werden Lokomotiven mit Moto bis zu 50 kW Stundenleistung gebaut. Sie können u normalen Verhältnissen etwa 50 volle Förderwagen von brutto mit 3 m/s zum Schacht bewegen und die lee zurückbringen. Die Bleibatterien bestehen aus et 80 Elementen, so daß die Entladespannung 150 V betr der Ladestrom aber einem Normalnetz mit 220 V nommen werden kann. Bei alkalischen Elementen, je Element nur 1,7 bis 1,8 V Lade- und 1,2 V mittl Entladespannung haben, wird die Zahl entsprech höher gewählt.

Für die Abbaulokomotiven genügen meist Stund leistungen des Motors von 4 bis 5 kW, da die Geschw digkeit in den druckhaften Abbaustrecken doch nie (1 bis 1,5 m/s) gehalten werden muß und Zuglängen mehr als 10 Wagen selten sind. Anderseits ist die Gr der Batterie beschränkt. Die Zellenzahl wird daher herabgesetzt, daß je nach der geforderten Leistung ladespannungen von 50 bis 80 V entstehen.

In vielen Fällen dürfen die Abmessungen der Abl lokomotiven nicht über diejenigen eines einfachen För wagens hinausgehen, um sie auf dem Förderkorb Stapelschächte unterbringen zu können. Das wird mit Zerlegung durch einfaches Lösen des Führersitzes schließlich Schaltwalze oder durch Hochklappen des Si erreicht. Das Gesamtgewicht solcher Lokomotiven zwischen 2,5 und 3 t bei Edison-, zwischen 3 und 4 t Panzerplattenelementen.

Während man bei Fahrdraht-Lokomotiven die Zugk durch Hinter- oder Nebeneinanderschalten der zwei Moto verändert, läßt sich bei Akkumulator-Lokomotiven gleiche einfacher durch entsprechende Schaltung der Ze erreichen. Sie brauchen daher nur einen Motor, ein V teil, den man bei Abbaulokomotiven ausnutzt. Im übri entspricht ihre Ausgestaltung derjenigen der Fahrdr Lokomotive.

Zwecks Schlagwetterschutz werden Motor und Sch in gleicher Weise wie bei den Fahrdraht-Lokomotiven du eine vollständige Kapselung gesichert, die auf einen In druck von mindestens 8 at bemessen sein muß. Für Batterie kommt bei ihrer Größe und in Anbetracht e möglichen Gasentwickelung bei der Ladung das gle nicht in Frage. Die Batterie wird daher durch Pla schutz gesichert.

In Abb. 2 und 3 sind zwei Akkumulatoren-Loko tiven, die eine für Hauptstrecken, die andre für Ab strecken, nebeneinandergestellt. Man erkennt die andern Bedingungen, die die Form der Lokomotiven Abbaustrecken bestimmen.

### Lokomotiven für flüssige Brennstoffe

Lokomotiven mit Benzolmotor verdanken den dürfnissen des Bergbaues ihre Entstehung, die jetzt 30 Jahre zurückliegt. Unter engem Zusammenarbe

[2]) Safety in mines Research Board, Bericht Nr. 20, London 1926, und „Elektrizität im Bergbau" Bd. 2 (1927) S. 1.
[3]) *Ullmann*, „Elektrizität im Bergbau" Bd. 1 (1926) S. 21.

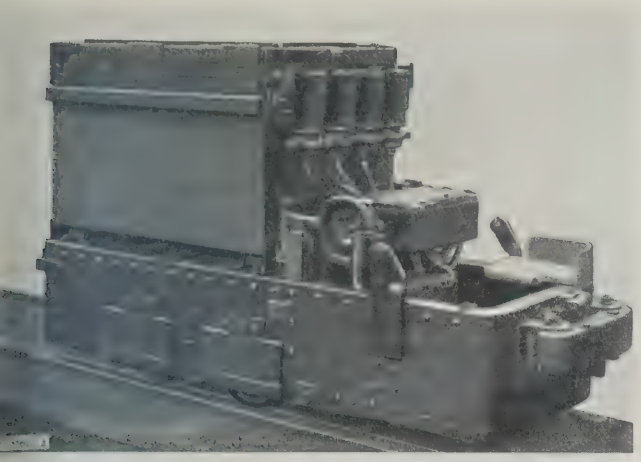


Abb. 2. Akkumulator-Lokomotive für Hauptstrecken.
*AEG, Berlin.*

Abb. 3
Abbau-Akkumulator-Lokomotive mit hochgeklapptem Führersitz für Beförderung durch Stapelschächte.
*„Bergbau", Gesellschaft für betriebstechnische Neuerungen m. b. H. Dortmund.*

ler Erbauer mit den Organen des Bergbaues ist die Weiterentwicklung durchgeführt worden. Nachdem in ler berggewerkschaftlichen Versuchsstrecke in Derne (Westfalen) die wesentlichen Sicherheitsmaßnahmen an len Lokomotiven und ihrem Zubehör (Brennstofförderzerät, Umfüllanlage usw.) durch Versuche festgelegt und lie Lokomotiven unter zahlreichen bergpolizeilichen Vorschriften in Schlagwettergruben zugelassen waren, standen Richtlinien für die Hauptteile fest. Die Entwicklung der Nachkriegzeit beschränkt sich daher auf lie Verbesserung von Einzelteilen der Lokomotive, während alle Vorrichtungen, die dem Umgang mit dem Brennstoff dienen, ziemlich unverändert geblieben sind. Die naheliegende Vermutung, daß die lebhafte technische Entwicklung des Kraftwagens auch der Benzollokomotive zugutegekommen sei, ist irrig. Versuche mit leichten Motorkonstruktionen auf Grubenlokomotiven führten z. B. dahin, daß man das Dienstgewicht der letzteren künstlich erhöhen mußte. Dabei ist stabile Bauart wichtiger als die meisten vom Kraftwagen geforderten Eigenschaften.

Als Motor herrscht bei kleinen Lokomotiven noch heute der liegende Einzylinder-Viertaktmotor vor, während man bei großen Leistungen zu stehenden Mehrzylindermotoren übergegangen ist. Nur die Rheiner Maschinenfabrik Windhoff baut sämtliche Grubenlokomotiven mit stehenden Mehrzylindermotoren, die zwar eine höhere Umlaufzahl bedingen, aber das sonst unvermeidliche schwere Schwungrad ersparen.

An Vergasung und Auspuff sind keine grundlegenden Neuerungen zu verzeichnen. Zweckmäßig ist die Deutzer Anordnung, wonach die Brennstoffleitung zum Vergaser und die Wasserleitung zur Brause im Auspuffrohr nur gemeinsam geöffnet und geschlossen werden können. Es kann sonst bei Stillstand Wasser ins Auspuffrohr gelangen, das beim Wiederingangsetzen in den Zylinder gesogen wird, oder es können die heißen Gase auspuffen und die Grubenwetter verschlechtern.

Bei den älteren Lokomotivkonstruktionen lag der Lokomotivbehälter meist über dem Kurbelgetriebe. Beschädigung an ihm beim Bruch einer Pleuelstange und Ausfließen des Benzols, das dann meist durch Funkenbildung in Brand geriet, führten zu der Vorschrift, den Brennstoffbehälter durch eine dicke eingelegte Eisenplatte zu sichern. Bei neueren Lokomotiven ist der Behälter so gelegt, daß er vom Getriebe nicht getroffen werden kann. Umlaufschmierung ist allgemein durchgeführt. Zur Kühlung des Zylinders benutzt man bei liegenden Motoren vorherrschend Verdampfungskühlung. Sie hat den Vorteil, den für den Grubenbetrieb reichlich empfindlichen Wasserrückkühler auszuschalten, und hat sich als ausreichend erwiesen.

Eine Verbesserung an der Zündvorrichtung ist von der Motorenfabrik Deutz A.-G., Köln-Deutz, zuerst angewendet. Bei voller Umlaufzahl muß der Zündfunke kurz vor Beendigung des Verdichtungshubes überspringen, damit die Explosionswirkung gerade bei Beginn des Arbeitshubes einsetzt (Frühzündung). Bei niedriger Umlaufzahl ist die Zeit für den gleichen Kolbenweg zu lang, so daß Spätzündung notwendig ist, um einen Rückschlag des Kolbens zu vermeiden. Mehrfach sind Lokomotivführer, die die Anlaßkurbel drehten, schwer verletzt worden, wenn sie die Umschaltung auf Spätzündung vergessen hatten. Die kleine Zünddynamo ist deshalb mit einem Regler versehen, der selbsttätig bei niedriger Umlaufzahl auf Spätzündung stellt und bei Erreichen der vollen Geschwindigkeit auf Frühzündung umschaltet.

Hält die Lokomotive ohne Stillsetzen des Motors an schlecht bewetterter Stelle, so sind Vergiftungen möglich. Das Bestreben geht deshalb dahin, das Anlassen mechanisch, durch Druckluft oder durch elektrischen Strom, zu bewirken. Leider sind die bisher auf dem Markt befindlichen Bauarten elektrischer Anlasser nicht schlagwettersicher ausgeführt, so daß man im Steinkohlenbergbau auf Druckluft angewiesen ist.

Sehr verschieden haben die Firmen die Aufgabe gelöst, trotz der federnden Verbindung zwischen Lokomotivrahmen und Radsatz die Bewegung der Kurbel auf die Achsen zu übertragen. Die Ruhrthaler Maschinenfabrik verwendet bei kleineren Lokomotiv-Bauarten die früher auch von andern Firmen unmittelbar benutzte Gallsche Kette. Deutz läßt das Zahnradvorgelege auf die Achsen wirken, wobei der durch stoßartige Beanspruchung bedingte Verschleiß durch Einbetten des ganzen Getriebes in ein Ölbad ausreichend vermindert wird. Die Rheiner Maschinenfabrik baut ihre Lokomotiven mit einer Blindwelle *a*, Abb. 4, die im Rahmen der Lokomotiven fest verlagert ist und vom Motorgetriebe gedreht wird. Blindwelle und Laufräder sind durch eine Kurbel und eine Kuppelstange *b* miteinander verbunden, in die zwischen Blindwelle und erstes Rad ein senkrecht wirkendes Gelenk *c* eingeschaltet ist. Damit ist Stoßfreiheit des Getriebes bei Bewegung der Blattfedern zwischen Achsen und Rahmen gesichert.

Um einen Überblick über die Größe der gebauten Benzollokomotiven zu geben, sei erwähnt, daß Deutz drei Bauarten von 3900, 5100 und 6300 kg Dienstgewicht mit 15, 20 und 25 PS Motorleistung baut. Sie sind imstande, bei guter Bahn und Kugellager-Radsätzen 40 bis 50 Grubenwagen (1 t brutto) mit Geschwindigkeiten bis zu

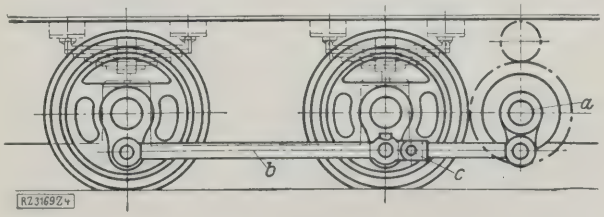



Abb. 4
Blindwellenantrieb für Grubenlokomotiven für flüssige Brennstoffe.
*Rheiner Maschinenfabrik Windhoff.*
*a* Blindwelle *b* Kuppelstange *c* Gelenk

1,5, 2 und 2,5 m/s zu ziehen. Dabei ist der Motor allerdings nur wenig überlastbar; die Lokomotiven müssen deshalb langsam anfahren.

Die Benzollokomotiven haben für den Grubenbetrieb eine Reihe vorteilhafter Eigenschaften. Vor allem ist, da der Brennstoffvorrat für eine Schicht mitgenommen werden kann und nur das verdampfte Kühlwasser nach etwa 2 h zu ersetzen ist, ihr Fahrbereich für den Grubenbetrieb praktisch unbeschränkt. Bei der notwendigen Sorgfalt in der Unterhaltung der Schutzvorrichtungen können sie auch als schlagwettersicher gelten. Alle Vorschriften haben dagegen nicht ausgereicht, um Benzolbrände zu verhüten, die von Zeit zu Zeit schwere Unfälle herbeigeführt haben. Benzolbrände sind im Grubenbetriebe deshalb so gefährlich, weil stets Wetterzug vorhanden ist, der die Verbrennung unterhält, die Brandschwaden aber in andre Baue und an andre Arbeitsplätze führt. Dabei entwickelt das heiße Benzol soviel Dämpfe im Überschuß, daß dadurch ein Zerfall der Kohlenwasserstoffe eintritt und unverbrannte glühende Kohlenstoffteilchen die Reduktion von $CO_2$ zu CO bewirken. Einem Benzolbrand in bewetterten Strecken steht man bisher machtlos gegenüber, um so mehr, als auch der hier zweckmäßigste Handfeuerlöscher, der Tetralöscher, wegen der Phosgengefahr in mehreren Bergbaubezirken verboten ist. Aus diesen Gründen stand die preußische Bergbehörde in der Nachkriegzeit den Benzollokomotiven nicht sympathisch gegenüber. Ihr Betrieb wurde vielfach erschwert oder unmöglich gemacht.

Es lag nahe, daß sich die Augen der Erbauer unter diesen Umständen auf den

Dieselmotor

richteten. Die Verschlechterung der Wetter durch seine Auspuffgase haben die Einführung dieses Motors lange verhindert. Heute hat man sich überzeugt, daß dieses Bedenken übertrieben war. Bei der hohen Kompression im Zylinder des Dieselmotors (35 at bei rd. 700 °) verläuft die Verbrennung so vollständig, daß die Gefahr der CO-Bildung bei richtiger Einstellung des Motors geringer als beim Benzolmotor ist. Den unangenehmen Geruch hat man durch Einspritzen von Wasser in das Auspuffrohr zwar nicht beseitigt, aber erträglich gemacht. Vor allem hat man den Vorzug der Gefahrlosigkeit des Brennstoffes. Man kann ein so schweres Roh-, Gas- oder Teeröl verwenden, daß es unter normal vorkommenden Zündungsbedingungen (Berührung mit Streichholz, Grubenlampe, Reibungsfunken usw.) nicht in Brand gerät, daß vielmehr die hohen Drücke und Temperaturen des Dieselmotors zur Verbrennung erforderlich sind.

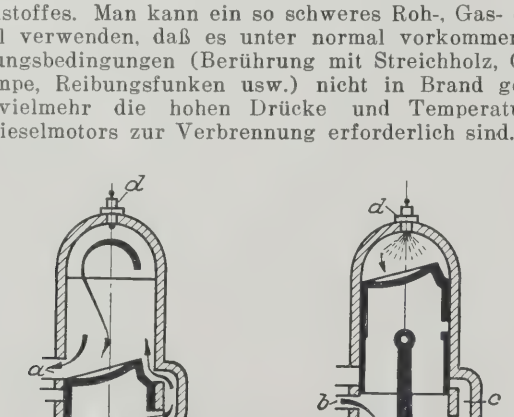



**Abb. 5 und 6**
Benutzung der eingekapselten Kurbel als Luftverdichter beim Zweitaktmotor.
*Ruhrtaler Maschinenfabrik Schwarz & Dyckerhoff G. m. b. H., Mülheim-Ruhr.*
*a* Ausströmöffnung *b* Luftansaugöffnung
*c* Lufteinblaskanal *d* Öleinblasventil

Die Ungleichförmigkeit des Viertakt-Dieselmotor liegt infolge der höheren Verdichtung bedeutend übe der des Benzolmotors. Zweitaktmotoren bedürfen bekann lich einer Druckluftspülung des Zylinders, von der ma bisher eine unvollkommene Wirkung und daher CO-Bi dung befürchtete. Für Grubenlokomotiven hat man si daher bisher nicht benutzt. Die Ruhrthaler Maschine fabrik beabsichtigt jetzt jedoch, auf Grund der umfan reichen an Feldbahnmotoren gemachten Beobachtunge die Zweitaktmotoren auch unter Tage zu versuchen, d sich die Befürchtungen als gegenstandlos erwiese haben sollen. Eine besondere Luftpumpe für die Z linderspülung wird dabei dadurch vermieden, daß di Kurbel infolge Kapselung zugleich als Luftverdichte dient, Abb. 5 und 6. Vorläufig herrscht im Grube betriebe der Viertaktmotor.

Deutz verwendet bei den Grubenlokomotiven bi 20 PS den liegenden Einzylindermotor, bei größeren L komotiven aber ebenso wie die übrigen Firmen stehend Mehrzylindermotoren. Aufgabe des Konstrukteurs ist e die Lokomotive trotz dieser stehenden Zylinder so z bauen, daß die Höhe möglichst wenig über die der Benzo lokomotiven mit einem Zylinder hinausgeht. Zu diese Zweck verzichten die Firmen z. T. auf Verdampfung kühlung und bauen eine Umlaufpumpe mit Rück kühler ein.

Als Motoren werden kompressorlose Bauarten ve wendet. Während bei den normalen Dieselmotoren di Zerstäubung und gleichmäßige Verteilung des flüssi eingeblasenen Brennstoffes dadurch erfolgt, daß man de letzteren mittels Druckluft von etwa 70 at Überdruck i den Zylinder hineinschleudert, wird hier die Verteilun allein durch die Form der Einspritzdüse sowie des Z linderdeckels und -kolbens erreicht[4]). Eine Zündvorrich tung kommt nicht in Frage. Das Brennstoffgemisch wir vielmehr durch Selbstzündung infolge der hohen Tem peratur verbrannt, die die Luft im Kolben durch d Verdichtung auf etwa 35 at erreicht. An Hilfseinrich tung ist daher nur die Brennstoffpumpe erforderlich die allerdings auf etwa 10 at drücken muß, um das mit der notwendigen Geschwindigkeit in die auf 35 verdichtete Luft einzublasen. Für die Unfallsicherhe ist dieser Vorgang wichtig. Denn dadurch wird erreich daß sich das brennbare Gemisch erst bei Beginn d Verbrennung bildet, wenn durch Druck und Temperatu der Luft im Zylinder eine vollständige Verbrennun gewährleistet ist.

Die übrigen Konstruktionsteile sind denen der Be zollokomotive, die auf Grund langjähriger Erfahrunge gestaltet sind, weitgehend nachgebildet. Die Umlaufzal kann beim Dieselmotor nur durch eine Gemischänderun geregelt werden in der Weise, daß der Brennstoffdü für jeden Hub eine vom Regler eingestellte Menge vo Öl zugeführt wird. Verminderung der Luftzufuhr würd sofort bewirken, daß Zündungsdruck und -temperatu nicht erreicht würden. Die Lokomotiven haben mei zwei Geschwindigkeitstufen, bei mittleren Lokomoti größen etwa 1 bis 1,5 und 2 bis 3 m/s, und man kann wä rend der Fahrt ziemlich alle dazwischenliegenden G schwindigkeiten durch Beeinflussung des Reglers ei stellen.

Schwieriger als beim Benzolmotor ist das Anlasse Das Ankurbeln mit der Hand ist in Anbetracht der no wendigen Verdichtung der Zylinderluft auf 35 at au geschlossen. Als Antriebmittel kann man Druckluft ve wenden, wozu ein Teil der Explosionsgase durch ei Ladeventil in eine auf 60 at geprüfte Druckluftflasch geleitet wird. Um das Anspringen beim Übergang vo Druckluft auf Ölantrieb zu sichern, ist ein große Energievorrat im Schwungrad erforderlich. Die Ruh taler Maschinenfabrik versieht außerdem ihre Motoren m einer elektrischen Zündung, die nur bei den erste Kurbeldrehungen eingeschaltet ist und ihren Strom eine Akkumulator entnimmt.

Die Bedeutung der Diesellokomotive für de Grubenbetrieb liegt nicht nur darin, daß die größte G

[4]) Beschreibung des Deutzer Motors z. B. bei *Hoffmann*, Ber werksmaschinen; Berlin 1926; S. 323.

**Abb. 7**
Gruben-Diesellokomotive.
Die seitlichen Bleche sind des Einblicks wegen entfernt.
*Ruhrthaler Maschinenfabrik Schwarz & Dyckerhoff G. m. b. H. Mülheim-Ruhr*

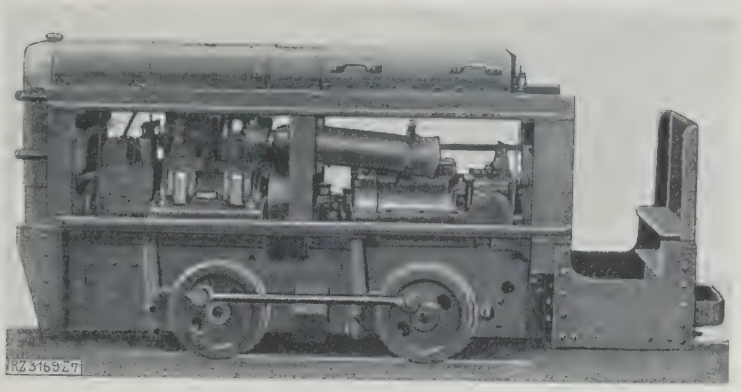


**Abb. 8 (unten)**
Druckluft-Abbaulokomotive mit abgenommenem Führersitz und Motor.
*Berliner Maschinenbau A.-G., vormals Schwartzkopff, Berlin.*

ährenquelle, der Brand des Brennstoffs außerhalb des lotors, so gut wie beseitigt ist, sondern auch in ihrer Virtschaftlichkeit. Geeignetes Schweröl mit 10 000 kcal/kg ürfte einem Dauerabnehmer nicht mehr als 15 ₰/kg osten. Bei den gängigen Lokomotivgrößen kann man it einem Verbrauch an Brennstoff von 200 bis 250 g/PSh echnen, woraus sich für eine 20 PS-Lokomotive ein erbrauch von 2 bis 3 kg/h und Brennstoffkosten von ur 30 bis 45 ₰/h ergeben. Brennstoffnachfüllung ist ährend der Schicht nicht erforderlich, nur das Kühl-asser muß ergänzt oder besser ersetzt werden. Deutz at bisher vier Diesellokomotiven für Bergwerkzwecke erausgebracht, Zahlentafel 2.

**Zahlentafel 2**
iesellokomotiven der Deutzer Motoren-fabrik A.-G., Köln-Deutz.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| enstgewicht . . . . . t | 3,9 | 5,15 | 6,3 | 8 |
| otorleistung, normal . . . PS | 11 | 15 | 20 | 40 |
| Höchstleistung . . . „ | 12 | 16 | 22 | 44 |
| inge . . . . . mm | 3500 | 3975 | 4155 | 4700 |
| öhe . . . . . „ | 1315 | 1480 | 1668 | 1590 |
| eite . . . . . „ | 785 | 815 | 885 | 860 |
| uart . . . . . | liegende Einzylindermaschine | | | 4 Zyl. stehend |

Die Ruhrthaler Maschinenfabrik hat bisher zwei rößere Einheiten von 30 und von 60 PS, überlastbar bis und 70 PS gebaut. Die großen Lokomotiv-Bauarten lider Firmen kommen auf Geschwindigkeiten bis zu m/s, so daß sie an Leistungsfähigkeit selbst den Fahr-aht-Lokomotiven gewachsen sind. Es ist daher ein ftiger Wettstreit zwischen Diesel- und Fahrdraht-Lo-motive zu erwarten. Der ersteren kommt dabei zu-tten, daß die Bergbehörde die Fahrdraht-Lokomotive ausziehenden Wetterstrom von Schlagwettergruben rboten hat, so daß z. Z. vorhandene Anlagen nur noch ristet laufen. Die Diesel-Lokomotive dürfte die größte ssicht haben, diese Erbschaft anzutreten. Abb. 7 zeigt e e Diesellokomotive der Ruhrthaler Maschinenfabrik

**Druckluft-Lokomotiven**

Auch die Druckluft-Lokomotiven waren infolge der Einfachheit ihres Grundgedankens und ihres Aufbaues bereits bei Kriegsbeginn soweit durchkonstruiert, daß ihre Bauweise sich in der Nachkriegszeit wenig veränderte, bis durch die Einführung der Abbaulokomotiven ganz neue Aufgaben hervortraten. Der Grundgedanke der Verwendung hochgespannter Druckluft, von der ein Vorrat in Stahlflaschen mitgeführt wird, ist wirtschaftlich in der Weise ausführbar, daß ein großer Teil der Energieverluste bei der Verdichtung durch Zwischenerwärmer zwischen den einzelnen Dehnungsstufen der Lokomotive kostenlos zurückgewonnen wird. Die Vorratsluft wird zunächst durch ein Druckminderventil auf einen gleichbleibenden Arbeitsdruck gebracht und in einem Zwischenwärmer, dem Arbeitsbehälter, annähernd wieder auf Umgebungstemperatur erwärmt. Erst danach folgt die Zuführung in die Arbeitzylinder, wobei zwischen die Expansionsstufen wiederum Zwischenwärmer eingeschaltet sind. Voraussetzung für die Verwendung von Druckluft-Lokomotiven ist daher die Möglichkeit, die für die Zwischenwärmer notwendigen Wärmemengen der umgebenden Luft entziehen zu können. Die Lokomotiven sind auf Strecken mit gleichmäßig warmen Wettern beschränkt, eine Voraussetzung, die im deutschen Steinkohlenbergbau im allgemeinen erfüllt ist. Da die Druckluft-Lokomotiven die größte Schlagwettersicherheit aller bekannten Lokomotivarten aufweisen, und da sie die Wetter durch ihre Kühlwirkung verbessern, ist die Druckluft-Lokomotive ein besonders geeignetes Fördermittel für unsere tiefen und schlagwetterreichen Steinkohlengruben geworden. Für Stollenbetriebe und wenig tiefe Schachtanlagen, bei denen die Lokomotiven in Wettern stark wechselnder Temperatur fahren, ist für die Erwärmung in den Zwischenwärmern eine besondere, meist mit Koks beschickte Feuerung notwendig.

Umstritten war lange Zeit die Frage, ob eine zweifache oder dreifache Dehnung der Druckluft im Motor der Lokomotive besser sei. Die Berliner Maschinenbau-A.-G. vormals L. Schwartzkopff, Berlin, läßt den Luftdruck seit langem auf 25 at im Arbeitsbehälter vermindern, um ihn dann dreistufig arbeiten zu lassen. Die übrigen Firmen begannen mit einem Arbeitsdruck von 15 bis 18 at und begnügten sich mit zweistufiger Expansion. Für diese Konstruktion führten sie neben der einfachen Bauweise an, daß bei dem häufigen Anfahren der Lokomotiven, wobei oft Frischluft in den Niederdruckzylinder eingelassen werden muß, der Vorteil der besseren Energieausnutzung bei dreistufiger Dehnung zu wenig zur Geltung komme. In welchem Sinne diese Frage heute gelöst erscheint, zeigt der Herstellungsplan der Demag, A.-G., Duisburg, die für lange Strecken eine Lokomotive mit dreifacher Dehnung baut, während sie für kurze Strecken und Verschiebezwecke ihre zweistufige Bauart empfiehlt. Mit der ersteren soll man bei gleichem Luftvorrat eine um 20 vH längere Strecke befahren können.

An wirklichen Verbesserungen der gebräuchlichen Lokomotivbauarten sind in der Nachkriegzeit nur zwei

erwähnenswert. Wirtschaftlich am wichtigsten ist die Erhöhung des Luftdruckes, der am Kompressor vor dem Kriege 100 at betrug, dann auf 150 und sehr bald auf 200 at gesteigert wurde. Neuerdings hat die Demag Lokomotiven für 225 at Fülldruck gebaut. Erhöhte Aufmerksamkeit ist der Wasserabscheidung zugewandt, da durch Wasser in den Druckluftflaschen Anfressungen der Innenwand festgestellt sind[5]). Die Flaschen werden daher mit einem Schauloch von etwa 50 mm Dmr. und mit einem Wasserablaßhahn an der tiefsten Stelle jeder Flasche gebaut.

Bei ausreichendem Streckenquerschnitt kommt man bis auf einen Inhalt der Flaschen von 1400 l. Bei einer Füllung von 150 at reicht dieser aus, einen Wirkungskreis von 3 km Halbmesser mit Zügen von etwa 40 gewöhnlichen Förderwagen zu beherrschen. Das entspricht einem Aufwand von rd. 1 $m^3$ angesogener Luft, bezogen auf 1 Brutto-tkm. Bei kürzeren Strecken mit mehr Anfahrarbeit erhöht sich dieser Aufwand entsprechend. Als weitere übliche Angaben neuzeitlicher Druckluft-Lokomotiven können gelten: Gewicht 6,5 bis 7,5 t, Zugkraft 500 kg, durch Frischluft im Niederdruckzylinder beim Anfahren auf mindestens 1000 kg zu erhöhen, Dauerleistung 18 PS, Geschwindigkeit 3 m/s. Da der Querschnitt der Lokomotive durch die Strecken begrenzt ist, muß der Vorratsraum durch Länge der Lokomotive erreicht werden (bis über 4 m).

Der Vorzug der unbedingten Schlagwettersicherheit läßt die Druckluft-Lokomotive besonders geeignet erscheinen, als Abbaulokomotive im unmittelbaren Anschluß an die Gewinnungsorte der Kohle verwendet zu werden. In den letzten Jahren sind daher eine Reihe solcher Lokomotivbauarten unter besonderem Namen, z. B. Troll (Bergbau G. m. b. H., Dortmund), Grubenfloh (Schwartzkopff), Grubenzwerg (Demag) u. a. auf den Markt gekommen. Solche Lokomotiven dürfen die Größe eines Förderwagens nicht überschreiten oder sie müssen wenigstens in einfacher Weise in zwei Teile solchen Höchstmaßes zerlegt werden können. Kleine Maße sind aber gerade bei Druckluft-Lokomotiven schwer einzuhalten, weil die Vorratsflaschen einen bestimmten Raum verlangen. Ausgeschlossen ist es, den Energievorrat für eine ganze oder wenigstens für eine halbe Schicht bei sich zu führen. Eine mehrfache Füllung während einer Schicht ist notwendig. Es bedarf also der Verlegung der Rohre für hochgespannte Druckluft bis in die Nähe der Abbaue. Darin dürfte ein Haupthindernis für die Einführung dieser Lokomotiven liegen. Trotzdem zwingt das geringe Speichervermögen zu sparsamer Verwendung des Luftvorrates. Durch Mehrfachexpansion ist dieses Ziel nicht zu erreichen, da deren Vorteile durch Verluste bei dem häufigen Anfahren verlorengehen. Die Zwischenwärmer erfordern Platz, der hier mit Rücksicht auf den Luftvorrat besonders kostbar ist. Da sich zudem der hohe Ungleichförmigkeitsgrad des Motors auf den schlecht verlegten Schienen der Abbaustrecken besonders nachteilig geltend macht, sind einzelne Firmen von der sonst üblichen Anordnung des Motors abgegangen und zu neuen Konstruktionen gekommen, die den schlechten Schienen, den kurzen Strecken und dem häufigen Anfahren Rechnung tragen sollen.

Die Maschinenfabrik Jung, Jungenthal (Vertrieb durch Bergbau G. m. b. H., Dortmund), benutzt einen einfach wirkenden Vierzylindermotor, der bei 25 at Arbeitsdruck das gesamte Druckgefälle ohne Zwischenstufen im Gleichstromverfahren ausnutzt. Die vier Zylinder sind um 90° gegeneinander versetzt. Die Luft tritt an der Deckelseite des Zylinders durch eine Ventilsteuerung ein, um an der entgegengesetzten Seite durch Schlitze auszupuffen. Ein Ausdrücken der Luft durch den Kolben findet nicht statt, so daß der verbleibende Luftrest im Zylinder verdichtet und erwärmt wird. Die aus dem Arbeitsbehälter eintretende Druckluft mischt sich mit dieser erwärmten Luft. Dadurch wird eine Vereisung des Zylinders vermieden, obgleich im Auspuff Temperaturen von — 70° gemessen sind. Als Vorteile dieses Motors, die dem Verzicht auf die Rückgewinnung von Wärme in den Zwischenwärmern zwischen den Expansionsstufen gegenüberstehen (im Arbeitsbehälter zwischen Druckminderventil und Zylinder findet natürlich Zwischenwärmung statt), werden gelten gemacht: Durch die Ventilsteuerung ist man in der Lage den Füllungsgrad des Zylinders beliebig zu verändern so daß beim Anfahren mit großen Füllungen (0 vH Expansion), bei gleichmäßiger Fahrt aber mit hoher Expansion (bis 50 vH) gearbeitet werden kann. Der Motor ist in jeder Stellung fahrbereit. Eine Füllung des große Niederdruckzylinders mit Frischluft kommt nicht in Frage. Neben größter Einfachheit der Steuerung und ruhigem Gang ist dadurch gerade beim Anfahren geringer Luftverbrauch erreicht. Die Umlaufzahl derartiger Motoren ist natürlich erheblich höher als die der gewöhnlichen Lokomotivmotoren, so daß eine Kegel- oder Schneckenradübersetzung einzuschalten ist.

Bei Versuchen, die vom Dampfkesselüberwachungsverein Siegen vorgenommen wurden, ergab sich bei Fahrt mit einem 20 t schweren Zuge ein Verbrauch von 0,867 m³ angesogener Luft auf 1 Brutto-tkm. Hier handelt es sich jedoch um besonders günstige Bedingungen, besonders vorzügliche Schienenlage. In Abbaustrecken rechnet die Lieferfirma selbst mit einem Verbrauch von 1,25 $m^3$/tkm, eine Zahl, die von den Lokomotiven mit mehrfacher Dehnung sicherlich nicht übertroffen wird.

Von ähnlichen Gedanken ist die Berliner Maschinenbau-A.-G., vorm. L. Schwartzkopff, bei Konstruktion ihrer Abbaulokomotiven ausgegangen. Sie verwendet einen sternförmigen Fünfzylindermotor, dem die Arbeitsluft von 25 at Spannung aus dem Arbeitsbehälter hinter dem Druckminderventil durch eine Ringleitung zugeführt wird. Der Arbeitsbehälter ist als Zwischenwärmer ausgebildet, so daß die Luft fast mit Grubentemperatur den ebenfalls nach dem Gleichstromverfahren arbeitenden Zylindern zugeführt wird. Durch Verwendung von Leichtmetall für die Kolben wird die Masse der bewegten Teile vermindert. Auf diese Weise ist es gelungen, einen Motor zu bauen, der ruhigen Gang der Lokomotive auch auf schlechtem Gestänge ergibt und wenigstens auf kurzen Förderstrecken den Motoren mit mehrfacher Dehnung hinsichtlich Luftverbrauch überlegen ist. Abb. 8 zeigt eine solche Lokomotive mit abgenommenem Führerstand und gelöstem Motor.

Eine Folge dieser Entwicklung der Abbaulokomotive ist die jüngste Entwicklung auf dem Gebiete der Hauptstrecken-Lokomotiven: die Firma Schwartzkopff hat einen ähnlich gebauten, sternförmigen Sechszylindermotor herausgebracht, den sie für Druckluftlokomotiven für Hauptstrecken verwenden will, wenn es sich um verhältnismäßig kurze Förderwege handelt. Für lange Förderwege will sie ihre Motoren mit dreifacher Dehnung beibehalten. [B 3169]

[5]) Unfälle im Druckluftlokomotivbetrieb, „Glückauf" Bd. 57 (1921) S. 1284.

## Schweißen im Lokomotivbau

Die Baldwin-Lokomotivwerke haben kürzlich für die Georgia-Northern-Bahn eine 1 D 1 - Lokomotive mit vierachsigem Tender gebaut, deren Einzelteile, soweit wie möglich, statt durch Nieten und Schrauben durch Schweißung verbunden wurden. So sind alle Rahmenquerverstrebungen, Zugkasten und Stahlgußteile mit dem Rahmen verschweißt, auch bei Teilen des Führungshauses und Kuhfängers und in besonders großem Umfange beim Tender hat man Schweißverbindungen verwendet. Hier sind der Wasserkasten und das aus Trägern zusammengesetzte Untergestell vollständig geschweißt. Geschweißte Untergestelle benutzt bereits seit Jahren die Stadtbahn von Neu-Südwales. In Amerika hat man auch seit einiger Zeit Tenderwasserkasten mit Untergestellen aus Stahlguß, die zugleich den Boden bilden, verschweißt. [N 3528 e]

# Höhere Leistungen an gewaschener Feinkohle
## bei Schwimmaufbereitung der Schlammkohle

*Von Ing. M. Lucke, Köln-Deutz*

*Die nachfolgenden Ausführungen sollen zeigen, in welchem Maße die Schwimmaufbereitung (Flotation) der Schlammkohlen geeignet ist, in Kohlenwäschen eine Steigerung der Leistung an gewaschener Feinkohle und dadurch eine Erhöhung der Wirtschaftlichkeit herbeizuführen. Gleichzeitig werden neue Verfahren für Kohlenentwässerung und der Einfluß von Konzentraten der Kohlenschwimmaufbereitung auf die Festigkeit des aus der erzeugten Gesamtkokskohle gewonnenen Kokses beschrieben. An der Hand eines allgemeinen Stammbaumes wird der Arbeitsgang einer neuzeitlichen Kohlenwäsche mit Schlammeindicker, Schwimmaufbereitung, Filtern und mechanischen Schnellentwässern gezeigt.*

Eine der wichtigsten Aufgaben, die dem Kohlenaufbereiter sowohl beim Bau neuer Kohlenwäschen als auch zwecks Erhöhung der Wirtschaftlichkeit bestehender Anlagen gestellt werden, ist die weitestgehende Aufbereitung und Verwertung der unvermeidlich anfallenden Kohlenschlämme. Diese müssen den in der Wäsche gewonnenen Waschkohlen möglichst restlos zugesetzt werden können, ohne daß deren Aschengehalt über eine meist vorgeschriebene Höchstgrenze hinaus gesteigert wird.

Wieweit dies möglich ist, hängt zunächst im wesentlichen von der Art und Beschaffenheit der Rohkohle an sich und von deren Waschbarkeit ab, dann aber vor allem davon, welcher Höchstaschengehalt in der gewaschenen Feinkohle oder im etwa zu erzeugenden Koks angestrebt wird. Auch der Eigenbedarf einer Kohlenwäsche an Kesselkohle spielt eine gewisse Rolle, da hierfür zumeist der anfallende Schlamm unmittelbar verwendet werden kann.

Der Kohlenschlamm oder -staub würde infolge seines hohen Aschengehaltes und infolge der Unmöglichkeit, diesen durch naßmechanische Aufbereitung nennenswert zu vermindern, die Güte der gewonnenen gewaschenen Feinkohle stark beeinträchtigen. Man bemüht sich daher, den mengenmäßigen Schlammanteil in der Feinkohle durch Windsichter, trockene oder nasse Vorabsiebung der Rohfeinkohle vor dem eigentlichen Waschvorgang sowie dem nachfolgenden Abbrausen der gewaschenen Feinkohle soweit wie irgend möglich herabzusetzen. Auf diese Weise fallen je nach Art und Zerreiblichkeit der Kohle unter Umständen ganz erhebliche Mengen von Kohlenschlämmen an, die einen bedeutenden Mengenverlust darstellen, falls sie nicht irgendwie nutzbar gemacht werden können (Verfeuern oder Verkauf).

Bei Anwendung der bisher üblichen einfacheren Aufbereitungsverfahren (Schlammabsiebung) kann nur ein Teil dieser Schlämme, und zwar der Anteil an gröberer Körnung, soweit er als genügend aschenarm zu bezeichnen ist, der gewaschenen Feinkohle zugesetzt werden. Der meist größere Anteil an feineren Schlämmen muß infolge seines zu hohen Aschengehaltes besten Falls als Kesselkohle oder als sehr minderwertige Haldenschlammkohle abgestoßen werden. Da aber der erzielbare Erlös aus dem Verkauf solcher Halden- (oder Teich-) Schlämme zumeist noch nicht einmal die anteilig zu verrechnenden Betriebskosten deckt (von sonstigen Kosten und Unbequemlichkeiten ganz abzusehen), so erhellt schon allein hieraus, daß die Gewinnquote einer Kohlenwäsche durch den Anfall minderwertiger, nicht aufbereitbarer Schlämme ganz erheblich geschmälert werden kann.

Aus diesem Grunde ist der Kohlenfachmann von jeher bemüht gewesen, immer neue Aufbereitverfahren ausfindig zu machen, um den Anfall unverwendbarer Schlämme einzuschränken und in seiner Kohlenwäsche ein möglichst großes Ausbringen an wertvoller, gewaschener Feinkohle zu erreichen.

Hier bietet sich nun in der Schwimmaufbereitung ein Verfahren, das mit verhältnismäßig geringem Kostenaufwand ermöglicht, die Kohlenschlämme fast restlos (bezogen auf ihre nutzbare Menge an Verbrennbarem) zu verwerten und durch Erzeugung aschenarmer Stoffe, die der gewaschenen Feinkohle zugesetzt werden können, deren Gesamtausbeute sehr günstig zu beeinflussen. Auf Grund einer großen Anzahl eingehender Untersuchungen, die im Forschungsinstitut der Maschinenbau-Anstalt Humboldt, Köln-Kalk, in den letzten Jahren durchgeführt wurden, ergab sich, daß je nach Art und Herkunft der Kohlen durch die Schwimmaufbereitung der Schlämme die Erhöhung der Gesamtausbeute an gewaschener Feinkohle im Mittel sich wie folgt auswirkt:

Bei Ruhr-Fettkohlenwäschen bis zu 3 vH, bei Gas- und Gasflammkohlenwäschen bis zu 10 vH; bei sächsischen und schlesischen Kohlenwäschen beträgt die Steigerung bis zu 20 vH, stellenweise sogar noch mehr, während bei Saarkohle im Mittel eine Leistungssteigerung von 12 bis 15 vH erreicht wurde. Im Wurmbezirk liegen die Verhältnisse ähnlich wie an der Saar.

Die Schlammkohlenflotation hat daher in Ostdeutschland, im Saar- und Wurmgebiet auch bereits mit bestem Erfolg festen Fuß gefaßt.

Der Aschengehalt der auf naßmechanischem Wege nicht aufbereitbaren Kohlenschlämme schwankt naturgemäß je nach der Beschaffenheit der Kohlenvorkommen und je nach der in technischer und zweckdienlicher Hinsicht mehr oder weniger großen Vollkommenheit der Wäsche sehr erheblich. Im Mittel kann man mit rd. 20 bis 25 vH Asche im Rohschlamm rechnen, d. h. also, daß 75 bis 80 vH seiner Menge verbrennbar sind. Von diesen werden bei richtiger Auswahl des geeigneten Verfahrens der Schwimmaufbereitung 90 vH und mehr in Form einer aschenarmen Kohle mit rd. 5 bis 7 vH Asche zurückgewonnen, die für alle Verwendungszwecke, besonders als gute Kokskohle durchaus geeignet ist.

In welchem Maße sich der Anteil von gewaschener Feinkohle durch Anwendung der Schlammschwimmaufbereitung steigern läßt, soll an der Hand des nachfolgenden Untersuchungsprotokolls gezeigt werden. Es handelt sich dabei um eine im Auftrage der Zentraleuropäischen Schwimmaufbereit-A.-G., in der Versuchsanstalt der Maschinenbau-Anstalt Humboldt durchgeführte Gesamtuntersuchung der Rohfeinkohle aus der Gas- und Gasflammkohlenwäsche einer Zeche des Ruhrbezirkes. Die zur Verfügung stehende größere Versuchsmenge war ein in mehrtägigem Wäschebetrieb gezogenes Durchschnittmuster der verarbeiteten Rohfeinkohle. Die dem Versuch zu Grunde gelegten Verhältnisse entsprachen also fast vollkommen denen des praktischen Betriebes.

### Versuchsergebnisse

Je eine größere Durchschnittsprobe Rohfeinkohle, gewaschene Feinkohle und Feinberge wurden aus dem Wäschebetrieb entnommen; zunächst wurde von jeder eine Siebanalyse angefertigt, bei gleichzeitiger Bestimmung des Aschengehaltes jeder einzelnen Siebklasse. Zahlentafel 1 zeigt die Ergebnisse nach Aschenanteilen in vH, bezogen auf Gewichtsteile in vH.

Das Korn 0,5 bis 8 mm enthielt nach dem Waschen nur 5,3 vH Asche, das Korn 0 bis 0,5 mm dagegen noch rd. 24 vH Asche, letzteres hat also unaufbereitet den Setzvorgang durchlaufen. Daher wurde aus der Rohfeinkohle zunächst das Korn 0 bis 0,5 mm (Schlamm) abgesiebt (rd.

22 vH Gewichtsteile mit 21 vH Asche) und der Schwimmaufbereitung unterworfen. Die dabei gewonnenen Erzeugnisse (Kohle und Berge) zeigt Zahlentafel 2.

Das entschlammte Restgut, Korn 0,5 bis 8 mm der Rohfeinkohle (78 vH Gewichtsanteile mit rd. 12,1 vH Asche), wurde einem Setzversuch unterzogen und dabei in fünf Einzelfraktionen zerlegt. In Zahlentafel 3 sind diese mengenmäßig und mit den dazugehörigen Aschenwerten zusammengestellt. Die sich weiter daraus ergebenden Werte lieferten die Unterlagen für die Konstruktion der Waschkurven III a und III b, Abb. 1.

Zahlentafel 4 ist unter Berücksichtigung der Zugabe der ungereinigten Schlämme (22 vH Gewichtsanteile mit 21 vH Asche) zusammengestellt worden. Diese sind zwischen die Fraktion 2 und 3, Zahlentafel 3, entsprechend deren nächsttieferem oder nächsthöherem Aschengehalt eingesetzt. Die Werte der Zahlentafel 4 geben so die Unterlagen für die Waschkurven IV a und IV b, Abb. 1, die das Verhalten der Gesamtrohfeinkohle bei Zusatz der unaufbereiteten Schlämme zeigen.

Setzt man dagegen an Stelle des unaufbereiteten Schlammes die durch seine Schwimmaufbereitung gewonnenen Erzeugnisse an den betreffenden Stellen (zwischen Fraktion 1 und 2 sowie 4 und 5) in Zahlentafel 4 ein, so erhält man aus den Werten der Zahlentafel 5 die Unterlagen für die Kurven V a und V b, Abb. 1, die das Verhalten der Gesamtrohfeinkohle bei Anwendung der Schwimmaufbereitung der Schlammkohlen zeigen.

In der graphischen Darstellung der Untersuchungsergebnisse durch Waschkurven[1]), Abb. 1, bedeuten die Werte der Abszissenachse die Aschengehalte in vH, während die Ordinatenwerte die Gewichtshundertteile der einzelnen Fraktionen, bezogen auf Rohfeinkohle darstellen. In Abb. 1 wurden die Waschbarkeitskurven nicht eingezeichnet, um die Übersichtlichkeit des Kurvenbildes nicht zu beeinträchtigen. Es sind nur die aus der Aneinander-

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 521 u. f.; „Metall und Erz" Bd. 22 (1925) S. 417.

**Zahlentafel 1**
Siebanalysen

| Korn mm | Rohfeinkohle vH | Rohfeinkohle Asche vH | Gewaschene Feinkohle vH | Gewaschene Feinkohle Asche vH | Feinberge vH | Feinberge Asche vH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 bis 8 | 78 | 12,1 | 54,8 | 3,96 | 44,0 | 69,31 |
| 1 „ 2 | | | 21,2 | 6,16 | 34,7 | 66,66 |
| 0,5 „ 1 | | | 8,9 | 9,72 | 7,4 | 69,18 |
| 0,3 „ 0,5 | 4,4 | 14,66 | 3,1 | 16,27 | 3,6 | 64,64 |
| 0 „ 0,3 | 17,6 | 22,63 | 12 | 26,07 | 10,3 | 60,5 |
| 0 bis 8 | 100 | 14 | 100 | 8 | 100 | 67,4 |

**Zahlentafel 2**
Ergebnisse der Schwimmaufbereitung des Korns 0 bis 0,5 mm

| Sorten | Gewicht vH | Asche vH |
|---|---|---|
| Aufgabe . . . . . | 100 | 21 |
| Kohle . . . . . | 77,3 | 6,8 |
| Berge . . . . . | 22,7 | 69,3 |

**Zahlentafel 3**
Setzversuch des entschlammten Restgutes, Korn 0,5 bis 8 mm

| Fraktion | A Gewichtsanteil, bezogen auf 0,5 bis 8 mm vH | B Gewichtsanteil bezogen auf 0 bis 8 mm vH | C Gesamter Gewichtsanteil Kohle vH | D Gesamter Gewichtsanteil Berge vH | E Asche vH | B×E Aschen-einheiten | F Gesamte Aschen-einheiten Kohle | G Gesamte Aschen-einheiten Berge | F:C Mittlerer Aschengehalt Kohle | G:D Mittlerer Aschengehalt Berge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 78,19 | 61 | 61 | 78 | 4 | 244 | 244 | 941,3 | 4 | 12,1 |
| 2 | 5,88 | 4,58 | 65,58 | 17 | 10,1 | 46,3 | 290,3 | 697,3 | 4,43 | 41 |
| 3 | 6,23 | 4,87 | 70,45 | 12,42 | 31,6 | 154 | 444,3 | 651 | 6,31 | 52,4 |
| 4 | 5,19 | 4,05 | 74,5 | 7,55 | 57,94 | 235 | 679,3 | 497 | 9,12 | 65,8 |
| 5 | 4,51 | 3,5 | 78 | 3,5 | 74,92 | 262 | 941,3 | 262 | 12,1 | 74,9 |
| | 100 | 78 | | | | | | | | |

**Zahlentafel 4**
Auswirkung des Satzversuches bei Zugabe unaufbereiteten Schlammes

| Fraktion | A Gewichtsanteil, bezogen auf 0,5 bis 8 mm vH | B Gewichtsanteil bezogen auf 0 bis 8 mm vH | C Gesamter Gewichtsanteil Kohle vH | D Gesamter Gewichtsanteil Berge vH | E Asche vH | B×E Aschen-einheiten | F Gesamte Aschen-einheiten Kohle | G Gesamte Aschen-einheiten Berge | F:C Mittlerer Aschengehalt Kohle | G:D Mittlerer Aschengehalt Berge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 61 | 61 | 100 | 4 | 244 | 244 | 1403,3 | 4 | 14 |
| 2 | | 4,58 | 65,58 | 39 | 10,1 | 46,3 | 290,3 | 1159,3 | 4,4 | 29,7 |
| Schlamm | | 22 | 87,58 | 34,42 | 21 | 462 | 752,3 | 1113 | 8,6 | 32,3 |
| 3 | | 4,87 | 92,45 | 12,42 | 31,6 | 145 | 906,3 | 651 | 9,8 | 52,4 |
| 4 | | 4,05 | 96,5 | 7,55 | 57,94 | 235 | 1141,3 | 497 | 11,8 | 65,8 |
| 5 | | 3,5 | 100 | 3,5 | 74,92 | 262 | 1403,3 | 262 | 14 | 74,9 |

**Zahlentafel 5**
Auswirkung des Satzversuches bei Zugabe schwimmaufbereiteter Kohle und Berge

| Fraktion | A Gewichtsanteil, bezogen auf 0,5 bis 8 mm vH | B Gewichtsanteil bezogen auf 0 bis 8 mm vH | C Gesamter Gewichtsanteil Kohle vH | D Gesamter Gewichtsanteil Berge vH | E Asche vH | B×E Aschen-einheiten | F Gesamte Aschen-einheiten Kohle | G Gesamte Aschen-einheiten Berge | F:C Mittlerer Aschengehalt Kohle | G:D Mittlerer Aschengehalt Berge |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | 61 | 61, | 100 | 4 | 244 | 244 | 1403,3 | 4 | 14 |
| Flot. Kohle | | 17 | 78 | 39 | 6,8 | 115,6 | 359,6 | 1159,3 | 4,6 | 29,7 |
| 2 | | 4,58 | 82,58 | 22 | 10,1 | 46,3 | 405,9 | 1043,7 | 4,9 | 47,4 |
| 3 | | 4,87 | 87,45 | 17,42 | 31,6 | 154 | 559,9 | 997,4 | 6,4 | 57,2 |
| 4 | | 4,05 | 91,5 | 12,55 | 57,9 | 235 | 794,9 | 843,4 | 8,6 | 67,2 |
| Flot. Berge | | 5 | 96,5 | 8,5 | 69,3 | 346,4 | 1141,3 | 608,4 | 11,8 | 71,6 |
| 5 | | 3,5 | 100 | 3,5 | 74,9 | 262 | 1403,3 | 262 | 14 | 74,9 |

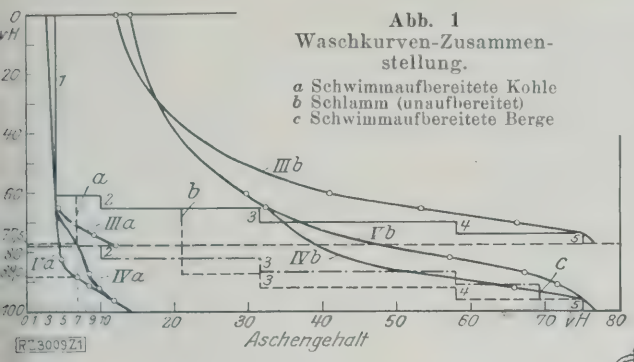
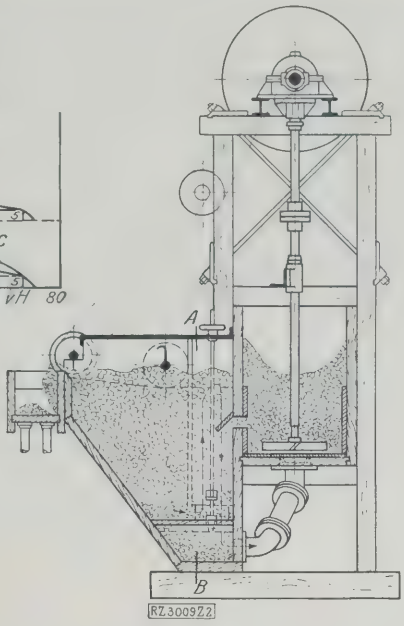



**Abb. 1**
Waschkurven-Zusammenstellung.
*a* Schwimmaufbereitete Kohle
*b* Schlamm (unaufbereitet)
*c* Schwimmaufbereitete Berge



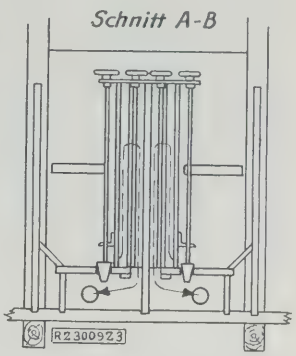




**Abb. 2 und 3**
Arbeitszelle einer Rührwerkmaschine (M.-S.-Schwimmgerät).

hung der einzelnen Fraktionen nach Aschengehalt l Gewichtsanteilen sich ergebenden Treppenlinien getragen, die die Grundlage für die Einzeichnung r Waschbarkeitskurven bilden (Korn 0,5 bis 8 mm ein nach Zahlentafel 3, bei Zusatz des unaufreiteten Schlammes nach Zahlentafel 4 und des wimmaufbereiteten Schlammes nach Zahlentafel 5). e aus den mittleren Aschengehalten und Gewichtsteilen sich ergebenden mittleren Aschengehaltsrven der Kohle sind dargestellt durch die Kurven a, IV a und Va und der Berge durch die Kurn III b, IV b und V b. Aus diesen kann für jeden ll das erreichbare Höchstausbringen an gewaschener inkohle bei irgendeinem vorgeschriebenen Aschengehalt d umgekehrt unmittelbar abgelesen werden.

Im vorliegenden Untersuchungsfall handelte es sich um e Wäsche von 1300 t Rohfeinkohle Tagesleistung, die in b. 1 mit 100 vH Gewichtsanteilen eingesetzt ist. Soll n z. B. bestimmt werden, wie hoch das Ausbringen in Gewichtsanteilen an gewaschener Feinkohle mit höchns 7 vH Asche ist, so ergibt sich:

. bei Zusatz nichtaufbereiteten Schlammes (nach Kurve IVa, Abb. 1) ein Höchstausbringen von 77,5 vH Gewichtsanteilen $= \frac{77{,}5 \cdot 1300}{100} = 1007{,}5$ t an einem Tag

dagegen

b. bei Anwendung der Schlammschwimmaufbereitung nach Kurve Va, Abb. 1) ein Höchstausbringen von 89 vH Gewichtsanteilen $= \frac{89 \cdot 1300}{100} = 1157$ t an einem Tag.

Das Mehrausbringen an gewaschener Feinkohle durch wimmaufbereitung der Schlämme 0 bis 0,5 mm beträgt ao in vorliegendem Falle 11,5 vH Gewichtsanteile oder rd. 1) t an einem Tag mit 7 vH Asche. Von 22 vH Gewichtseilen aufbereiteter Schlämme könnten nur rd. 12 vH der gwaschenen Feinkohle zugesetzt werden, während rd. 1 vH = 130 t an einem Tag hierfür verlorengehen würden.

### Wirtschaftlichkeit

Der Wert der durch die Schwimmaufbereitung mehr gronnenen Kohle berechnet sich, bei 300 Arbeitstagen i einem Jahr und 14,5 ℳ/t, zu $150 \times 300 \times 14{,}5 =$ 6 500 ℳ im Jahr. Rechnet man mit einem Verkaufswert von 3 ℳ/t unaufbereiteten Schlammes, so ließe sich aus den nicht für die gewaschene Feinkohle verwendbaren 130 t Schlamm an einem Tag ein Jahreserlös von $130 \times 300 \times 3 = 117\,000$ ℳ erzielen.

Die Gesamtbetriebskosten (Kraft, Löhne, Mittel für d Schwimmaufbereitung, Ausbesserungen und Verschleiß, Schmier- und Putzmittel), die auf der Erzeugung von 150 t schwimmaufbereiteter Kohle an einem Tag lasten, belaufen sich in vorliegendem Falle auf ℳ oder im Jahr auf $77 \times 300 = 23\,100$ ℳ = 0,5 ℳ/t schwimmaufbereiteten Konzentrates. Demnach rechnet sich ein jährlicher Mehrerlös bei Anwendung der Schwimmaufbereitung für Schlammkohlen von 1400 ℳ gegenüber dem Teilzusatz unaufbereiteter Schlämme zur gewaschenen Feinkohle.

Die Höhe des Anlagekapitals für den Einbau einer Schwimmaufbereitanlage in eine Kohlenwäsche hängt jeweilsgemäß immer von den jeweiligen örtlichen Verhältnissen ab und von der gewählten maschinellen Einrichtung. Nach den bisherigen Erfahrungen kann jedoch gesagt werden, daß in den meisten Fällen sich eine Anlage zur Schwimmaufbereitung der Schlammkohlen in 8 bis 12 Monaten abschreiben läßt, wobei die Anlagekosten für die Entwässerungseinrichtungen (Filter) miteinbezogen sind.

### Maschinelle Einrichtungen und Betrieb

Die Rührwerkmaschinen haben sich mehr und mehr als die in ihrer Arbeit zuverlässigsten und unempfindlichsten gegenüber Schwankungen hinsichtlich Mengenaufgabe, Trübedichte und Körnung der Schlämme erwiesen[2]). In den Rührwerkmaschinen kann man feine Schlämme (von 0 bis 0,5 mm) und auch gröbere bis zu rd. 3 mm gleichgut verarbeiten, die erzeugten Konzentrate der Schwimmaufbereitung fallen verhältnismäßig wasserarm an (60 bis 65 vH $H_2O$) gegenüber solchen der Druckluft-Schwimmaufbereitverfahren (70 bis 80 vH $H_2O$). Gerade bei Kohlenschlämmen muß immer damit gerechnet werden, daß zeitweise auch gröbere Massen in größeren Mengen darin enthalten sind, die bei andern Verfahren und Maschinen zu unliebsamen Betriebstörungen führen. Hinzu kommt, daß gröbere Schlämme sich naturgemäß erheblich besser, d. h. weitgehender entwässern lassen, als feine Schlämme. Abb. 2 und 3 zeigen eine Arbeitszelle einer Rührwerkmaschine, und zwar des sogenannten M.-S.-Schwimmgerätes, Abb. 4 eine Anlage zur Aufbereitung von rd. 700 t Rohschlamm in 24 h.

Vor allem war und ist noch immer die Entwässerungsmöglichkeit schwimmaufbereiteter Kohlenschlämme eine der meisterörterten Fragen. Aus wirtschaftlichen und betriebstechnischen Gründen soll die gewaschene Feinkohle, soweit es sich z. B. um Kokskohle handelt, einen Gehalt an Feuchtigkeit von rd. 10 vH möglichst nicht überschreiten. Der erzielbare Mindestwassergehalt in einem Kohlenschlamm ist, abgesehen von den zur Anwendung gebrachten maschinellen Einrichtungen, hauptsächlich abhängig von:

1. dem Aschengehalt der Konzentrate der Schwimmaufbereitung, besonders bedingt durch die Anwesenheit von Ton;
2. von dem Anteil feinster Teile (unter 0,2 mm) im ausgebrachten Konzentrat, und
3. von dem Wassergehalt der Konzentrate an sich, wie sie von der betreffenden Schwimmaufbereitmaschine erzeugt werden.

[2]) Auf den Markt gebracht in Gestalt der Minerals-Seperation-Standard-Apparate der Centraleuropäischen Schwimmaufbereitungs-A.-G. (Cesag), Berlin, und u. a., gebaut von der Maschinenbau-Anstalt Humboldt, Köln-Kalk.

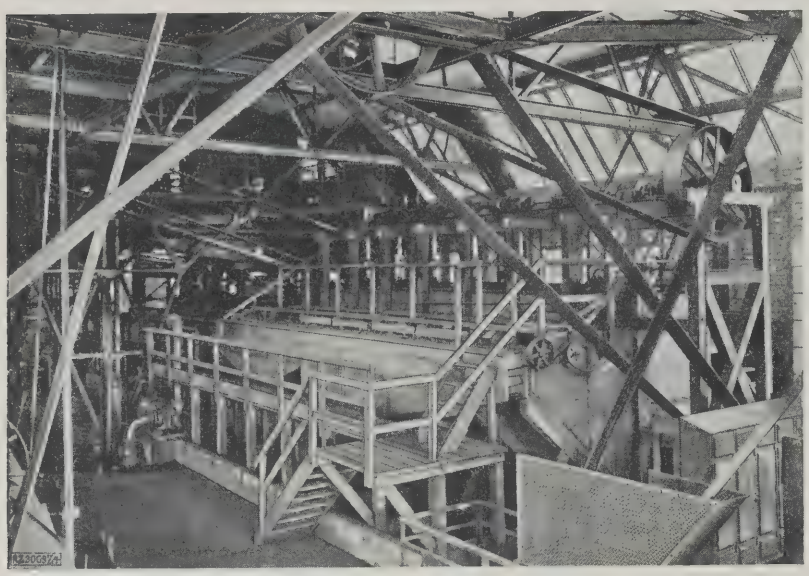


Abb. 4
Schwimmaufbereitungsanlage für Schlammkohlen, erbaut von der Maschinenbau-Anstalt Humboldt, Köln-Kalk.

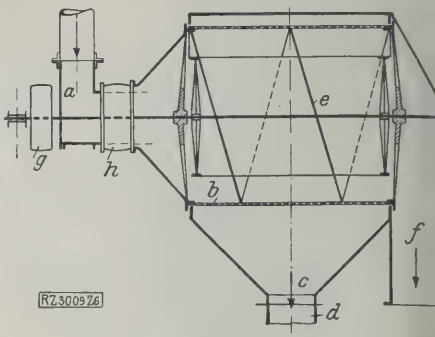



Abb. 5
Schnellentwässerer, Bauart Humboldt.
*a* Aufgaberohr für gewaschene Feinkohle
*b* Siebtrommel
*c* Blechgehäuse
*d* Anschlußrohr
*e* Förderschnecke
*f* Leitung für trockenes Gut
*g* Antrieb der Schnecke
*h* Antrieb der Siebtrommel

Je aschenärmer also ein Konzentrat der Schwimmaufbereitung und je gröber es in seiner Zusammensetzung ist, desto weitgehender läßt es sich entwässern, und je wasserärmer die Konzentrate an sich von der Schwimmaufbereitmaschine entfallen, desto größer ist die Leistung einer mechanischen Entwässereinrichtung, bezogen auf 1 m² Filterfläche.

Die allgemein heute mit bestem Erfolg für die Entwässerung von Schlammkohlenkonzentraten angewendeten Vakuumzellenfilter, sowohl Trommel- (Außen- oder Innenfilter) als auch Planfilter geben ein Erzeugnis mit rd. 16 bis 20 vH $H_2O$ bei Verarbeitung von Schlämmen unter rd. 1,2 mm; bei gröberen Schlämmen wird der Wassergehalt im gefilterten Gut noch erheblich geringer. Beim Zusetzen entwässerter, gefilterter Konzentrate der Schwimmaufbereitung zur entwässerten Feinkohle ist der dabei erzielte Gesamtwassergehalt in der sich ergebenden Feinkohle in erster Linie davon abhängig, wieweit es möglich ist, die aus der Wäsche entfallende gewaschene Feinkohle zu entwässern.

Hier werden aller Voraussicht nach die in letzter Zeit mehr und mehr aufkommenden und erheblich verbesserten, mechanischen Entwässerverfahren für Feinkohle in Zukunft eine nicht unbedeutende Rolle spielen. Die gewaschene Feinkohle gelangt ohne vorhergehende Vorentwässerung, also mit dem gesamten Wasser, wie sie von der Feinkohlensetzmaschine anfällt, durch ein Aufgaberohr *a* des Schnellentwässerers, Abb. 5, in die Siebtrommel *b*, in der durch Fliehkraftwirkung Wasser und Schlammkohle aus der Feinkohle herausgeschleudert und durch das die Trommel umschließende Blechgehäuse *c* und Anschlußrohr *d* zur Schlammschwimmaufbereitung abgeleitet werden. Die innerhalb der Siebtrommel zurückbleibende, entwässerte Feinkohle wird fortlaufend mittels der langsamer als die Siebtrommel umlaufenden Förderschnecke *e* ausgetragen und gelangt unmittelbar in Bunker oder in die Feinkohlenmischanlage.

Mit dem Schnellentwässerer wird z. B. auf einer Ruhrzeche gewaschene Feinkohle, so wie sie von der Setzmaschine kommt, ohne vorausgehende Vorentwässerung, unmittelbar auf 6 bis 8 vH $H_2O$ entwässert, wobei gleichzeitig der Aschengehalt der entwässerten Kohle um 4 vH und weiter verringert wird. Bei Verwendung dieses mechanischen Schnellentwässerers ergab sich für den Zusatz von rd. 10 t/h schwimmaufbereiteter Schlämme mit 20,4 vH $H_2O$ (Korn 1 bis 0 mm) zu 90 t/h gewaschene Feinkohle mit 7,5 vH $H_2O$ folgendes Ergebnis: 90 t gewaschene Feinkohle mit 4,4 vH Asche, entwässert auf 7,5 vH $H_2O$, dazu 10 t schwimmaufbereiteter Schlammkohle mit 6,8 vH Asche, gefiltert auf 20,4 vH $H_2O$, = 100 t Feinkohle (Kokskohle mit 4,6 vH Asche und 8,8 vH $H_2O$ Gesamterzeugnis.

Eine weitere, viel erörterte Frage ist die, wie sic bei Kokskohlenwäschen der Zusatz schwimmaufbereitete Kohle zur gewaschenen Feinkohle auf deren Verkokba keit auswirkt. Gerade hierüber sind in letzter Zeit ve schiedene sehr bemerkenswerte Veröffentlichungen e schienen, die die Untersuchungsverfahren und deren E gebnisse hinsichtlich der Verkokungsfähigkeit schwim aufbereiteter Schlämme behandeln[3]). Zumeist befasse sich allerdings diese Veröffentlichungen mit der Ve kokbarkeit von Flotationskonzentraten allein, wobei d Anreicherung von Fusit und Durit als schädliche B standteile im Schlamm unter Umständen einen äußer störenden Einfluß ausüben kann.

In der Praxis wird jedoch niemals schwimmaufbere tete Kohle allein verkokt werden, sondern stets gemisc mit der gewaschenen Feinkohle. Derartig gemisch Kokskohle ergibt einen besonders guten Koks. Voraus setzung dabei ist, daß

1. die Schwimmaufbereitung nicht allein auf die fei sten fusitreichsten Schlämme beschränkt wi sondern möglichst für verhältnismäßig gro Schlammkornklassen (mindestens bis 1 mm) a gewendet wird, daß
2. die entwässerte Feinkohle innig mit der schwim aufbereiteten Kohle durchmischt wird und
3. der Aschengehalt im Konzentrat der Schwimmau bereitung so niedrig wie möglich gehalten wird.

Sowohl auf Ruhrzechen, wie solchen im Saargebi Oberschlesien u. a. O. hat die Schlammkohlen-Schwim aufbereitung bei Beachtung vorerwähnter Bedingung nicht unwesentlich zur Verbesserung des Kokses u Erhöhung der Kokserzeugung beigetragen.

Untersuchungen, die in den Jahren 1925 und 19 auf einer Saarzeche mit Kokskohle in verschieden Mischverhältnis mit Konzentraten der Schwimma bereitung (5,5 bis 6 vH Asche) durchgeführt wurd ergaben bezüglich Druckfestigkeit des erzeugten Koks folgendes:

Koks aus gewaschener Feinkohle ohne Zus schwimmaufbereiteter Kohle, 124 kg/cm²,

Koks aus gewaschener Feinkohle + 5 vH Gewich anteil schwimmaufbereiteter Kohle 138 kg/cm²,

Koks aus gewaschener Feinkohle + 10 vH Gewich anteil schwimmaufbereiteter Kohle 150 kg/cm²,

Koks aus gewaschener Feinkohle + 15 vH Gewich anteile schwimmaufbereiteter Kohle 163 kg/cm²,

[3]) *Hoffmann*, Die mikroskopischen Gangteile der Saarkokske „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 1237 u. f.; *Kühlwein*, Aufbereitung und r kokung feinkörniger Kohle, „Glückauf" Bd. 65 (1929) S. 321 u. f.; *T* „Stahl und Eisen" Bd. 42 (1922) S. 1153 u. f. die vier gesteinkund h voneinander zu trennenden Bestandteile der Steinkohle sind: F t Vitrit, Clarit und Durit.

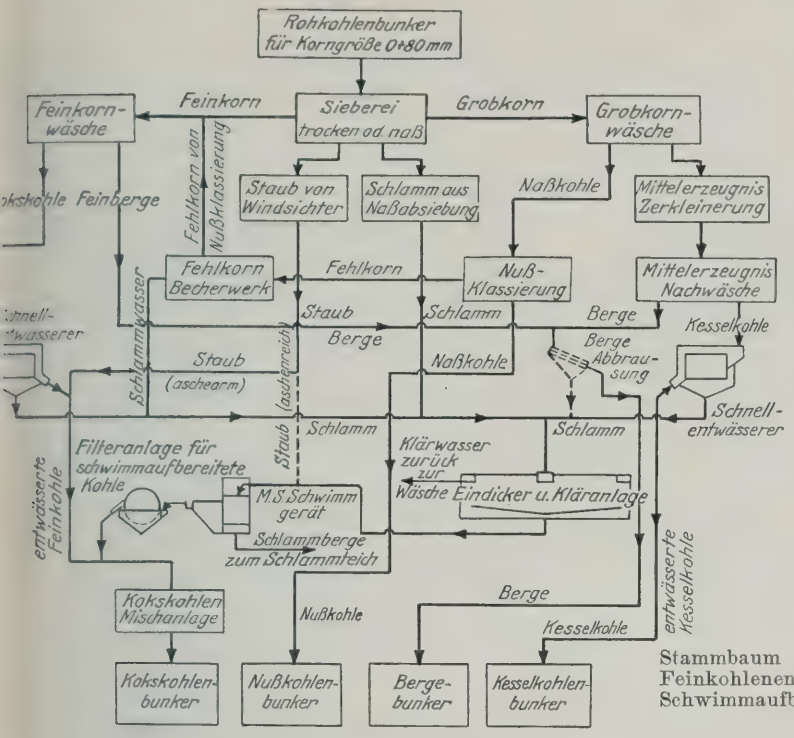



Abb. 6
Stammbaum einer Kohlenwäsche mit mechanischer Feinkohlenentwässerung, Schlammkohle-Eindicker, Schwimmaufbereitung und Filteranlage, Bauart Humboldt.

Koks aus schwimmaufbereiteter Kohle allein 220 kg/cm².

Der normale mengenmäßige Anteil von schwimmaufbereiteter Schlammkohle zur gewaschenen Feinkohle beträgt bei obiger Zeche 12 bis 15 vH.

Den Arbeitsgang einer mit Schwimmaufbereitung, Vakuumzellenfiltern und mechanischen Schnellentwässerern ausgerüsteten Kohlenwäsche zeigt der Stammbaum, Abb. 6. Hierbei sei vor allem auch auf die Verwendung von Rundeindickern mit stetiger, mechanischer Dickschlammaustragung hingewiesen, die hervorragend die Schlammwässer klären und so gut wie überhaupt keiner Wartung und Bedienung bedürfen.

[B 3009]

# Der indizierte Wirkungsgrad der Gasmaschine [1]

*Von Dr.-Ing. HERMANN SCHNELL, Leverkusen*

Bei der Gasmaschine besteht der ideale Arbeitsprozeß ı isobarem Ansaugen, adiabatischem Verdichten, isorem Verbrennen, adiabatischer Expansion und schließı dem Auspuff und Ausschieben. Ersetzt man diesen ozeß durch einen umkehrbaren geschlossenen Kreisprozeß äußerer Zu- und Abfuhr von Wärme, und nimmt man spezifische Wärme während des ganzen Prozesses konnt an, so erhält man für den theoretischen Wirkungsd $\eta$ die von *A. Witz*[2]) aufgestellte Gleichung

$$\eta = 1 - \varepsilon^{1-\varkappa} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1),$$

bei $\varepsilon$ das Verdichtungsverhältnis und $\varkappa$ das Verhältnis spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und konntem Volumen bedeutet.

Diese Formel ergibt zu günstige Werte für den Wirngsgrad. In der vorliegenden Arbeit wird ein Verren[3]) entwickelt, das gestattet, den Wirkungsgrad des alen Gasmaschinenprozesses ohne die Annahmen zu behnen und den Einfluß verschiedener Frischgaszusammenzungen, Luftüberschußzahlen und Verdichtungsverhältse zu berücksichtigen.

### Entwicklung des Berechnungsganges

Im folgenden bezeichne:

| | | |
|---|---|---|
| $U_1$ | innere Energie der Gasladung am Ende des Ansaugens . . . . . | kcal |
| $U_2$ | desgl. am Ende der Verdichtung . . | kcal |
| $U_3$ | desgl. am Ende der Verbrennung . . | kcal |
| $U_4$ | desgl. am Ende der Expansion . . . | kcal |
| $H_u$ | unterer Heizwert der Gasladung . . . | kcal |
| $C_v\|_0^T$ | mittlere spezifische Wärme bei konstantem Volumen für die Ladung zwischen 0° und $T$° abs vor der Verbrennung . . . . . | kcal/m³ °C |
| $C_v'\|_0^T$ | desgl. nach der Verbrennung . . . . | kcal/m³ °C |
| $AL_1$ | adiabatische Expansionsarbeit der Ladung . . . . . | kcal |
| $AL_2$ | adiabatische Verdichtungsarbeit der Ladung . . . . . | kcal |

[1]) Auszug aus der in den Forschungsarbeiten aus dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 316, erschienenen Arbeit; vergl. a. S. 1357 dieses Heftes.
[2]) Études sur les moteurs à gaz tonnant, Annales de physique et de chimie 1883 S. 289.
[3]) Dieser Vergleichsprozeß wird von Prof. *Nußelt* seit mehreren Jahren in seiner Vorlesung über die Theorie der Verbrennungskraftmaschinen an der Technischen Hochschule München vorgetragen.

Für die beiden Arbeiten gilt

$$AL_1 = U_3 - U_4 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2),$$

$$AL_2 = U_2 - U_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (3).$$

$$\eta = \frac{(U_3 - U_4) - (U_2 - U_1)}{H_u} \quad \ldots\ldots \quad (4).$$

Der Prozeß werde mit 1 m³ Gas und $L$ m³ Luft (1 at abs 15 °C) durchgeführt. Dann ist[4])

$$U = (1 + L)\, C_v\Big|_0^T T \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5).$$

Hierbei ist nach den Mischungsgesetzen

$$\left|C_v\right|_0^T = \Sigma \left|C_{vi}\right|_0^T r_i \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6),$$

wobei $r_i$ die Raumanteile und $C_{vi}$ die mittleren spezifischen Wärmen in 1 m³ der Gasbestandteile bedeuten.

Der erste Hauptsatz lautet, bezogen auf 1 Mol Gas,

$$\mathrm{d}\,Q = \mu\, c_v\, \mathrm{d}\,T + A\,P\,\mathrm{d}\,V. \quad \ldots\ldots \quad (7).$$

Hierbei bedeutet $\mu\, c_v$ die wahre Molekularwärme und $V$ das Volumen von 1 Mol.

Für die Adiabate ist $\mathrm{d}\,Q = 0$. Ferner gilt

$$P\,V = 848\,T \text{ oder } P = \frac{848\,T}{V}.$$

Dies ergibt für die Adiabate:

$$0 = \mu\, c_v \frac{\mathrm{d}\,T}{T} + 1{,}985 \frac{\mathrm{d}\,V}{V} \quad \ldots\ldots \quad (8).$$

Gl. (8) stellt also die Differentialgleichung der Adiabate, bezogen auf 1 Mol, dar. Ferner ist

$$\int_0^T \mu\, c_v\, \mathrm{d}\,T = \left|\mu\, c_v\right|_0^T T$$

$$\mu\, c_v = \mu\, c_v\Big|_0^T + T \frac{\mathrm{d}\,\left|\mu\, c_v\right|_0^T}{\mathrm{d}\,T} \quad \ldots\ldots \quad (9)$$

$$\left|\mu\, c_v\right|_0^T \frac{\mathrm{d}\,T}{T} + \mathrm{d}\left|\mu\, c_v\right|_0^T + 1{,}985 \frac{\mathrm{d}\,V}{V} = 0.$$

Durch Integration zwischen den Temperaturen $T_1$ und $T_2$

$$\int_0^{T_2} \left|\mu\, c_v\right|_0^{T_2} \frac{\mathrm{d}\,T}{T} + \left|\mu\, c_v\right|_0^{T_2} - \int_0^{T_1} \left|\mu\, c_v\right|_0^{T_1} \frac{\mathrm{d}\,T}{T} - \left|\mu\, c_v\right|_0^{T_1} = 1{,}985 \ln \frac{V_1}{V_2}.$$

[4]) Die Nullpunktenergie $\frac{G}{g}\, 9 \cdot 10^{16}\, \frac{1}{427}$ kann in dieser Gleichung unberücksichtigt bleiben, da sie bei der Bildung der Differenzen der $U$ ohnehin herausfällt.

Setzt man

$$\int_0^T \left|\mu\, c_v\right|_0^T \frac{\mathrm{d}\,T}{T} + \left|\mu\, c_v\right|_0^T = f(T),$$

so wird die Gleichung der Adiabate

$$f(T_2) - f(T_1) = 1{,}985 \ln \frac{V_1}{V_2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10).$$

Für ein Gasgemisch gilt wieder

$$f(T) = \Sigma\, f_i(T)\, r_i.$$

Damit kann die Verdichtungsarbeit bereits bestimmt werden. Nach Gl. (5) wird

$$U_1 = (1 + L)\, \Sigma \left|C_{vi}'\right|_0^{T_1} r_i\, T_1.$$

Sind das Verdichtungsverhältnis $\frac{V_1}{V_2} = \varepsilon$ und die Anfangstemperatur $T_1$ gegeben, so kann durch angenäherte Auflösung von Gl. (10) $T_2$ bestimmt werden. Damit läßt sich die innere Energie am Ende der Verdichtung aus

$$U_2 = (1 + L)\, \Sigma \left|C_{vi}'\right|_0^{T_2} r_i\, T_2$$

und die Verdichtungsarbeit aus

$$AL_2 = (1 + L) \left(\Sigma \left|C_{vi}'\right|_0^{T_2} r_i\, T_2 - \Sigma \left|C_{vi}'\right|_0^{T_1} r_i\, T_1\right) \quad . \quad (11)$$

berechnen.

Bei der nachfolgenden Verbrennung wird der Heizwert $H_u$ des Gasgemisches in Wärme umgesetzt. Es gilt dann

$$U_3 = U_2 + H_u \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

Bei der Verbrennung wird im allgemeinen das Volumen vermindert. Bedeutet $\Delta V$ diese Verminderung, so wird

$$U_3 = (1 + L - \Delta V)\, \Sigma \left|C_v''\right|_0^{T_3} T_3 = U_2 + H_u \quad . \quad . \quad . \quad (13).$$

Aus Gl. (13) findet man durch angenähertes Auflösen $T_3$. Für die adiabatische Expansion gilt analog Gl. (10)

$$f(T_3) - f(T_4) = 1{,}985 \ln \frac{V_4}{V_3} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14).$$

Mit $T_3$ kann $f(T_3)$ bestimmt werden und damit aus Gl. (13) auch $f(T_4)$. Daraus findet man durch angenähertes Auflösen $T_4$. Schließlich wird die innere Energie am Ende der Expansion

$$U_4 = (1 + L - \Delta V)\, \Sigma \left|C_{vi}''\right|_0^{T_4} r_i\, T_4 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15).$$

Für die Expansionsarbeit ergibt sich dann

$$AL_1 = (1 + L - \Delta V) \left(\Sigma \left|C_{vi}''\right|_0^{T_3} r_i\, T_3 - \Sigma \left|C_{vi}''\right|_0^{T_4} r_i\, T_4\right) \quad . \quad (16)$$

und

$$\eta = \frac{(1 + L - \Delta V) \left(\Sigma \left|C_v''\right|_0^{T_3} r_i\, T_3 - \Sigma \left|C_v''\right|_0^{T_4} r_i\, T_4\right)}{H_u} - \frac{(1 + L) \left(\Sigma \left|C_v'\right|_0^{T_2} r_i\, T_2 - \Sigma \left|C_v'\right|_0^{T_1} r_i\, T_1\right)}{H_u} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (17)$$

**Rechnungsbeispiele**

1. Gaszusammensetzung: $H_2 = 53$ vH; $CO = 39$ vH; $CO_2 = 4$ vH; $N_2 = 4$ vH.

2. Anfangszustand: 1 at abs, 288 ° abs. Vollständige Sättigung des Frischgases mit Wasserdampf[5]).

3. Heizwert der Ladung: Dieser wird aus der Frischgasanalyse bestimmt; die Heizwerte der brennbaren Bestandteile betragen

$$\left.\begin{aligned} H_{u_{CO}} &= 2800 \text{ kcal/m}^3 \\ H_{u_{H_2}} &= 2360 \quad \text{„} \\ H_{u_{CH_4}} &= 7820 \quad \text{„} \end{aligned}\right\} \text{bezogen auf 1 at abs. u. 15°.}$$

4. Verdichtungsverhältnis: Es werden zugrunde gelegt:

$$\varepsilon = 2;\ 4;\ 6 \text{ und } 9.$$

5. Luftüberschußzahl: Es werden untersucht:

$$\lambda = 1{,}0;\ 1{,}2;\ 1{,}5;\ 2{,}0;\ 3{,}0 \text{ und } \infty.$$

$\lambda = \frac{L}{L_{min}}$, wobei $L$ den wirklichen und $L_{min}$ den theoretischen Luftbedarf darstellt.

[5]) Ist $a$ in m³ der Wasserdampfgehalt von 1 m³ trockenem Gas, so ist statt $(1 + L)$ oder $(1 + L - \Delta V)$ zu setzen $(1 + L + a)$ oder $(1 + L + a - \Delta V)$.

**Ergebnis**

Theoretischer thermischer Wirkungsgrad $\eta$

| | $\varepsilon = 2$ | 4 | 6 | 9 |
|---|---|---|---|---|
| $\lambda = 1{,}0$ | 0,163 | 0,302 | 0,373 | 0,434 |
| 1,2 | 0,173 | 0,317 | 0,388 | 0,453 |
| 1,5 | 0,182 | 0,332 | 0,407 | 0,473 |
| 2,0 | 0,194 | 0,352 | 0,429 | 0,496 |
| 3,0 | 0,209 | 0,373 | 0,452 | 0,521 |
| $\infty$ | 0,240 | 0,418 | 0,503 | 0,575 |

Man erkennt, daß, wie auch schon aus Gl. (1) hervgeht, der Wirkungsgrad mit $\varepsilon$ steigt, dann mit $\lambda$ zunim Für $\lambda = \infty$ erhält man den Wirkungsgrad eines Carnotsch Kreisprozesses zwischen den Temperaturen $T_1$ und $T_2$.

[N 2743]

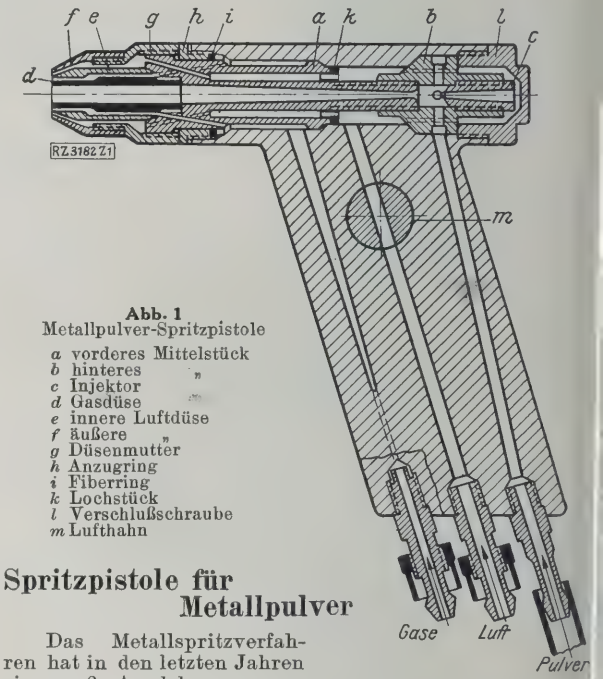



**Abb. 1**
Metallpulver-Spritzpistole
*a* vorderes Mittelstück
*b* hinteres „
*c* Injektor
*d* Gasdüse
*e* innere Luftdüse
*f* äußere „
*g* Düsenmutter
*h* Anzugring
*i* Fiberring
*k* Lochstück
*l* Verschlußschraube
*m* Lufthahn

## Spritzpistole für Metallpulver

Das Metallspritzverfahren hat in den letzten Jahren eine große Ausdehnung angenommen und wird heute in fast allen Industrien mit bestem Erfolge angewandt. folgenden ist eine neue Pulverspritzpistole beschrie deren Kennzeichen einfache Konstruktion und daher sich Betriebsweise, leichte Handhabung und große Leistu fähigkeit sind.

Wie die Bezeichnung schon sagt, wird bei dieser übung des Metallspritzverfahrens als Ausgangsstoff Me pulver an Stelle von Metalldraht verwandt. Die Pul spritzanlage besteht aus der Spritzpistole, dem Pulverbe ter und den Verbindungsschläuchen. Die Spritzpist Abb. 1, hat in dem verlängerten Handgriff drei Kan durch die das Gasgemisch (Azetylen und Sauerstoff), Dr luft und Metallpulver zugeführt werden. Vor dem kanal ist noch die Mischkammer eingebaut, die im unt Teil des Handgriffs liegt.

Das Gasgemisch strömt nach Austritt aus dem kanal durch verschiedene Ringbohrungen und gelangt zur Mündung der Pistole, wo es verbrennt. Ein Teil Druckluft strömt ebenfalls zur Mündung der Pistole bildet einen ringförmigen Mantel um die Flamme, der sowie dem innen austretenden Pulver eine Führung Der andre Teil der Druckluft strömt durch einen Inje und erzeugt eine Luftverdünnung, wodurch das Me pulver aus dem Pulverbehälter vollständig gleichm angesogen wird.

Die Druckluft schleudert das Metallpulver durch mittleren Kanal und durch die Gebläseflamme mit gr Kraft auf das Werkstück. Beim Durchgang durch die bläseflamme wird das Spritzgut auf Schmelztemperatur bracht. Infolge der hohen Pulvergeschwindigkeit und Flammentemperatur, sowie der feinen Metallkörnung ein sehr schöner, gleichmäßiger und fest haftender Üb zug gebildet. [M 3182] *E. Jüh*

Abb. 3. Gegengewichtkeller und Fundament einer neuen 18 m breiten Klappbrücke in Amsterdam.

# Neue Klappbrücken in Amsterdam

*Von JR. C. BIEMOND, Publieke Werken, Amsterdam*

*Amsterdam hat viele bewegliche Straßenbrücken. — Zuwachs des Verkehrs veranlaßt stets größere Breiten. — Das Verhältnis zwischen geringer Durchfahrweite und großer Brückenbreite führt zu einer neuen Bauart von Klappbrücken mit fester Drehachse. — Konstruktion und Berechnung. — Ausführung des Triebwerkes.*

## Einleitung

Amsterdam, das Venedig des Nordens, ist wegen der vielen Kanäle im Weichbild der Stadt besonders reich an Brücken. Diese liegen nicht allein in der alten Stadt mit ihrem Netz von strahlenförmig und konzentrisch verlaufenden Grachten, sondern auch in den neuen Teilen, die zur Anpassung an die Bedürfnisse des hoch entwickelten Wasserverkehrs ebenfalls in regelmäßigen Abständen mit Wasserstraßen versehen sind. Im ganzen zählt die Stadt ungefähr 400 Brücken; etwa 60 führen über Hauptkanäle und sind daher, auch wegen der verhältnismäßig niedrigen Lage, beweglich. Infolgedessen stand die Frage der beweglichen Brücken hier von jeher auf der Tagesordnung; freilich ist es nicht zu verkennen, daß in den letzten Jahren hierbei bedeutend mehr Schwierigkeiten erwachsen.

Wegen des stark zunehmenden Straßenverkehrs mußte man in den letzten zehn Jahren alle Brücken der Hauptverkehrstraßen Amsterdams verbreitern. In den meisten Fällen betraf es feste Brücken von 10 bis 15 m Breite, die man ohne große technische Schwierigkeiten auf 25 bis 30 m verbreitern konnte. Bei beweglichen Brücken ist eine Verbreiterung technisch schwierig wegen der Bewegung der sehr schweren Brückengewichte, vor allem ist sie außerordentlich kostspielig, da in den meisten Fällen die alten Gründungen niedergerissen werden müssen, was wiederum Verkehrsumleitungen, Hilfsbrücken usw. bedingt.

Früher waren als bewegliche Brücken im allgemeinen Klappbrücken besonderer Art (Ophaalbrüg) üblich. Diese sind in Deutschland anscheinend wenig bekannt, ich selbst wenigstens habe sie dort niemals gesehen. Sie haben eine Brückenklappe mit fester Drehachse. Oberhalb der Klappe befindet sich ein Schwebebalken, der auf ein Portal drehbar aufgelegt ist und am hinteren Ende das Gegengewicht zum Ausgleich des Klappengewichtes trägt, wobei dann die Brückenklappe an den beiden parallel zu ihr verlaufenden Vorderarmen des Schwebebalkens mittels Zugstangen oder Ketten hängt.

Seit 20 Jahren ist diese Bauart, die ursprünglich in Holz ausgeführt wurde, als Eisenkonstruktion durchgebildet worden und bewährt sich ausgezeichnet; die Anlage- und Unterhaltkosten sind niedrig, und die Bedienung ist bequem. Die Bauart eignet sich aber nicht für die breiteren Brücken, die die heutige Zeit verlangt, da die größtmögliche Breite 10 m beträgt.

In den letzten Jahren baut man nunmehr Klappbrücken in Breiten von 16 bis 23 m, wobei die Durchfahrtweite für die Binnenschiffahrt nicht mehr als 10 bis 14 m beträgt, so daß ein eigenartiges Verhältnis zwischen der Breite und der Länge der beweglichen Klappe entsteht. Gerade dieses Verhältnis hat zu einer neuen Bauart geführt, wovon nunmehr die Rede sein soll.

## Konstruktion

Die Brückenklappe wird mittels eines Gegengewichtes ausgeglichen, das an der Verlängerung ihrer Hauptträger befestigt ist. Auf diese Weise erreicht man, daß der Schwerpunkt der gesamten Brücke in der Drehachse liegt, so daß bei der Bewegung ausschließlich die äußeren Kräfte, wie Winddruck, Zapfenreibung usw., überwunden werden müssen.

**Abb. 1**
Querschnitt einer älteren Klappbrücke mit Gegengewichtkeller.

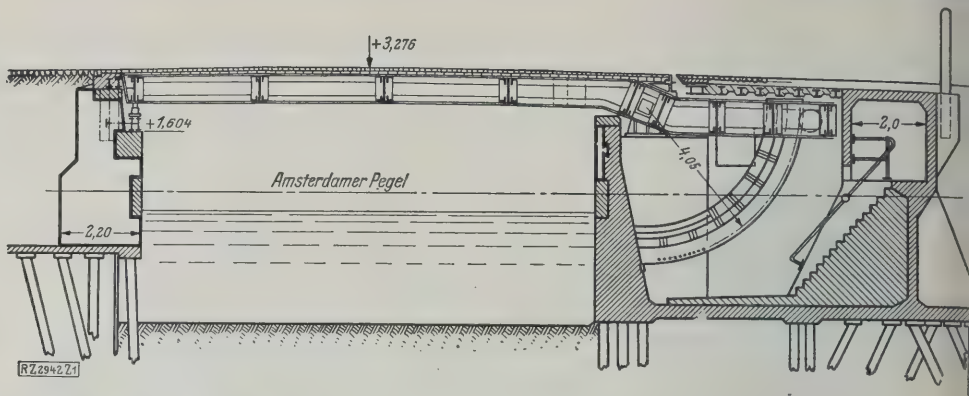



**Abb. 2**
Klappbrücke älterer Bauart.

Gegengewichtkeller mit gebogenen Profilbalken, die gleichzeitig die Brückenlager tragen und die Kellerdecke unterstützen.

Bei den genannten Abmessungen der Brücke beträgt das Eigengewicht der Klappe vor der Achse etwa 400 kg/m². Bei einer Durchfahrtweite von 12 m und einer Breite von 20 m wiegt daher die Brückenvorderseite rd. 100 t, wobei ihr Schwerpunkt 7 bis 8 m vor der Drehachse liegt, so daß ein beträchtliches Gegengewicht erforderlich ist. Je länger man den Arm für das Gegengewicht macht, desto weniger Gußeisen braucht man zwar, desto mehr vergrößert sich aber der Keller, worin das Gegengewicht sich bewegt. Man könnte nun das wirtschaftliche Verhältnis der Gegengewichtkosten zu den Baukosten des Kellers bestimmen, jedoch ergibt sich bei den Amsterdamer Verhältnissen der einzuschlagende Weg von selbst. Die Straßen liegen nur 1 bis 1,5 m über dem Wasserspiegel. Wenn auch bisweilen steile Zufahrten zu den Brücken führen, so ist es doch wegen der in der Nähe gelegenen Bauten unmöglich, daß die Brükken mit ihrer Unterseite mehr als 2½ m und mit ihrer Fahrbahn mehr als 3 bis 3½ m über dem Wasser liegen. Der Gegengewichtkeller einer Klappbrücke reicht deshalb sehr tief unter den Kanalwasserstand. Abb. 1 zeigt einen Querschnitt eines derartigen Kellers, dessen Boden oft bis zu 1,5 m unter dem Kanalboden liegt.

Die Anlage solcher Keller ist selbstverständlich sehr teuer, so daß man in erster Linie durch Anwendung eines möglichst kurzen Gegenarmes versucht, die Kellerabmessungen einzuschränken. Trotzdem ist der Gegenarm der betrachteten Brücke 5 m lang, wobei das gußeiserne Gegengewicht etwa 150 t wiegt. Damit sich der Gegenarm um 90 ° drehen kann, ist für den Keller ein Querschnitt von $6 \times 6$ m² bei 18 m Länge erforderlich. Ein solcher Keller wird durch einen beträchtlichen Wasser druck belastet, und die Vorderwand ist den Fahrstöße von Schiffen ausgesetzt. Die Kellermauern bilden de Konstruktionsrahmen, der die Bewegungskräfte eines sic drehenden Körpers von 300 t aufzunehmen hat, könne aber trotzdem nur beschränkte Abmessungen erhalte Damit nämlich die Drehachse der Brücke nicht zu we nach innen zu liegen kommt, muß die Vorderwand dün sein. Ebenso ist auch der Boden möglichst dünn z halten, weil die Tiefe des Fundamentes ohnehin sch Schwierigkeiten mit sich bringt und jede unnötige Au tiefung vermieden werden soll..

Bei den zunehmenden Brückenabmessungen muß man daher nach einer geeigneten Verstärkung des Ke lerraumes suchen. Bei der üblichen Bauart der Klap brücken bildet die Unterstützung der Traglager und d Kellerdecke eine weitere Schwierigkeit. Hierfür verwend man gewöhnlich Profilbalken, die auf der vorderen Mau aufliegen, die Auflage der Traglager bilden und a schließend nach aufwärts gebogen sind, um die Kelle decke zu tragen, Abb. 2. Diese Träger haben nicht n eine verwickelte Form, sondern sie erschweren auch d Zusammenbau. Da sie die Brückenlager tragen, müss sie vor dem Einsetzen der Brückenklappe angebracht se während die Querverbände des Gegengewichtarmes u das Gegengewicht einstweilen noch fehlen müssen. M kann diese erst hinterher unter erschwerenden Umständ einbauen. Demzufolge ist auch während dieser Zeit d Schiffahrt durch die unbewegliche Klappbrücke eini Tage behindert.

Bei der neuen Bauart, Abb. 3, S. 1351, vermeidet m diese Schwierigkeiten durch die Anordnung von Zwische mauern im Keller und durch das Unterteilen des Ob baues in einzelne Abschnitte, je mit einem eigenen Geg gewicht und eigenen Keller, Abb. 4 und 5. Jeder Abschn hat zwei Hauptträger und ruht in zwei Lagern, die auß halb der Träger auf den Zwischenmauern liegen. I Mauern in Abständen von 5 bis 6 m ermöglichen das A decken der Keller in der Querrichtung mittels norma Profileisen, so daß die Kellerabdeckung nicht mehr mit Traglagergründung zusammenhängt und nach dem E bau der Klappe ausgeführt werden kann.

### Berechnung

Obwohl die neue Bauart eine starre Konstruktion gibt, ist ihre Berechnung wegen der vielfach statisch Unbestimmten verwickelt. In erster Linie ist die gleichmäßige Gegengewichtverteilung in Betracht ziehen. Aus Abb. 4 kann man ersehen, daß die äußer Träger der Brücke an der Vorderseite wegen der g ßeren Belastungen mehr belastet werden als übrigen Hauptträger. Außerdem vermindert sich Gegengewichtausgleich für die äußeren Träger, weil den äußeren Gegengewichten Raum für das Triebwe ausgespart werden muß. Da diese beiden Einflüsse glei gerichtet sind, sind die Außenträger an der Vord seite überbelastet, und die vier Innenträger müssen da einen Teil dieser Überlast aufnehmen. Für eine Brüc mit einer Durchfahrtweite von 12 m und einer Brück breite von 20 m gilt das nachstehende Rechenschema: Je Auflagekräfte verursachen zwei Momente $M_1$, die in

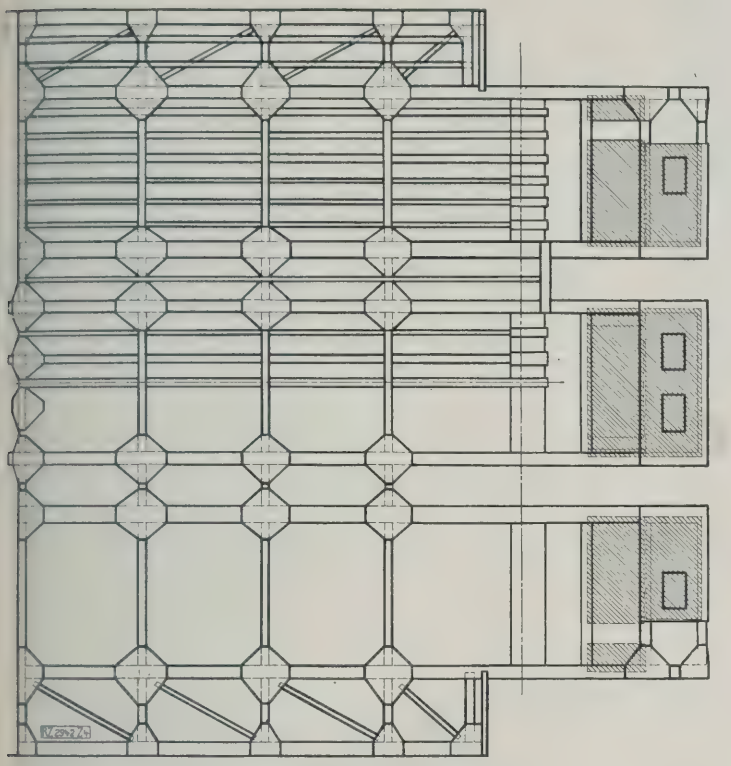


Abb. 4
Draufsicht auf die Eisenkonstruktion.

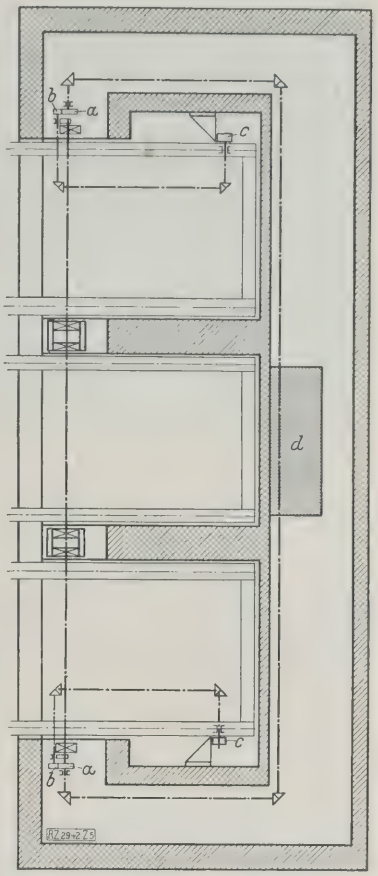



Abb. 5
Waagerechter Schnitt des Gegengewichtkellers mit Triebwerk.

*a* Zahnräder
*b* Triebräder
*c* Zahnbogentrieb
*d* Antriebmotor

sechs Stützpunkten der Hauptträger zweimal die senkrechten Kräfte $C_1$, $C_2$ und $C_3$ ergeben. Nach der Dreimomentenrechnung können diese Kräfte $C$ aus sechs Gleichungen errechnet werden. Für $M_1 = 12{,}8$ tm ergibt sich:

$$C_1 = 4{,}1 \text{ t},$$
$$C_2 = -7{,}6 \text{ t},$$
$$C_3 = 3{,}5 \text{ t}.$$

Man darf annehmen, daß diese Kräfte infolge der Übertragung mittels mehrerer Querträger auf die Brückenkonstruktion gleichmäßig auf die Hauptträger verteilt werden. Im übrigen werden die Hauptträger in erster Linie durch das auf sie entfallende Eigengewicht belastet, so daß sich für die sechs Hauptträger auf der Seite der Brückenklappe folgende Belastungen ergeben:

25,5 t, 5,1 t, 19,3 t, 19,3 t, 5,1 t, 25,5 t.

Der Schwerpunkt des Gegengewichtes ist 3,3 m, der der Brückenklappe 7,7 m von der Drehachse entfernt. Infolgedessen waren für jeden Hauptträger folgende Gegengewichte zum Ausgleichen notwendig:

59,9 t, 11,9 t, 45 t, 45 t, 11,9 t, 59,5 t.

Nach Abzug des Raumes für das Triebwerk und des verlorenen Raumes zwischen Ballast- und Reserveraum ergaben sich für jeden Hauptträger nachstehende Gegengewichte:

32,5 t, 42 t, 42,2 t, 42,2 t, 42 t, 32,5 t.

Die äußersten Träger haben daher 27,4 t zu wenig Gegengewicht, die zweiten 30,1 t zu viel, die mittleren 2,8 t zu wenig. Zur Vereinfachung der Berechnung nimmt man an, daß die mittleren Träger im Gleichgewicht sind, so daß nur die zweitäußersten 27 t Gegengewicht tragen, die die Gegengewichte für die Belastung der ersten Träger bilden.

Die Querträger dienen zur Übertragung dieser Kräfte. Weil vier Querträger vorhanden sind, ergibt sich wiederum eine dreifach statisch unbestimmte Kräfteverteilung. Diese wird errechnet nach dem Gesetz der virtuellen Verschiebung. Die virtuelle Formänderungsarbeit wird sowohl von den vier Hauptträgern als auch von den vier Querträgern geleistet. Wenn man nun eine Formel für die Arbeit aufstellt, die die Biegungsmomente in diesen Trägern verursachen, und sie durch die drei statisch unbestimmten Knotenpunktkräfte ausdrückt, so kann auf einfache Weise durch Differenzierung die Größe dieser Kräfte gefunden werden, falls der Bedingung genügt wird, daß diese Arbeit ein Mindestmaß darstellt.

Eine solche Berechnung zeigt, daß der größte Teil der Gleichgewichtskräfte durch die ersten beiden Querträger, von der Achse aus gerechnet, übertragen wird. Da nun die Hebelarme dieser Kräfte sehr klein sind, ist ihre Größe sehr beträchtlich. In unserm Fall betragen sie für den ersten Querträger von der Achse aus 4,7 t, für den zweiten 4,9 t, für den dritten 2,9 t, für den vierten 0,9 t. Wenn die Querträger im Vergleich zu den Hauptträgern sehr nachgiebig wären und sich daher mehr durchbiegen würden, so müßten die Knotenpunktkräfte dem Abstand von der Drehachse verhältnisgleich sein. Indem man diese Bedingung in die Arbeitsgleichung einführt, kann man die Richtigkeit der Gleichungen prüfen. Durch die oben genannten Kräfte ergibt sich ein Gleichgewichtszustand für die Brückenträger, und bei der Bestimmung der Trägerabmessungen sind sie zu berücksichtigen. Infolgedessen ist der äußerste Träger im gefährlichen Querschnitt am wenigsten, der zweite Hauptträger am meisten belastet, so daß die sechs Hauptträger verschiedene Querschnitte haben müssen.

### Triebwerk

Erfahrungsgemäß gelten für das Triebwerk nachstehende Bedingungen:

1. Zwischen Motor und Zahnkranz soll kein Kettenantrieb geschaltet sein.
2. Der Motor darf nicht auf der Brückenklappe selbst angeordnet werden. Deswegen hat man den Motor mit den ersten Übertragungen im Keller aufgestellt.

Nun gibt es zwei verschiedene Arten, der ersten Bedingung zu genügen. Bei der ersten Art wird an der Brücke ein Zahnkranz angebracht, in den das Getriebe eingreift. Dieser Zahnkranz müßte jedoch aus Schönheitsgründen unterhalb der Brückendecke liegen und würde

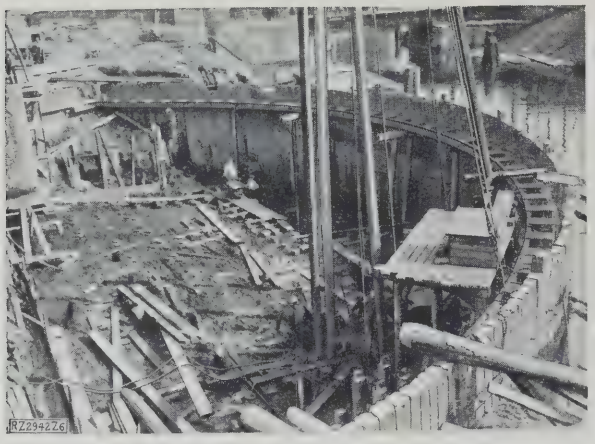


Abb. 6
Trockenlegung eines Kellerfundaments.

daher sehr klein werden. Demzufolge ergäbe sich ein sehr großer Zahndruck und nach einiger Zeit würden infolge der Abnutzung Unregelmäßigkeiten in der Bewegung auftreten. Außerdem sind große Zahndrücke wegen der Befestigung des Triebwerkes unerwünscht. Die hier angewandte Konstruktion hat zwei feste Zahnbogen mi einem Halbmesser von 4 m, die neben den Gegengewichte an der Innenseite der Kellermauern befestigt sind. An Ende des Gegengewichtes ist beiderseitig ein Trieb an geordnet, das in den Zahnbogen eingreift. Zur Über tragung der Motorbewegung auf die bewegliche Klapp zeigt Abb. 5 Zahnräder *a*, die in der Brückendrehachs befestigt sind. An der Brückenklappe sind Achsen be festigt, die auf der Brücke selbst und auf einem Seitenarm der Drehachse hinter dem Hauptlager gelagert sind. Au diesen Achsen sind Triebräder *b* angeordnet, die bei de Brückendrehung in die Zahnräder *a* eingreifen und ihr Bewegungen übernehmen. Mittels einer doppelten Kegel radübertragung in der Brückenklappe selbst wird die Be wegung auf die Zahnbogentriebe *c* übertragen. Infolg dieser zahlreichen Zahnradübertragungen beträgt de Wirkungsgrad nur noch ungefähr 50 vH. Jedoch ist diese Verlust unwesentlich im Vergleich zu der günstigen An ordnung des Triebwerkes.

**Ausführung**

Von dieser neuen Brückenbauart werden zwei bei Nassauplein in Amsterdam ausgeführt. Dabei waren vie Schwierigkeiten beim Land- und Wasserverkehr zu übe winden; die Anordnung der Spundwände, Abb. 6, erfo derte sehr viel Sorgfalt, da die Schiffahrt während de Baues aufrechterhalten werden mußte. Im Bauplan sin noch mehrere Brücken dieser Bauart vorgesehen.

[B 2942]

## Freibord und Sicherheit der Seeschiffe

Die Frage der Schiffssicherheit auf See hat in den letzten Jahren immer stärkere Bedeutung gewonnen. Ein Zeichen hierfür sind die jahrelangen Bemühungen aller Völker auf diesem Gebiete, die im Mai d. J. zum Abschluß des „Schiffssicherheitsvertrages 1929“[1]) geführt haben. Die Bedeutung des Einflusses, den insbesondere der Freibord eines Schiffes auf seine Sicherheit ausüben kann, geht aus den jetzt abgeschlossenen Untersuchungen über den Untergang der „Vestris“ hervor, wobei man die Hauptursache des Unglücks in einem Überschreiten der Ladelinie, d. h. in mangelndem Freibord erblickt hat. In richtiger Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Frage hatte daher die Schiffbautechnische Gesellschaft in den Vordergrund ihrer diesjährigen Sommertagung in Danzig am 18. Juli einen Vortrag „Freibord und Sicherheit der Seeschiffe“ von Prof. Dr.-Ing. *Erbach*, Danzig, gestellt.

Der Einfluß des Freibords auf die Seefähigkeit eines Schiffes gliedert sich in statische und dynamische Wirkungen. Rein statisch betrachtet, ist der Freibord erstens für die Schwimmfähigkeit des Schiffes im Leckfall ausschlaggebend, zweitens für den Bereich der statischen Stabilität. Die statische Wirkung ist im ersten Falle für Frachtschiffe von geringer Bedeutung, im zweiten Falle kann man sie auch durch andere Maßnahmen, nämlich durch Tieferlegen des Gewichtschwerpunktes, erzielen. Die dynamische Wirkung liegt in der Wehrfähigkeit gegen überkommende Seen und soll ihrer großen Bedeutung wegen hier ausschließlich behandelt werden.

Geht man zunächst von dem in aufrechter Ruhelage befindlichen Schiff aus und denkt sich ihm eine Welle übergelagert, so entsteht infolge Tiefertauchens ein Überauftrieb und als Folge der unsymmetrischen Lage ein Drehmoment. Die sich hieraus ergebenden Bewegungen, nämlich ein Heben und Neigen des Schiffes, wirken dem Wellenangriff und dem Überkommen der See schützend entgegen. Es zeigt sich hierbei, daß beide Bewegungen in starkem Maß abhängig sind von dem Verhältnis der Reserveverdrängung zur Ladeverdrängung in Ruhe, und zwar in der Weise, daß die Sicherheit mit der Größe dieses Verhältnisses wächst. Diese Feststellung gilt auch, wenn die See statt von der Seite von vorn oder achtern kommt.

Trifft nun die See auf das nicht in aufrechter Ruhelage befindliche Schiff, so treten außerdem als Folge der Beschleunigungskräfte noch Roll-, Tauch- oder Stamp schwingungen auf, die dem Schiff eine bestimmte Schwi gungsperiode aufzwingen. Besondere Gefahr liegt dann vo wenn die Rollschwingungszahl des Schiffes mit der d Wellenimpulse zusammenfällt; denn dadurch vergrößert si die Amplitude. Bei Schiffen mit großer Reserveverdrängu wird aber mit wachsender Amplitude auch die Dämpfu durch Wasser- und Luftwiderstand stärker zur Geltung ko men können, bis sich das Schiff schließlich aus der Res nanz zwischen Wellen- und Eigenschwingung herausschli gert. Die Gefahr, infolge starker Rollschwingungen Wass überzunehmen, vermindert sich also bei hochbordigen Sch fen gegenüber Schiffen mit geringem Freibord. Die gleic Folgerung gilt für die Stampf- und Tauchschwingunge hier ist auch die Resonanz seltener und die Dämpfu wesentlich größer.

Die hier entwickelte und durch Erfahrung bestätig Theorie zeigt, daß für die Sicherheit des Schiffes auf S das Verhältnis des Reserveauftriebs zur Ladeverdrängu eine wichtige Vergleichsgröße und daher ein gutes Au gangsmaß für die Freibordbestimmung bildet. Im Wid spruch dazu stehen die heutigen Freibordvorschriften. S bemessen den Freibord nicht nach der Verdrängung, so dern nach dem Rauminhalt unter dem Freiborddeck und b werten auch die Reserveverdrängung und die Form d Überwasserschiffs insofern falsch, als ein Schiff mit au ladenden Spanten einen höheren Freibord erhält als e Schiff mit eingezogenen Spanten. Die Reserveverdrängu ist für die Sicherheit der Seeschiffe ein unbedingt wichtig Maß und darf auch bei Shelterdeckern entgegen den jetzig Bestimmungen nicht durch Anbringen von Wasserpfort in der Außenhaut zerstört werden.

Es ist ferner nicht Aufgabe der Freibordbehörde, d Freibordgröße mit Rücksicht auf die Dicke des Werkstoff also auf die Festigkeit, zu bemessen, da sie hiermit in d Rechte der Klassifikationsgesellschaften eingreift. Auf Gru dieser Überlegungen und der gesammelten Erfahrung werden daher die Freibordvorschriften in ihren wund Punkten angegriffen.

Der Verlauf der Sommertagung der Schiffbautechnisch Gesellschaft in Danzig ist in den VDI-Nachrichten Nr. vom 24. Juli 1929 kurz beschrieben, der Vortrag von *bach* und die übrigen Vorträge: „Das Großmotorfrachtschi von Dir. Dr. *Scholz*, Hamburg, und „Die Ergebnisse a dem Strömungsinstitut der Technischen Hochschule, Da zig,“ von Prof. Dr. *Flügel*, Danzig, werden ausführli im Jahrbuch der Schiffbautechnischen Gesellschaft zu fi den sein. [N 3423] *Brühl*

[1]) Deutsche Übersetzung, herausgeg. v. d. See-Berufsgenossenschaft und d. Germ. Lloyd, Reichsdruckerei, Berlin 1929.

# Über Fesselballone und kleine Lenkballone

*Von Dr.-Ing. W. KAMM, Berlin-Adlershof*

*Nach Beschreibung des Parseval-Siegsfeld-Drachenballons und des Caquot-Ballons und ihrer Leistungen werden die Richtlinien erörtert, nach denen ein Fesselballon zu bauen ist, der den gesteigerten Anforderungen hinsichtlich gleichmäßig guter Steighöhe bei allen Wetterlagen, ruhigen Standes, Betriebsicherheit und hoher Einholgeschwindigkeit entspricht. Der diese Aufgaben erfüllende K-Ballon eignet sich auch als Kleinluftschiff.*

Vor Schaffung der Flugzeuge und Luftschiffe war die Beobachtung aus der Luft ganz auf den Ballon angewiesen. Man hatte sich lange Jahre mit dem Kugelballon als Fesselballon in sehr unvollkommener Weise beholfen, und es blieb den Arbeiten von *Parseval* und *Siegsfeld* in den 90er Jahren des neunzehnten Jahrhunderts vorbehalten, einen wirklich brauchbaren Fesselballon, den Drachenballon, zu schaffen, der hinsichtlich Steighöhe, Windfestigkeit und Ruhe der Beobachtung so sehr befriedigte, daß er lange Jahre fast ausschließlich im Gebrauch war.

Bei seiner Entwicklung, die entsprechend dem damaligen Stande der Luftfahrtwissenschaft erheblichen Schwierigkeiten begegnete, wurde zunächst auf der Beobachtung aufgebaut, daß der Kugelballon im Wind in starken Schwankungen zur Erde niedergedrückt wurde, und daß die am Drachen auftretende Hubkraft des Windes ein geeignetes Mittel zur Erzielung hinreichender Hochlage eines Ballons auch im Wind sein müsse.

Zur Schaffung eines Ballonkörpers, der Drachenwirkungen erzielen konnte, ging man von der Kugel zu einer langgestreckter Form über und wählte zwecks einfacher Herstellung und Prallhaltung einen Zylinder mit Halbkugelenden.

In umfangreichen Versuchen gelang es, durch Steuervorrichtungen diesen Körper im Wind seitenstabil und im Zusammenwirken mit der Lastverteilung durch Korb und Fesselseil auch längsstabil zu machen. Es entstand der mit großem Steuersack und Schwanztuten versehene Ballon, Abb. 1. Um die durch den Schwanz verursachte Auftriebverminderung teilweise auszugleichen, versah man den Ballon mit Segeln, die die Längsstabilisierung unterstützten.

Wenige Jahre vor dem Krieg schien die Feldluftschifferwaffe, die sich des Fesselballons bediente, durch Luftschiff und Flugzeug vollkommen überholt zu sein. Ihr versuchsmäßiger Einsatz mit dem noch vorhandenen Gerät im ersten Kriegsjahr ließ ihre Vorteile für die artilleristische und taktische Beobachtung, die durch den festen Standort, die Entlastung des Beobachters von Kampfhandlungen und die feste Fernsprechverbindung zur Erde bedingt waren, in Erscheinung treten. So konnte der Parseval-Siegsfeld-Ballon noch geraume Zeit wertvolle Dienste leisten.

Doch steigerten sich die Anforderungen an Steighöhe rasch derart, daß mit Drachenballonen nur bei einer die Bedienung erschwerenden starken Vergrößerung auszukommen gewesen wäre.

Es entstand der englische *Caquot*-Ballon, Abb. 2, der bei eirunder Form mit günstigerem Verhältnis von Inhalt zu Oberfläche mit drei Steuersäcken für Seiten- und Längsstabilisierung und unter Weglassung des Schwanzes, also bei kleinerem Luftwiderstand, jedoch bei Verzicht auf einen Teil der Drachenwirkung, größere Steighöhen erreichte. Er war auf Grund englischer, vom Drachenballon ausgehender Versuche im Windkanal entstanden[1]). Seine Stabilisierung zeigte aber Mängel, die sich in gewissen Betriebsfällen gefährlich auswirkten.

Diese Mängel auszuschalten und den inzwischen weiter gesteigerten Anforderungen, namentlich in bezug auf

[1]) Technical Reports des Advisory Comitee for Aeronautics, Jahrg. 1915/16 und 1916/17.

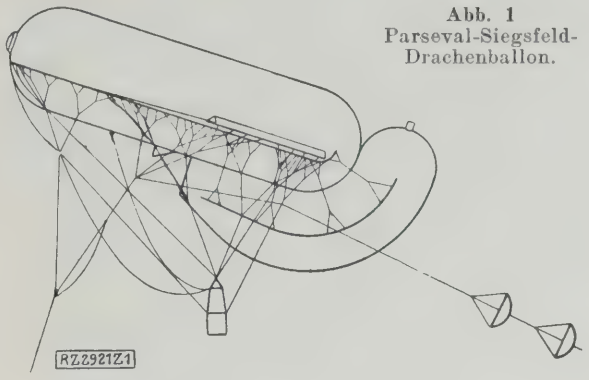



Abb. 1
Parseval-Siegsfeld-Drachenballon.

*Zu Abb. 1*
Zylinderform mit Halbkugelenden. Großer Steuersack und Schwanz zur Stabilisierung. Segel zur Erhöhung des Auftriebs und Unterstützung der Längsstabilisierung. Schräglage zur Erzielung von Drachenwirkung im Wind.

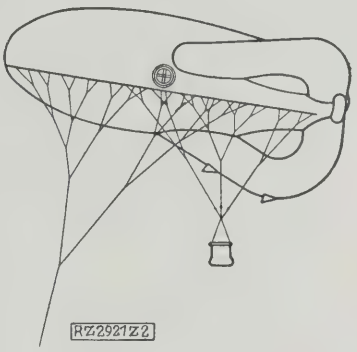



Abb. 2
Caquot-Ballon.
Eirunde Form. Drei Steuersäcke für Seiten- und Längsstabilisierung. Mäßige Schräglage.

große Einholgeschwindigkeit, Rechnung zu tragen, war die Aufgabe, die durch die Entwicklung des *K*-Ballons, Abb. 3, gelöst wurde[2]). Es konnte dabei unter Ausnutzung der dem damaligen Stand der Technik zur Verfügung stehenden Erkenntnisse und Versuchsmittel eine allgemeine Klarstellung der vorliegenden, nicht ganz einfachen Betriebsbedingungen vorgenommen werden, die eine gewisse allgemeine Beachtung beansprucht. Sie führte zur Feststellung der Konstruktionsgrundlagen für Fesselballone[3]).

Die zu lösende Aufgabe gliederte sich in folgende Teile:

1. Erreichung großer und bei allen Wetterlagen gleichmäßiger Steighöhe;
2. Verwirklichung des für die Beobachtung unerläßlichen ruhigen Standes, namentlich in bezug auf Seitenbewegungen;
3. Betriebsicherheit;
4. Hohe Einholgeschwindigkeit.

Für die Steighöhe von Fesselballonen wurde die Beziehung gefunden:

$$h = \frac{1}{q}\sqrt{(A_{st} + A_d)^2 + \left(W + \frac{w}{2}\right)^2} - \left(W + \frac{w}{2}\right)$$

worin

$h$ die Ballonsteighöhe,
$q$ das Gewicht der Längseinheit des Fesselseils,
$A_{st}$ die statische Auftriebkraft des Ballons,
$A_d$ die dynamische Auftriebkraft des Ballons (Drachenwirkung),
$W$ den Luftwiderstand des Ballons,
$w$ den Luftwiderstand des Fesselseils,

darstellen.

Aus dieser Beziehung ergibt sich zunächst, daß die Auftriebkräfte des Ballons groß, die Widerstandkräfte an Ballon und Fesselseil und das Gewicht des Seils klein gehalten werden müssen. Große statische Auftriebkraft und Kleinhaltung der Kräfte, die die Abtrift des Ballons in der Windrichtung bedingen, sind zu erreichen durch eine Ballonform mit gutem Verhältnis zwischen Inhalt und Oberfläche bei möglichster Ersparnis an Baugewicht und mit günstigen Luftwiderstand-Verhältnissen. Als gute Form kann auf Grund der Untersuchungen ein im Querschnitt im

[2]) Gebaut von August Riedinger, Ballonfabrik A.-G., Augsburg.
[3]) *W. Kamm*, „Betriebsverhältnisse und Konstruktionsgrundlagen der Fesselballone". Sonderdruck der Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg.

wesentlichen kreisrunder Körper mit ziemlich dickem Kopf und schlank auslaufendem Hinterende bezeichnet werden mit besonders sorgfältig geformten wulstartigen und an ihren Hinterrändern scharf und flächenartig auslaufenden Steuersäcken, von denen die oberen vorteilhaft mit Gas gefüllt werden.

Geringes Baugewicht ist erreichbar durch statisch bestimmte Ausbildung des Leinenwerks und durch vorteilhafte Gestaltung des das Leinenwerk tragenden Ballongurts, der statt aus starkem Segelleinen mit aufgenähten Tragschlaufen aus gewöhnlichem doppelten Ballonstoff bestehen kann, worin sich ösenartige, durch Umschlagen und Vernähen des Ballonstoffs gebildete Lochtaschen befinden, durch deren Hohlsäume die Leinen gelegt sind.

Dynamische Auftriebwirkung wird, wie aus den späteren Ausführungen hervorgeht, nur in beschränktem Maße mit Vorteil angewendet, da gleichmäßig gute Steighöhe bei allen Windstärken gegenüber erhöhter Steighöhe in starkem und geringerer Höhe in schwachem Wind vorzuziehen ist, und da zur Ermöglichung hoher Einholgeschwindigkeit der Ballonanstellwinkel mäßig groß gehalten werden soll.

Kleiner Luftwiderstand und vor allem kleines Gewicht des Fesselseils ist erreichbar durch Kleinhaltung aller am Fesselseil auftretenden Kräfte, also, von den Auftriebkräften abgesehen, der Luftkräfte im Wind und beim Einholen, und durch Ausschaltung vorübergehender Hochbeanspruchungen. Dieses läßt sich nach den im folgenden angedeuteten Grundsätzen erreichen.

Bei allen Wetterlagen gleichmäßige Steighöhe wird dadurch erreicht, daß bei der oben geschilderten Kleinhaltung der Stirnwiderstände der dynamische Auftrieb des Ballons, also der Anstellwinkel, nur so groß gewählt wird, daß die Drachenwirkung nur wenig stärker ist als die durch die Abtrift im Wind bedingte Verminderung der Steighöhe und Vorsorge getroffen wird, daß dieser Anstellwinkel bei allen Windstärken gleich bleibt. Letzteres wird dadurch erreicht, daß die Längsstabilisierung des Ballons nicht durch die Art der Fesselung, sondern nur durch die Luftkräfte herbeigeführt wird, und die je nach der Windstärke veränderten Fesselseilkräfte in ihrer Momentenwirkung auf den Ballon so ausgeglichen werden, daß die Momente der Fesselkräfte, des Korb- und Ballongewichts gleich groß bleiben. Dazu ist das Leinenwerk in seiner Gesamtheit durch Lagerung auf Rollen oder leicht gleitenden Kauschen beweglich zu machen und die Lage des Gurts so zu bestimmen, daß die Angriffspunkte der Kräfte aus Korbgewicht und Seilzug sich am Ballon nur wenig und so verschieben, daß mit der Änderung der Kräfte stets die richtige Änderung der Hebelarme verbunden ist. Einer Veränderung der statischen Momente aus Korb- und Fesselseilkräften durch höhere Korbbelastung oder durch verkleinerte Gasfüllung kann durch besondere, selbsttätig wirkende Seilzüge vorgebeugt werden. Die Befestigung des Fesselseils am Ballon mittels einer vor- und rückwärts wandernden Rolle war auch schon beim Drachenballon mit günstiger Wirkung angewendet.

Um den für die Beobachtung unerläßlichen ruhigen Stand des Ballons, namentlich in bezug auf die Seitenbewegungen, zu erreichen, müssen drei Bedingungen erfüllt werden:

1. Der Ballon muß je einen einzigen Seiten- und Höhenanstellwinkel aufweisen, bei dem er stabil ist. Wenn deren mehrere vorhanden sind, wie es beim *Caquot*-Ballon der Fall ist, neigt der Ballon dazu, bei kleinen Lagestörungen im Wind dauernd zwischen diesen verschiedenen Winkeln zu wechseln.

2. Der Anstellwinkel, bei dem der Ballon stabil ist, muß sich für die Höhenanstellung mit dem für die richtige Drachenwirkung günstigen Winkel decken, für die Seitenanstellung muß er nahe bei 0° liegen, damit keine zu große seitliche Versetzung des Ballons über der Ballonwinde entsteht.

3. In bezug auf Schwingungen muß der Ballon möglichst kleines Trägheitsmoment und möglichst große Dämpfung haben, damit er nach Störungen annähernd aperiodisch in seine stabile Seitenlage zurückgeht. In diesem Falle kommt keine eigentliche Schwingung des Ballons zustande, sondern er nähert sich nach Störungen

Abb. 3
K-Ballon.

Dicke Form mit schlank auslaufendem Hinterende. Drei wu artige, an den Hinterrändern scharf und flächenartig auflaufe Steuersäcke, die oberen gasgefüllt. Geringe Schräglage. F bewegliche Einstellung um die Querachse.

der durch seinen stabilen Seitenwinkel gekennzeichnet Mittellage, ohne durch diese hindurchzugehen, und kom damit sofort zu Ruhe.

Die erste Bedingung kann nach den vorgenommen Versuchen durch die nach hinten flächenartig und sch auslaufende Form der Steuersäcke und nicht zu stum Ausbildung des Ballonendes erfüllt werden, weil dadu ein geregeltes Abströmen der Luft vom Ballon errei wird, ohne daß Unstetigkeiten und Wechsel im Strömun verlauf eintreten.

Die zweite Bedingung läßt sich bei gut geform Steuersäcken mit praktisch brauchbaren Abmessungen n den vorgenommenen Modellversuchen so weitgehend füllen, daß der Höhenanstellwinkel, bei dem der Ball stabil ist, 15° bis 20° und der stabile Seitenwinkel 1 bis 15° beträgt.

Der dritten Bedingung entspricht die auch für statischen Auftrieb und geringen Widerstand als güns erkannte Ballonform mit möglichst kugeligem Kopf u spitz zulaufendem Heck und Gasfüllung der obenliegen Steuersäcke, wobei schwere Bauteile und namentlich Korbgewicht möglichst nahe an die nicht weit hinter d Fesselseil liegende Trägheitsachse zu verlegen sind. erforderliche Dämpfung wird mit Steuersäcken, die Sta lität bei etwa 15° Seitenwinkel bewirken, hinreichend zielt.

Die Forderungen nach Betriebsicherheit gehen, von selbstverständlichen üblichen Sicherheit der Bauglieder gesehen, dahin, daß bei starkem Wind keine unverhältn mäßige Zunahme der Beanspruchungen und keine Unstet keiten in der Einstellung des Ballons eintreten.

Durch die Eigenart seiner Fesselung mit durchw festen Knotenpunkten verlegte sich bei dem *Caquot*-Bal der Angriffspunkt der Fesselseilkraft in starkem Wi bei unverhältnismäßig hoher Beanspruchung eines Te der Leinen, am Ballon nach hinten, so daß zunehmer Steilstellung und Verschlechterung des Seiteneinstellwink bis zu völligem Querstellen eintrat, was in vielen Fäl zum Abreißen des Ballons oder zu sonstigen gefährlich Vorkommnissen führte. Durch die erwähnte Unabhäng keit der Winkelanstellung des Ballons von der Windstä wird beim *K*-Ballon eine zusätzliche Erhöhung der Sc züge infolge der Vergrößerung der Luftwiderstan fläche oder Querlage des Ballons vermieden. Gefä liche Bewegungen sind damit auch ausgeschaltet.

Das Erreichen hoher Einholgeschwindigkeiten hat s im praktischen Gebrauch als wesentlich für die Anw dungsmöglichkeit des Ballons ausgewirkt. Es konnte fe gestellt werden, daß eine Erhöhung der bei höchstens bis 6 m/s liegenden Einholgeschwindigkeiten auf 10 12 m/s geeignet ist, dem größten Teil der dem Ball

**Abb. 6.** Fesselballon, Bauart K, als Lenkballon.
Behelfsmäßige Anordnung von Höhen- und Seitenrudern.
Behelfsmäßig tiefe Gondellage.

lrohenden Gefahren erfolgreich zu begegnen. Diese Erıöhung ist möglich durch Anwendung der oben geschilderen Maßnahmen für die Stabilisierung und durch die von ler Fesselung unabhängige freie Einstellung des Ballons, vomit dieser sich beim Einholen gegen die veränderte Anlasrichtung mit seinem normalen Anstellwinkel eintellt. Die dann auftretenden Beanspruchungen an Ballon ınd Fesselseil sind nicht höher als beim Stand des Ballons n starkem Wind.

Es war also durch die mit der Entwicklung des *K*-Ballons verknüpfte planmäßige Untersuchung der Betriebsedingungen der Fesselballone möglich geworden, Konstruktionsrichtlinien zu finden, nach denen der Ballon den wesentlich erhöhten Ansprüchen angepaßt werden konnte.

Über das Gebiet der Fesselballone hinaus aber beanspruchen die nach den geschilderten Grundsätzen gebauten Ballone besondere Beachtung deshalb, weil es bei ihren für einen Fesselballon hochwertigen aerodynamischen Eigenschaften möglich ist, sie zu kleinen Lenkballonen von beachtlichen Leistungen zu entwickeln.

Nach einem Vorschlag von *Meybohm* und ähnlich einem in den Vereinigten Staaten von Amerika schon angewendeten Verfahren wurden Fesselballone zur Erleichterung des Standortwechsels mit einer Motorgondel versehen, die an Stelle des Ballonkorbs und des Fesselseils angehängt wird, Abb. 4 und 5, und es zeigte sich, daß der *K*-Ballon als Lenkballon, Abb. 6, Geschwindigkeiten erreichte, die ihn als Kleinluftschiff brauchbar machen.

Die bei den ersten Versuchen angewendeten baulichen Maßnahmen sind behelfsmäßiger Art und geben Raum zu vorteilhafteren und einfacheren Anordnungen. Das Ergebnis der Versuche aber ist die Tatsache, daß ein Kleinluftschiff alle praktischen Vorzüge des Fesselballons aufweisen kann, die mit der durch die Bauart begründeten einfachen, unempfindlichen und gefahrlosen Handhabung gegeben sind.

Das Kleinluftschiff hat in den letzten Monaten mehrfach die Aufmerksamkeit auf sich gezogen. Gute Anwendungsmöglichkeiten liegen auf mehreren Gebieten vor, so für Sport, Reklame, Überwachung von Forsten und Leitungen. Neben dem beschriebenen Ballon sind es die kleinen Lenkluftschiffe der Goodyear-Zeppelin-Corp. Pilgrim und Puritan, die, nicht zuletzt auch durch gute Flugleistungen, bekannt geworden sind[4]). Weitere derartige Ballone werden in nächster Zeit in Amerika und in Europa als Nachbauten und als Neuschöpfungen in Erscheinung treten. Sie werden zum Teil auch wertvollen Studien für die Anwendung neuer Bauweisen auf größere Luftschiffe dienen.

[B 2921]

[4]) Vergl. VDI-Nachrichten Nr. 9 vom 27. Februar 1929.

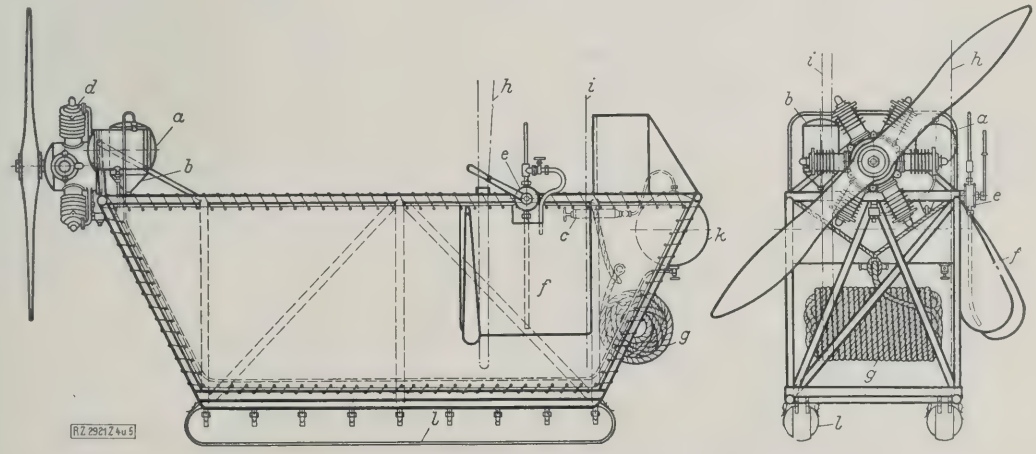



**Abb. 4 und 5** Motorgondel für Fesselballone.

*a* Benzinfallbehälter
*b* Ölbehälter
*c* Luftpumpe für Benzinförderung
*d* Motor mit Luftschraube
*e* Wasserpumpe für Trimmballast
*f* Wassersack
*g* Schleppseil
*h* Höhensteuerzüge
*i* Seitensteuerzüge
*k* Benzinbehälter
*l* Puffer

# Der Einfluß des Wärmeüberganges auf den indizierten Wirkungsgrad der Gasmaschine[1])

*Von Dr.-Ing. EBERHARD HECKER, München*

Um festzustellen, wie groß der Einfluß des Wärmeberganges auf den indizierten Wirkungsgrad ist, wenn man von Drosselverlusten oder Verlusten durch unvollkommene Verbrennung absieht, wird angenommen, daß die Verbrennung unendlich schnell erfolgt und nur während der Verrichtung und der Expansion Arbeitsverluste durch Wärmebergang an die Zylinderwand auftreten. Das Verhältnis es so berechneten thermischen Wirkungsgrades zum thermischen Wirkungsgrad des Idealprozesses ist dann der inizierte Wirkungsgrad.

Für die Berechnung des Wärmeüberganges dient die on *Nußelt*[2]) für die Gasmaschine aufgestellte Formel

$$\alpha = \alpha_s + \alpha_b = 0{,}362\,\frac{\left(\frac{T}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_w}{100}\right)^4}{T - T_w} + 0{,}99\,\sqrt[3]{p^2\,T}\,(1 + 1{,}24\,w)\,.$$

Darin bedeutet

$\alpha_s$ Wärmeübergangszahl durch Strahlung (kcal/m²h °C),
$\alpha_b$ Wärmeübergangszahl durch Berührung (kcal/m²h °C),
$T$ jeweilige absolute Gastemperatur,
$T_w$ mittlere absolute Wandtemperatur,
$p$ jeweiligen Gasdruck (at abs),
$w$ mittlere Kolbengeschwindigkeit (m/s).

Die Verbindung der Gleichung für den Wärmeübergang von *Newton*

$$\mathrm{d}\,Q = \alpha\,F\,(T_g - T_w)\,\mathrm{d}\,z\,. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

und der Gleichung des ersten Hauptsatzes

$$\mathrm{d}\,Q = G\,c_v\,\mathrm{d}\,T + A\,P\,\mathrm{d}\,V \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

ergibt die Differentialgleichung

$$-\alpha\,F\,(T_g - T_w)\,\mathrm{d}\,z = G\,c_v\,\mathrm{d}\,T + A\,P\,\mathrm{d}\,V\,. \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

[1]) Auszug aus der in den Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 316, Berlin 1929, erschienenen Arbeit; vergl. a. S. 1349 dieses Heftes.

[2]) Vergl. *W. Nußelt*, Der Wärmeübergang in der Verbrennungskraftmaschine; Forschungsheft 264, Berlin 1923.

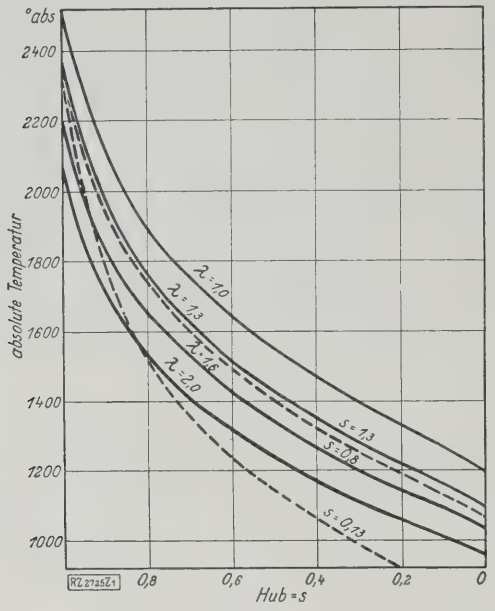



**Abb. 1**
Temperaturverlauf während der Expansion bei verschiedenen Luftüberschüssen (———) und bei verschiedenen Maschinengrößen (— — —).

darin ist

$\alpha$ Wärmeübergangszahl nach *Nußelt* (kcal/m²h °C),
$F$ jeweils vom Gas berührte Oberfläche (m²),
$T_g$ absolute Temperatur der Gasladung,
$G$ Gewicht der angesaugten Gasladung (kg),
$c_v$ spezifische Wärme (bei konstantem Volumen) der Gasladung,
$z$ Zeit (h).

Zum Umformen dieser Gleichung in eine Gleichung zwischen $T_g$ und $s$ dienen folgende Beziehungen:

1. Die Zustandsgleichung für ideale Gase

$$P V = G R T \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (4).$$

2. Der bei jeder Kolbenstellung mit Gas ausgefüllte Raum ist

$$V = V_1 - \frac{\pi D^2}{4} s \ (\mathrm{m^3}) \quad \ldots\ldots\ldots (5);$$

$V_1$ = Hubraum + Inhalt des Verdichtungsraums (m³),
$D$ = Zylinderdurchmesser (m).

3. Einem Kurbelwinkel $\varphi$ entspricht unter Vernachlässigung der endlichen Länge der Schubstange der Hub

$$s = r - r \cos \varphi \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (6);$$

$r$ = Kurbellänge (m).

4. Das Gas berührt jeweils die Oberfläche

$$F = F_{\max} - \pi D s \ (\mathrm{m^2}) \quad \ldots\ldots\ldots (7);$$

$F_{\max}$ = gesamte gasberührte Oberfläche (m²).

Bildet man noch aus Gl. (5) und (6) die Werte $\frac{\mathrm{d}V}{\mathrm{d}s}$ und $\frac{\mathrm{d}z}{\mathrm{d}s}$, so erhält man

$$a F(s) \frac{(T_w^4 - T_g^4)}{c_v} + b H(s) \frac{(T_g T_w - T^2)}{c_v} + c M(s) \frac{T_g}{c_v} = \frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}s} \quad (8);$$

darin sind $F(s)$, $H(s)$ und $M(s)$ Funktionen von $s$, ferner $a$, $b$ und $c$ Konstanten, die nur von Größe und Art der Maschine sowie von der Zusammensetzung des verwendeten Gases abhängen. Diese Gleichung gestattet, für Maschinen mit gegebenen Abmessungen an jeder Stelle des Hubes die dort herrschende Gastemperatur zu bestimmen. Mit Hilfe der Zustandsgleichung für ideale Gase kann man dann zu jeder Gastemperatur den Gasdruck berechnen und in Abhängigkeit vom Zylinderinhalt auftragen. Aus diesem Diagramm läßt sich die während eines Prozesses geleistete Arbeit und nach Division durch die zugeführte Energie der thermische Wirkungsgrad bestimmen.

### Rechnungsbeispiel

Die Rechnung wird für eine 1911 von der MAN gebaute Viertakt-Tandem-Gebläsemaschine von 1500 PS mit $s = 1300$ mm und $D = 1150$ mm durchgeführt. Dabei werden folgende vereinfachende Annahmen gemacht:

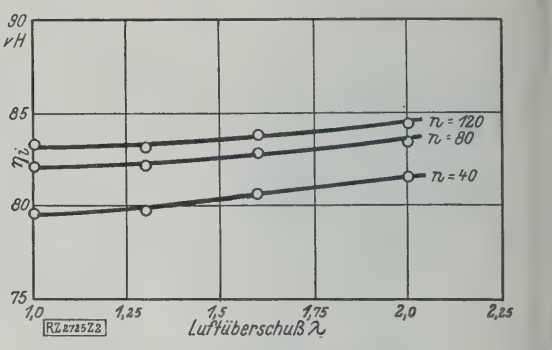



**Abb. 2**
Indizierter Wirkungsgrad und Luftüberschuß.

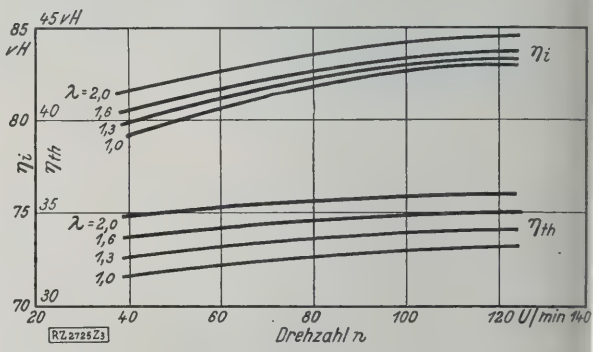



**Abb. 3**
Einfluß der Drehzahl auf den thermischen und den indizierten Wirkungsgrad.

Während des Ansaugens und Ausschiebens sollen kein Verluste durch Drosseln auftreten, der Druck beträgt als zu Beginn der Verdichtung $p_1 = 1$ at abs.

Die Veränderung der Gaszusammensetzung infolge d Vermischung des angesogenen Frischgasluftgemisches m den Restgasen wird vernachlässigt.

Für die Temperatur am Ende des Ansaugens wird a Grund der Versuche von *E. Meyer*[3]) und *Nägel*[4]) als Mitte wert $t_1 = 80$ ° C gesetzt.

Ferner wird während des ganzen Prozesses an alle Stellen des Zylinders eine konstante mittlere Wandtemp ratur $t_{w_m}$ angenommen. Diese wurde näherungsweise v der Kühlwasserseite her zu 240 ° berechnet.

Die Abhängigkeit der spezifischen Wärme von d Temperatur wird einer Zusammenstellung von *F. Schmi* und *H. Schnell*[5]) entnommen.

Für Gl. (8) wird eine angenäherte Lösung mit Hil eines graphischen Integrationsverfahrens von *Willers* durchgeführt.

Für alle Prozesse ist als Frischgas Hochofengas m 0,04 $H_2$, 0,06 $CO_2$, 0,62 $N_2$ und 0,28 CO (Raumteilen) g wählt.

In Abb. 1 ist der Temperaturverlauf während des Expa sionshubes für vier verschiedene Luftüberschußzahlen $\lambda$ a hängig vom Hub aufgetragen. Setzt man für $\lambda = 1{,}3$, d Drehzahl $n = 80$ U/min und die Temperatur am Ende d Ansaugens $t_1 = 80$ °C, so ergibt sich als thermischer Wi kungsgrad $\eta_{th} = 0{,}337$. Für den thermischen Wirkungsgr des Idealprozesses erhält man $\eta_{th_{\max}} = 0{,}410$. Somit wi

$$\eta_i = \frac{\eta_{th}}{\eta_{th_{\max}}} = 0{,}821 .$$

Welchen Einfluß der Wärmeübergang auf die Zylinde leistung ausübt, zeigt der Vergleich der mittleren indiziert Drücke $p_{m_i}$ des durchgerechneten Prozesses mit dem d Idealprozesses.

Dieses Verhältnis wird:

$$\frac{p_{m_i}}{(p_{m_i})_{\max}} = \frac{N}{N_0} = \frac{6{,}28}{9{,}37} = 0{,}671 .$$

[3]) *E. Meyer*, Untersuchungen an Gasmotoren, Forschungsheft 8
[4]) *A. Nägel*, Versuche an der Gasmaschine über den Einfluß Mischungsverhältnisses, Habilitationsschrift an der Techn. Hochsch Dresden 1906.
[5]) Vergl. *F. Schmidt* und *H. Schnell*, Die spezifischen Wärmen Gase, Z. f. techn. Physik Bd. 9 (1928) S. 81.
[6]) Vergl. *Fr. A. Willers*, Graphische Integration, Sammlu Göschen Bd. Nr. 801.

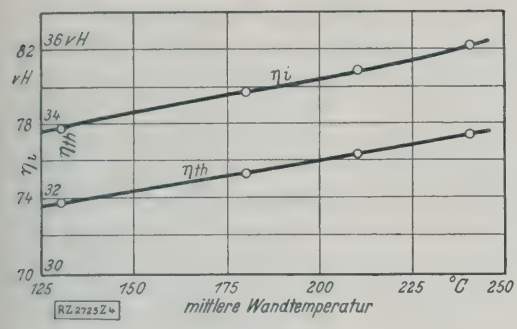



**Abb. 4**
Thermischer und indizierter Wirkungsgrad, abhängig von der mittleren Wandtemperatur.

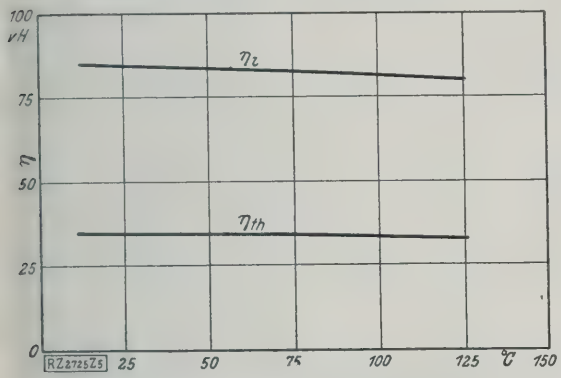



**Abb. 5**
Einfluß der Endtemperatur beim Ansaugen auf den thermischen und den indizierten Wirkungsgrad.

bei ist $\left(p_{m_i}\right)_{\max}$ unter der Voraussetzung berechnet, daß Temperatur am Ende des Ansaugens 15 ° beträgt. Man eht daraus, daß der thermische Wirkungsgrad infolge des Wärmeaustausches und des kleineren Ladungsgewichtes in geringerem Maß abnimmt als die Zylinderleistung. Um anzugeben, welchen Einfluß lediglich der Wärmeübergang auf die Zylinderleistung hat, wird ein $p_{m_i}'$ berechnet unter der Annahme, daß nur während Verdichtung und Expansion Wärme an die Wand übergeht, also die Temperatur am Ende des Ansaugens gleich der Frischgastemperatur 15 °C ist. Nun verhalten sich die mittleren indizierten Drücke wie die entsprechenden thermischen Wirkungsgrade:

$$\frac{p_{m_i}}{\left(p_{m_i}\right)_{\max}} = \frac{7{,}96}{9{,}37} = 0{,}848 = \frac{N'}{N_0} = \frac{\eta_{th}'}{\left(\eta_{th}\right)_{\max}} = \eta_i .$$

### Einfluß des Luftüberschusses auf den indizierten Wirkungsgrad

Für vier Werte von $\lambda$ ist in Abb. 2 mit Hilfe des angegebenen Verfahrens der thermische und der indizierte Wirkungsgrad bei konstanten Drehzahlen berechnet und abhängig von $\lambda$ dargestellt. Danach steigt der indizierte Wirkungsgrad in geringem Maß mit wachsendem Luftüberschuß.

### Drehzahl und indizierter Wirkungsgrad

Die während eines Prozesses ausgetauschte Wärme hängt in doppelter Weise von der Drehzahl $n$ ab. Einmal ist die Zeit, während der die heißen Gase die Wand berühren, von Einfluß, außerdem ist $\alpha$ selbst eine Funktion von $n$. Bei Vergrößerung der Drehzahl nimmt die Wärmeübergangszahl zu, aber die Zeit für den Wärmeaustausch wird kürzer. Abb. 3 zeigt im Ansteigen der Wirkungsgrade die Abnahme des Wärmeaustausches bei wachsender Drehzahl. Der Einfluß der Verkürzung des Arbeitspiels auf den Wärmeübergang ist also größer als der Einfluß der zunehmenden Wärmeübergangszahl.

### Einfluß der mittleren Wandtemperatur und der Ansaugendtemperatur auf den indizierten Wirkungsgrad

Nach Abb. 4 und 5 nehmen $\eta_i$ und $\eta_{th}$ mit steigender Wandtemperatur zu. Die Erhöhung der Endtemperatur $t_1$ beim Ansaugen hat nur eine geringe Verschlechterung des

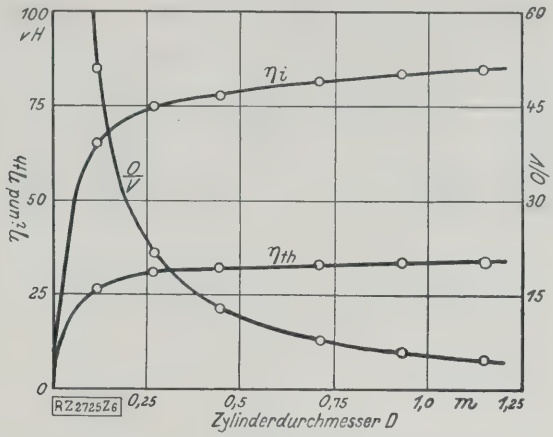



**Abb. 6**
Thermischer und indizierter Wirkungsgrad bei verschiedenen Maschinengrößen.

indizierten Wirkungsgrades zur Folge. Die mit der Gewichtseinheit der angesogenen Ladung übergehende Wärmemenge wird kleiner, obwohl die Wärmeübergangszahl $\alpha_b$ infolge der niedrigen Drücke kleiner wird. Die Abnahme der Wärmeübergangszahl $\alpha_b$ ist bei wachsendem $t_1$ geringer als die gleichzeitig damit verbundene Abnahme des Ladungsgewichtes.

### Indizierter Wirkungsgrad und Maschinengröße

Bestimmend für den Wärmeübergang ist das Verhältnis der gasberührten Oberfläche zum Gewicht der angesogenen Gasladung, das bei konstantem Ansaugedruck und konstanter Temperatur dem Volumen proportional ist. Die Maschinenabmessungen und damit das Verhältnis Oberfläche : Volumen $\frac{O}{V}$ wurden so verändert, daß $\frac{D}{s}$ konstant blieb. $\frac{O}{V}$ ergibt dann abhängig von $D$ eine gleichseitige Hyperbel, Abb. 6.

Aus Abb. 1 ersieht man, wie rasch der Wärmeverlust bei kleinen Zylinderabmessungen zunimmt. Damit übereinstimmend nehmen der thermische Wirkungsgrad sowie der indizierte Wirkungsgrad mit abnehmender Maschinengröße ab, Abb. 6. Bei sehr großen Durchmessern wird keine wesentliche Verbesserung der Wirkungsgrade mehr erreicht, da sich $\eta_i$ und $\eta_{th}$ ebenso wie $O/V$ asymptotisch Grenzwerten nähern; anderseits fallen $\eta_i$ und $\eta_{th}$ bei kleineren Durchmessern rasch ab.

### Vergleich des theoretisch berechneten indizierten Wirkungsgsgrades mit dem aus Versuchen bestimmten

Aus Versuchen von *Steffes*[7]) wurden die indizierten Wirkungsgrade als Verhältnisse der durch Versuch bestimmten thermischen Wirkungsgrade $\eta_{th_{\text{Vers}}}$ zu den thermischen Wirkungsgraden $\left(\eta_{th}\right)_{\max}$ des Idealprozesses berechnet:

**Zahlentafel 1**

| Versuchsreihe | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\eta_{i_{\text{Vers}}}$ . . . vH | 64,6 | 65,7 | 72,5 | 74,6 | 64,8 | 75,1 | 64,3 |
| $\eta_{i_{\text{theor}}}$ . . . „ | 81,3 | 82,7 | 81,4 | 81,7 | 81,9 | 81,8 | 82,1 |

Die Gegenüberstellung zeigt, daß der größte Anteil der Verluste in der Verbrennungsmaschine auf die Kühlwasserwärme entfällt. Der Gesamtverlust in der Maschine $1 - \eta_{i_{\text{Vers}}}$ beträgt im Mittel 30 vH. Aus dem Vergleich mit $\eta_{i_{\text{theor}}}$ ersieht man, daß rd. 18 vH., also 60 vH des Gesamtverlustes, auf Verluste durch Wandwirkung entfallen. Das stimmt gut überein mit Untersuchungen von *E. Meyer*[8]), bei denen der Verlust durch Wärmeübergang an die Wand 15 vH, also rd. die Hälfte des Gesamtverlustes, betragen hat.

[M 2725]

[7]) Vergl. *M. Steffes*, Betriebsversuche an einer Gasgebläsemaschine. Bd. 67 (1923) S. 151.
[8]) Forschungsheft 8.

## Über den Zusammenhang zwischen Härte und magnetischen Eigenschaften von Legierungen

Bei den Untersuchungen der Abhängigkeit der mechanischen Härte von der Konstitution der Legierungen ist man bereits zu bestimmten Regeln und Theorien gelangt; über die vielfach als magnetische Härte bezeichnete Koerzitivkraft jedoch lagen bisher keine derartigen Untersuchungen vor. Man hat sich meistens darauf beschränkt, auf Grund zahlreicher Beispiele ein gesetzmäßiges Zusammengehen beider Eigenschaften festzustellen, ohne dabei auf die Ursache der Verknüpfung näher einzugehen. Eine zusammenfassende Untersuchung ist daher von *A. Kußmann* und *B. Scharnow*[1]) in mehreren Arbeiten in die Wege geleitet, was sowohl für die Theorie der Härte wie für die Erklärung mancher ferromagnetischer Erscheinungen von Wichtigkeit ist.

Die Härte der Metalle und Legierungen wird vor allem durch drei Faktoren beeinflußt: 1. durch die Konstitution, insbesondre die Mischkristallbildung, und das Auftreten von Verbindungen, 2. durch plastische Verformung (Verfestigung), 3. durch Vorgänge wie z. B. die Stahlhärtung oder die Vergütung, die eine Umwandlung durch Wärmebehandlung zur Vorbedingung haben.

Bei den unter 2. und 3. angeführten Vorgängen ist ein weitgehender Parallelismus zwischen Koerzitivkraft und Härte beobachtet worden. Jede Kaltbearbeitung, die die Härte vergrößert, setzt auch die Koerzitivkraft herauf. Dieser Anstieg ist weitgehend verhältnisgleich dem Bearbeitungsgrad; die erhöhten Werte lassen sich durch eine nachfolgende Glühung und Rekristallisation wieder beseitigen. Abb. 1 zeigt den Gang von Koerzitivkraft und Härte an einem abgeschreckten Stahl, der auf verschiedene Temperaturen angelassen ist. Abb. 2 zeigt entsprechende Messungen an Nickel- und Chromnickel-Stählen in einer etwas andern Darstellung. Hier erkennt man aus dem mittleren linearen Teil den ganzen Zusammenhang zwischen beiden Werten, daß er es häufig ermöglicht, in der Herstellungsprüfung die Härtebestimmung durch die einfachere Koerzitivkraftmessung zu ersetzen (magnetische Analyse).

Die Untersuchungen von *Kußmann* und *Scharnow* zeigen, daß dieser Zusammenhang keineswegs allgemein zuzutreffen braucht, daß sogar ein vollkommen entgegengesetztes Verhalten auftreten kann; die Messungen sind an einigen Mischkristallreihen: Eisen-Aluminium, Eisen-Chrom, Nickel-Kupfer und Nickel-Eisen, an einigen heterogenen Gemengen von Eisen-Kupfer-, Eisen-Nickel-Kupfer- und Kobalt-Kupfer-Legierungen durchgeführt worden.

Da die Kupfer-Eisen-Legierungen bis zu verhältnismäßig hohen Kupfergehalten gut magnetisierbar sind und sowohl Löslichkeitserscheinungen, wie heterogene Gemenge aufweisen, ist besonders dieses Beispiel eingehend behandelt.

Kupfer löst sich im Eisen bis zu etwa 1 vH, und die Löslichkeit von Eisen im Kupfer beträgt nach *Hausen* und *Ford*[2]) bei 1000 ° etwa 3 vH, bei 750 ° etwa 0.2 vH und bei Zimmertemperatur noch weniger. Die Härte folgt bei dem System Fe-Cu dem von *Kurnakow* und seinen Mitarbeitern aufgestellten Regeln. Sie steigt beim reinen Eisen und Kupfer mit zunehmendem Kupfer- oder Eisen-Gehalt an, solange Mischkristallbildung vorliegt. In der Mischungslücke entspricht sie etwa der Zusammensetzung der beid gesättigten Mischkristalle nach Hundertteilen. Die Koer tivkraft dagegen erfährt beim Eisen mit zunehmend Kupfergehalt im Mischkristallgebiet keine wesentliche St gerung; in der Mischungslücke steigt sie dagegen mit z nehmender Menge des heterogenen Bestandteils stark a erreicht einen Höchstwert und sinkt wieder etwas ab, Abb.

Eine Erklärung für dieses Verhalten wird aus d Betrachtung der Struktur der Legierungen gegeben. U zwar scheiden sich in der Mischungslücke die Träger d Magnetismus, die eisenreichen Mischkristalle, zuerst aus d Schmelze aus; später erstarrt der unmagnetische kupfe reiche Bestandteil, der sich meistens um den eisenreich Kern als eine Art Mantel herumlegt. Bei weiterem A kühlen nun schrumpft dieser infolge seines höheren Au dehnungskoeffizienten stärker zusammen und übt auf d magnetischen Kern einen allseitigen Druck aus, der n dem Anteil des kupferreichen Mischkristalles in Hundertste zunimmt, auf die Härte dagegen anscheinend kein Einfluß hat. Bringt man also beim Eisen (mit etwas g löstem Kupfer) durch Erhitzen auf höhere Temperatur mehr Kupfer in Lösung und schreckt ab, wobei die Hä zunehmen muß, so muß umgekehrt die Koerzitivkraft si ken, da die Schrumpfspannung abnimmt. Die Koerziti kraft liefert daher auch hier, wie in vielen andern Fälle ein sehr empfindliches Verfahren zum Nachweis von stru turellen Änderungen, wenn diese mit Entstehung oder Ä derung von Eigenspannungen verknüpft sind.

*Kußmann* und *Scharnow* haben diese Erklärung an a Legierungen mit einem Kupfergehalt bis zu 21 vH ( durch Zusammenschmelzen von Elektrolyteisen mit et 0,01 vH Kohlenstoff und Elektrolytkupfer im Vakuu Induktionsofen erhalten waren) geprüft und bestätigt f funden. Und zwar zeigen die Legierungen mit 0,5 u 1 vH Kupfer, in denen das gesamte Kupfer stets in Lösu vorhanden ist, ebenso wie das reine Eisen, beim Abschreck keine Änderungen der Härte oder der Koerzitivkraft. I Legierungen mit höherem Gehalt dagegen weisen Übereinstimmung mit dem Zustandschaubild bei hohen Te peraturen eine Zunahme der Löslichkeit des Kupfers Eisen auf. Diese zeigt sich sowohl in einer Steigerung Härte, als auch in einem gleichzeitigen Sinken der Koer tivkraft nach dem Abschrecken. Der Vorgang setzt al übereinstimmend bei allen Proben erst zwischen 800 u 850 °C, d. h. wahrscheinlich mit der $A_2$-Umwandlung ( etwa 825 °) zusammenfallend, ein. Bei der $A_2$-Umwa lung dagegen zeigen die vorliegenden Ergebnisse keine unstetige Änderung der Koerzitivkraft oder der Härte.

Dieses eigenartige Verhalten von Härte und Koer tivkraft bei Mischkristallen und heterogenen Gemen finden *Kußmann* und *Scharnow* an sämtlichen, oben an führten Legierungseisen bestätigt. Man kann daher die Befund als allgemein gesichert ansehen, was für alle üb haupt in Frage kommenden Legierungen von großer Wi tigkeit ist. [M 3141

Berlin *A. Schulz*

[1]) Z. f. anorg. Chem. Bd. 178 (1929) S. 317; Z. f. Phys. Bd. 34 (1929) S. 1.
[2]) Journ. Inst. of Met. Bd. 32 (1924) S. 335; Z. f. Metallk. Bd. 16 (1924) S. 438; Bd. 19 (1927) S. 293.

**Abb. 1**
Einfluß des Anlassens auf Koerzitivkraft und Härte eines Stahles.

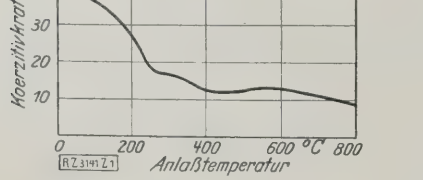



**Abb. 2**
Koerzitivkraft und Härte von Stählen (nach *Gebert*).

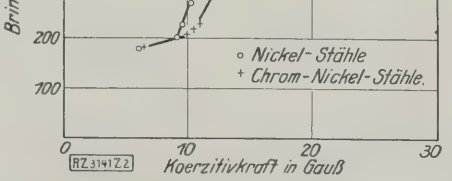
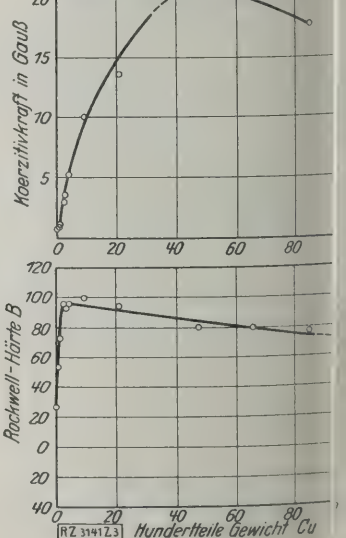



**Abb. 3**
Koerzitivkraft und Härte im System Eisen-Kupfer.



# Industriebeleuchtung

Von Dr. W. RUFFER, Berlin[1])

*ch Aufstellung der Forderungen, die an eine gute Beleuchtung ellt werden müssen, wird gezeigt, wie eine lichttechnische nung von Beleuchtungsanlagen in Werkstätten im allgemeinen chgeführt wird. Die zur Berechnung notwendigen Zahlen-ln werden angeführt und ihre Anwendung an einem Beispiel er erläutert. Unter Berücksichtigung des physiologisch-chologischen Einflusses der Beleuchtung auf die Leistung des eitenden Menschen wird schließlich auf die Frage der Wirt-ftlichkeit der Beleuchtung eingegangen, wobei eine ameri-ische Untersuchung dieser Frage als Grundlage dient.*

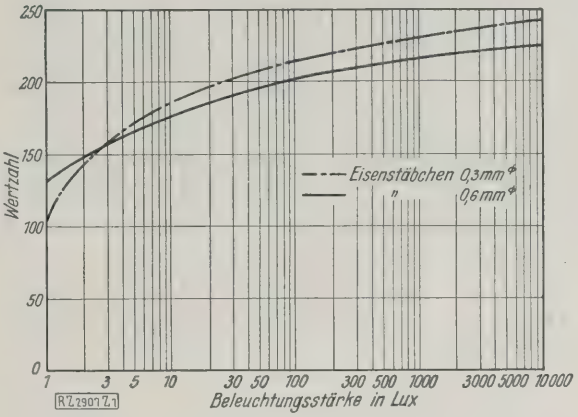



**Abb. 1**
Beleuchtung und Leistung.
Schnelligkeitsprüfung mit Eisenstäbchen.

ie drei Ziele jeder Fertigung sind: Vergrößerung der Erzeugung, Verbesserung der Beschaffenheit der Ergnisse und Verringerung der Unkosten. Als Mittel Erreichung dieser Ziele nannte schon im Jahre 1913 Amerikaner *Eshleman:* Gute Arbeitskräfte, gute Mainen und gute Beleuchtung. Es ist notwendig, daß drei Mittel gleichzeitig vervollkommnet werden. ar macht die Nichterfüllung einer dieser Forderungen beiden anderen nicht wertlos, wohl aber geringerrtig. Dies hat man auch in der deutschen Industrie der jüngsten Zeit erkannt. Während man in den heren Zeiten die Bedeutung der Forderung nach guten beitskräften und guten Werkzeugmaschinen schon sprechend gewürdigt hat, hat man erst in neuerer t auch die Bedeutung der Beleuchtung erkannt. Früher rtete man das Licht in rein physikalischem Sinne und folgte nur die Vorgänge bis zum Entstehen des Bildes der Netzhaut; in jüngster Zeit hat man dagegen ermt, daß damit nur halbe Arbeit geleistet worden ist. er die physiologischen Veränderungen, die das Bild der Netzhaut hervorruft, über die Weiterleitung ins irn und die physiologischen Veränderungen daselbst zum Zustandekommen einer Vorstellung im Bewußtn hat man sich vom Standpunkt der Beleuchtungshnik aus kaum Gedanken gemacht.

Die Beachtung dieser physiologisch-psychologischen rgänge[2]) hat erst die große Bedeutung der Beleuchg für die Erzeugung gezeigt; es erscheint daher anracht, einmal näher auf die Technik der Industrieeuchtung einzugehen.

### Bedingungen für eine gute Beleuchtung

Die Forderungen, die an jede gute Beleuchtung gefüllt werden müssen, hat *Teichmüller* in dem Begriff der euchtungsgüte zusammengefaßt. Danach soll eine e Beleuchtung

- keine störenden Schlagschatten erzeugen,
- keine störenden Ungleichmäßigkeiten zeigen,
- keine Blendung, keine störende Spiegelung hervorrufen,
- dem Zweck des Raumes entsprechen und seiner Eigenart angepaßt sein,
- genügend stark und auch wirtschaftlich sein.

Man nimmt vielfach an, daß schattenlose Beleuchtung al ist. Dies ist durchaus meistens nicht der Fall. rch den Schatten wird doch erst das körperlich plaiche Erkennen eines Gegenstandes ermöglicht. Natürist es ein Zeichen von falscher Leuchtenanordnung, nn der Schlagschatten eines Maschinenteils, des Kopfes r der Hand des Arbeitenden oder eines beliebigen Gestandes gerade das verdeckt, was der Arbeitende en muß.

Um die Beleuchtung dem Zwecke des Raumes entsprechend zu gestalten und seiner Eigenart anzupassen, hat man die verschiedensten Möglichkeiten der Lichtverteilung. Eine große Anzahl der verschiedensten Geleuchte steht zur Verfügung. Allgemein unterscheidet man drei Arten der Beleuchtung: unmittelbare (direkte), halb mittelbare (halb indirekte) und ganz mittelbare (ganz indirekte) Beleuchtung.

In Maschinensälen und Werkstätten kommen für Allgemeinbeleuchtung hauptsächlich der Tiefstrahler (unmittelbare Beleuchtung) oder vorwiegend unmittelbares Licht in Frage. Den Tiefstrahler wählt man dann, wenn die Raumdecke dunkel ist. Vorwiegend unmittelbares Licht wendet man an, wenn eine helle Raumdecke vorhanden ist, deren Rückstrahlvermögen mit ausgenutzt werden kann.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist eine gute Beleuchtungstärke, da von ihr die Fähigkeit des menschlichen Auges, Dinge und Vorgänge in der Umwelt deutlich zu erkennen, abhängt und die Arbeitsleistung des Menschen mit steigender Beleuchtungsstärke zunimmt[3]). Als Beispiel von den vielen Untersuchungen diene das Ergebnis einer Schnelligkeitsprüfung, Abb. 1, bei der Eisenstäbchen in die Mitte von sichtbaren Feldern zu legen waren; die Lage der Stäbchen wurde dann durch Vergleich mit nach beendeter Prüfung sichtbar gemachten Teilungen festgestellt. Abb. 1 zeigt, daß eine erhebliche Leistungssteigerung mit zunehmender Beleuchtungsstärke eintrat. Die Untersuchung der sehr feinen Arbeit des Bespannens der Gestelle von Metalldrahtlampen lieferte ein ähnliches Ergebnis.

### Die lichttechnische Planung von Beleuchtungsanlagen

Um Schädigungen der Augen zu vermeiden, muß man sie vor Blendung schützen. Da die Leuchtdichten, d. i. das Verhältnis der Lichtstärke in HK des von der Lichtquelle ausgesandten Lichtes zur gesehenen Größe der leuchtenden Fläche, der Leuchtkörper aller unserer Lichtquellen so hoch sind, daß sie Blendung hervorrufen, so dürfen im allgemeinen keine nackten Lampen verwandt werden. Daher werden Lampen mit diffus streuenden Hüllen, allgemein Leuchten (auch Geleuchte, Armaturen) genannt, umgeben, die auch als Rückstrahler ausgebildet sein können.

Für große Maschinensäle und Werkstätten kommt hauptsächlich eine einwandfreie Allgemeinbeleuchtung in Frage und nur da, wo feine Einzelheiten zu erkennen sein müssen, ist noch eine zusätzliche Platzbeleuchtung notwendig.

Im allgemeinen gibt man in Werkstätten, wie bereits erwähnt, der unmittelbaren Allgemeinbeleuchtung den Vorzug, da die Wände und Decken meistens in dunklen Farben gehalten sind und die Bauart der Werkstätten

[1]) Dieselbe Frage hat der Verfasser zum Teil in seinem Vortrag J.: Beleuchtung als Leistungsfaktor" am 13. Dezember 1928 in der )gruppe Berlin der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingeire behandelt.

[2]) Vergl. *Teichmüller,* Die Physiologie als eine Grundlage der Lichttechnik, Z. Bd. 70 (1926) S. 1681.

[3]) Vergl. den Bericht „Leistungssteigerung durch Verstärkung der Beleuchtung" über psychotechnische Untersuchungen des Verfassers: Z. Bd. 69 (1925) S. 355.

selbst eine derartige Beleuchtung bedingt. Sind jedoch helle Decken und Wände vorhanden, dann ist die halb mittelbare Beleuchtung weitaus am zweckmäßigsten. Die hierbei auftretenden Schlagschatten sind weich und deshalb weder gefährlich noch störend, weil großflächige, sekundäre Lichtquellen, wie sie durch die beleuchtete Decke und den oberen hellen Wandfries dargestellt werden, nur verwaschene Schatten liefern können. Trotzdem hat das Licht in einem derart beleuchteten Raum immer einen bestimmten Richtungssinn, so daß die Körperschatten nicht unterdrückt werden.

Man muß bei der Planung von Beleuchtungsanlagen die Lichtverteilung, d. h. die Gesamtheit aller Lichtstärken in sämtlichen Ausstrahlungsrichtungen der Leuchte berücksichtigen. Zahlentafel 1 zeigt in der zweiten Spalte die Lichtverteilungskurven der für die Industriebeleuchtung in Frage kommenden Leuchte unmittelbarer, vorwiegend unmittelbarer und ha mittelbarer Strahler.

Ist man sich bei der Planung einer Beleuchtung anlage über die Wahl der Leuchte klar geworden, da muß die für den Raum und die auszuführenden Arbeit notwendige Beleuchtungsstärke ermittelt we den. Für das Erkennen der zu bearbeitenden Körper si nur die durch die Rückstrahlung des Lichtes hervo gerufenen Leuchtdichten der Körperoberflächen oder d Leuchtdichtenverhältnis der Körper untereinander od zum Hintergrund maßgebend. Demnach hängen die Leuchtdichten nicht nur von der Beleuchtungsstärke a mit der die Körper beleuchtet werden, sondern auch v dem Rückstrahlvermögen der Körper. Infolgedessen m sich die Beleuchtungsstärke stets nach der Art der au zuführenden Arbeit, der Größe der zu erkennenden G genständen, ihrem Rückstrahlvermögen oder den Ko trasten ihrer Leuchtdichten richten. Einen Anhalt für d richtige Wahl der Beleuchtungsstärke bieten die Norm die die Deutsche Beleuchtungstechnische Gesellschaft a gestellt hat. Sie schreiben für die in der Industrie v kommenden Arbeiten folgende Beleuchtungstärken v Zahlentafel 2.

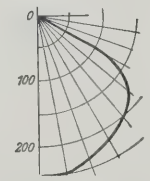
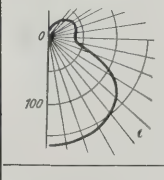
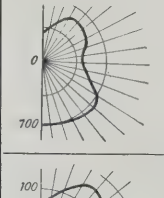
Es sei ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die Zahlen als Mindestforderungen gelten und hau sächlich für die Allgemeinbeleuchtung in Frage komm Zweckentsprechender sind weit höhere Beleuchtu stärken. Auch muß bei der Wahl der Beleuchtungstär darauf geachtet werden, daß die Leuchten mit der Z verstauben und verschmutzen, so daß die Beleuchtu stärke selbst bei oftmaliger Reinigung der Leuchten me hinter dem geplanten Anfangswert zurückbleibt.

Nun wird man aus Gründen der Wirtschaftlichk die Beleuchtungstärke oft nicht auf den Wert bring der an den einzelnen Plätzen für die allerfeinsten beiten erforderlich ist, obwohl vom psychologisch Standpunkte aus dies durchaus am Platze wäre. Man w

**Zahlentafel 2**
Mindestbeleuchtungstärke für Arbeitsbeleuchtung.

| Art der Arbeit | mittlere Beleuchtungstärke Lux |
|---|---|
| grobe Arbeit, z. B. Walzwerke, Schmiede, Grobmontage usw. | 15 bis 30 |
| mittlere Arbeit, z. B. Schlosserei, Dreherei, Montage, Kernmacherei, Tischlerei, Klempnerei, Spinnsäle, Websäle für helle Garne usw. | 40 bis 60 |
| feine Arbeit, z. B. Feinmechanik, Websäle für farbige und dunkle Garne, Büroarbeit usw. | 60 bis 90 |
| feinste Arbeit, z. B. Uhrmacher- und Graveurarbeit, Setzerei, Näherei, Zeichnen usw. | 90 bis 250 |

**Zahlentafel 1**
Lichtverteilung und Wirkungsgrade verschiedener Leuchten.

| Leuchten | Lichtverteilung | Lichtstrom in vH des Lichtstromes der Glühlampe | | | Verhältnis Raumbreite : Lichtpunkthöhe | Rückstrahlvermögen | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | Decke hell 70 vH | | | Decke mittel 50 vH | | Decke dun 30 vH |
| | | | | | | Wände | | | Wände | | Wände |
| | | der ganzen Leuchte | davon im | | | hell 50 vH | mittel 35 vH | dunkel 20 vH | mittel 35 vH | dunkel 20 vH | dunkel 20 vH |
| | | | unter. Halbraum | ober. | | | | | | | |
| Tiefstrahler |  | 65 | 65 | 0 | 1 | 0,38 | 0,36 | 0,34 | 0,35 | 0,33 | 0,33 |
| | | | | | 1,5 | 0,45 | 0,43 | 0,41 | 0,42 | 0,40 | 0,40 |
| | | | | | 2 | 0,49 | 0,47 | 0,45 | 0,46 | 0,44 | 0,44 |
| | | | | | 3 | 0,54 | 0,52 | 0,50 | 0,51 | 0,49 | 0,49 |
| | | | | | 5 | 0,59 | 0,57 | 0,55 | 0,56 | 0,54 | 0,54 |
| Diffuser Tiefstrahler |  | 80 | 60 | 20 | 1 | 0,41 | 0,37 | 0,34 | 0,35 | 0,33 | 0,32 |
| | | | | | 1,5 | 0,49 | 0,45 | 0,42 | 0,43 | 0,41 | 0,39 |
| | | | | | 2 | 0,54 | 0,50 | 0,47 | 0,48 | 0,46 | 0,44 |
| | | | | | 3 | 0,60 | 0,56 | 0,53 | 0,53 | 0,51 | 0,49 |
| | | | | | 5 | 0,67 | 0,63 | 0,59 | 0,59 | 0,57 | 0,54 |
| Vorwiegend unmittelbarer Strahler |  | 85 | 50 | 35 | 1 | 0,31 | 0,27 | 0,24 | 0,24 | 0,21 | 0,18 |
| | | | | | 1,5 | 0,37 | 0,33 | 0,30 | 0,30 | 0,27 | 0,24 |
| | | | | | 2 | 0,43 | 0,39 | 0,35 | 0,34 | 0,31 | 0,27 |
| | | | | | 3 | 0,49 | 0,45 | 0,41 | 0,39 | 0,36 | 0,31 |
| | | | | | 5 | 0,56 | 0,52 | 0,48 | 0,45 | 0,42 | 0,36 |
| Halbmittelbarer Strahler | | 80 | 10 | 70 | 1 | 0,24 | 0,21 | 0,19 | 0,16 | 0,14 | 0,10 |
| | | | | | 1,5 | 0,30 | 0,27 | 0,24 | 0,20 | 0,18 | 0,13 |
| | | | | | 2 | 0,34 | 0,31 | 0,28 | 0,23 | 0,21 | 0,15 |
| | | | | | 3 | 0,39 | 0,36 | 0,33 | 0,27 | 0,25 | 0,18 |
| | | | | | 5 | 0,45 | 0,42 | 0,39 | 0,32 | 0,30 | 0,21 |

reckentsprechend die Allgemeinbeleuchtung auf etwa 0 bis 200 Lux bringen und dort, wo es erforderlich ist, rch ergänzende Platzbeleuchtung die nötigen hohen leuchtungstärken bis zu 2000 Lux schaffen. Durch neuitliche Platzleuchten, die die Augen gegen die Lichtellen vollständig abschirmen müssen, stehen die Mittel r Verfügung, um mit einer 60 oder 100 W-Lampe auch e höchsten Beleuchtungstärken zu erzeugen, und zwar rt, wo sie wirklich gebraucht werden, also auf einem rhältnismäßig kleinen Platze.

Sind Leuchte und Beleuchtungstärke gewählt, dann ndet man zur Berechnung der Beleuchtung das sog. irkungsgradverfahren an. Man muß nämlich achten, daß je nach der Wahl der Beleuchtungsart nicht r das von den Leuchten unmittelbar ausgestrahlte cht, sondern auch das von der Decke und den Wänden nmalig oder mehrmalig zurückgestrahlte Licht auf die rbeitsfläche von Innenräumen fällt. Deshalb ist der Beiff des „Wirkungsgrades der Beleuchtung eines Raues" eingeführt worden. Unter dem Wirkungsgrad $\eta$, ch Nutzfaktor genannt, versteht man das Verhältnis s für die Beleuchtung der waagerechten Fläche (allgein 1 m über dem Erdboden) ausgenutzten Lichtstromes dem erzeugten Lichtstrom, wobei der Lichtstrom die röße der gesamten Lichtenergie bezeichnet, die die chtquelle rings in den Raum sendet. Also

$$\eta = \frac{E_m F}{\Phi},$$

obei $E_m$ die mittlere Beleuchtungstärke in Lux auf der rbeitsfläche (Meßebene) von der Größe $F$ in m² und $\Phi$ r von der oder den Lampen insgesamt erzeugte Lichtom in Lumen (Lm) ist.

Eine ausführliche Tafel der Wirkungsgrade hat Harson[4]) angegeben. Zahlentafel 1 zeigt einen Auszug, dem nur die für die Industriebeleuchtung hauptsächlich Frage kommenden Leuchten berücksichtigt sind. Die erte gelten für neue oder gereinigte Beleuchtungsanlagen. ne Verstaubung äußert sich durch Abnahme des Wirngsgrades der Leuchten. Diese und die Lichtabnahme r Glühlampe werden zweckmäßig berücksichtigt durch rvielfältigung des ermittelten Wirkungsgrades mit 0,8 s 0,9. Man erhält so einen Mittelwert für die ganze Zeituer des Betriebes.

Hat man den Wirkungsgrad unter Berücksichtigung r Raumverhältnisse (Verhältnis von Raumbreite und umlänge zur Lichtpunkthöhe, die Aufhängehöhe über r Meßebene) ermittelt, dann ist lediglich die gewählte ttlere Beleuchtungstärke mit der Bodenfläche des Rauns in m² zu vervielfältigen und dieses Produkt durch den mittelten Wirkungsgrad zu teilen. Dann gibt $\Phi = \frac{E_m F}{\eta}$ e Größe des gesamten aufzuwendenden Lichtstromes in Lm an. Sind zur Erzielung einer guten Gleichmäßigkeit der Beleuchtung und einer guten Schattigkeit mehrere Leuchten im Raume zu verteilen, dann ermittelt sich der Lichtstrom für die Lampen aus dem Verhältnis des Gesamtlichtstromes zur Anzahl der Brennstellen. Welche Leistungsaufnahme in W zu wählen ist, ersieht man — unter Berücksichtigung der Netzspannung — aus Zahlentafel 3.

**Beispiel**

Ein Werkstattraum ist 20 m lang und 10 m breit = 200 m², die Raumhöhe beträgt 4 m, Decke und Wände haben helle Farben. Die Netzspannung beträgt 220 V. Die Stärke der Allgemeinbeleuchtung soll rd. 100 Lux betragen. Da Decke und Wände hell sind, soll mit vorwiegend unmittelbarem Licht beleuchtet werden. Das Rückstrahlvermögen von Decke und Wänden, zusammegefaßt, fällt unter die Spalte „Decke hell (70 vH), Wände hell (50 vH)" der Zahlentafel 1. Da der Raum groß und niedrig ist, so ergibt sich unter Berücksichtigung des Verhältnisses der Raumbreite zur Lichtpunkthöhe (über der Meßebene, die sich 1 m über dem Erdboden befindet) von rd. 3 ein Wirkungsgrad $\eta = 0{,}49$. Dann ist nach der Formel

$$\Phi = \frac{E_m F}{\eta} = \frac{100 \cdot 200}{0{,}49}$$

ein Lichtstrom von rd. 40 800 Lm erforderlich. Bei der verhältnismäßig geringen Höhe des Raumes wäre es nicht gut, zu große Leuchten zu verwenden. Man wählt daher vorteilhaft natürlich auch unter Berücksichtigung der Fensterteilung und der Arbeitsplätze möglichst viel Brennstellen, z. B. 14. Da sich der Lichtstrom von 40 800 Lm auf 14 Lampen verteilt, so erhält man für jede Lampe einen aufzuwendenden Lichtstrom von 2900 Lm. Zahlentafel 3 zeigt bei 220 V als nächstliegende Ziffer 2850 Lm für eine Lampe von 200 W. Der gesamte aufgewandte Lichtstrom wird somit $14 \times 2850 = 39\,900$ Lm, die Beleuchtungsstärke $\frac{39\,900 \,.\, 0{,}49}{200} \approx 98$ Lux betragen. Wären in unserem Beispiel die Decke und die Wände in dunklen Farben gehalten, dann wäre zweckmäßig eine unmittelbare Beleuchtung zu wählen. Dann kämen Tiefstrahler mit mattierten Lampen in Frage, wobei infolge geringer Absorption durch die Mattierung der berechnete Lichtstrom sich um durchschnittlich 6 vH vermindert, bei Opalkolben im Mittel um 10 bis 12 vH.

Auf den Grundgleichungen des Wirkungsgradverfahrens ist auch ein zeichnerisches Verfahren entwickelt worden[5]), das den Zusammenhang der Größen in einfacher Form zeigt.

**Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung**

Mit der richtigen Planung einer Beleuchtungsanlage hängt auch die der Wirtschaftlichkeit eng zusammen. Hierher gehören die Fragen der Anwendung großer und kleiner Beleuchtungseinheiten, rechtzeitige Auswechselung geschwärzter Lampen, Reinigung des Beleuchtungsgerätes, rechtzeitige Erneuerung des Wandanstrichs. Hingewiesen sei darauf, daß die Reinigung des Beleuchtungsgeräts eine

[4]) Gen. Electr. Rev. Bd. 21 (1918) S. 419. S. a. die einschläg. Handher, z. B. *Strecker*, Hilfsb. f. d. Elektrot. (Starkstromausg.) 10. Aufl. 637, *v. Rziha* u. *Seidener*, Starkstromtechnik, Taschenb. f. Elektrot. 6 Aufl. Bd. II S. 324.

[5]) *Grix* u. *Kowal*, Beitrag zur Projektierung von Beleuchtungsanlagen nach der Wirkungsgradmethode, ETZ Bd. 48 (1927) S. 926.

**Zahlentafel 3.** Lichtströme der Glühlampen-Einheitsreihe.

| Leistungsaufnahme W | Spannung V | Lichtstrom Lm | Leistungsaufnahme W | Spannung V | Lichtstrom Lm | Leistungsaufnahme W | Spannung V | Lichtstrom Lm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 15 | 20 bis 139 | 145 | 100 | 20 bis 130 | 1 500 | 500 | 100 bis 130 | 8 900 |
| | 140 bis 169 | 135 | | 131 bis 165 | 1 400 | | 131 bis 165 | 8 400 |
| | 170 bis 260 | 125 | | 200 bis 260 | 1 250 | | 200 bis 260 | 8 000 |
| 25 | 20 bis 139 | 250 | 150 | 100 bis 130 | 2 350 | 750 | 100 bis 130 | 14 000 |
| | 140 bis 169 | 245 | | 131 bis 165 | 2 200 | | 131 bis 165 | 13 500 |
| | 170 bis 260 | 225 | | 200 bis 260 | 2 000 | | 200 bis 260 | 13 000 |
| 40 | 20 bis 139 | 420 | 200 | 100 bis 130 | 3 250 | 1000 | 100 bis 130 | 19 000 |
| | 140 bis 169 | 410 | | 131 bis 165 | 3 100 | | 131 bis 165 | 18 000 |
| | 170 bis 260 | 395 | | 200 bis 260 | 2 850 | | 200 bis 260 | 17 500 |
| 75 | 20 bis 130 | 1 050 | 300 | 100 bis 130 | 5 200 | 1500 | 100 bis 130 | 29 500 |
| | 131 bis 165 | 950 | | 131 bis 165 | 5 000 | | 131 bis 165 | 28 500 |
| | 200 bis 260 | 850 | | 200 bis 260 | 4 650 | | 200 bis 260 | 28 000 |

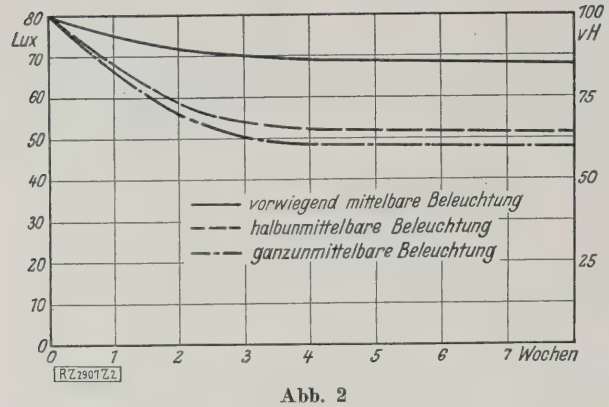



Abb. 2
Abnahme der Wirtschaftlichkeit von Leuchten infolge Verstaubens.

besonders große Rolle spielt. Wie stark die Wirtschaftlichkeit durch die Verstaubung beeinflußt wird, zeigen die von dem Amerikaner *Clewell* an der Hand eingehender Untersuchungen aufgestellten Kurven, Abb. 2. Es empfiehlt sich, die Leuchten in Abständen von zwei bis drei Wochen zu reinigen.

Zu der Frage der Wirtschaftlichkeit gehört auch vor allen Dingen die zweckmäßige Beleuchtungstärke. Als Beispiel sei auf eine Untersuchung des Amerikaners *Luckiesh* hingewiesen. Dieser stellte die Frage:

Inwieweit kann eine Vergrößerung der Erzeugung die Kosten für eine Steigerung der Beleuchtung noch tragen?

Unter Zugrundelegung einer Untersuchung in einer Kugellagerfabrik und unter Berücksichtigung des Umstandes, daß sich die Beleuchtungskosten fast gleichmäßig mit der Erhöhung der Beleuchtungstärke erhöhen, entwickelte er Abb. 3, die die für 72 Lux berechneten Erzeugungskurven darstellt. Der Teil *AD* ist extrapoliert, es sind also hierfür keine Versuchsergebnisse vorhanden. Jedoch unterstützen die meisten verfügbaren Ergebnisse über die Sehverhältnisse die Annahme, daß die Kurve in der gekennzeichneten Weise weiter verläuft. Die Beziehung zwischen der Beleuchtungstärke und den Unkosten für Licht in vH der Löhne (im Mittel 30 Cents/h) ist durch die Linie *DB* dargestellt. Der Schnittpunkt der Geraden mit der Erzeugungslinie liegt bei rd. 2000 Lux, d. h., daß eine derartige Fabrik mit einer gut angelegten Beleuchtungsanlage bei einer Erhöhung der Lichtstärke von 72 auf rd. 2000 Lux die Erzeugung um 22 vH ohne einen wirklichen Mehraufwand an Kosten steigern könnte, wobei die Vorteile verminderter Beschädigung der Erzeugnisse, der Erhöhung der Sicherheit und des allgemeinen Wohlbefindens noch nicht berücksichtigt sind. Wenn in derselben Fabrik der Lohn 60 Cent/h betrüge, wären die Unkosten für Licht in vH der Löhne durch die strichpunktierte Linie darzustellen. Die Verlängerung dieser Linie würde die Kurve *AD* erst bei rd. 5000 Lux schneiden.

Eine derartige Extrapolation einer Untersuchung, wie sie *Luckiesh* angestellt hat, ist zwar etwas gewagt. Trotzdem kann aus dem ganzen Verlauf der Ergänzungskurve ganz allgemein der Schluß gezogen werden, daß hohe Beleuchtungstärken durchaus noch wirtschaftlich sind.

Faßt man das Ergebnis der vorstehenden Ausführungen zusammen, so kann man sagen, daß eine zweckentsprechende und wirtschaftliche Planung einer Beleuchtungsanlage sowohl im Interesse der Arbeiter und Angestellten als auch in dem des Unternehmers selbst liegt. Im Verhältnis zu den gesamten Erzeugungskosten machen die Mehrkosten für eine gute Werkstattbeleuchtung nur

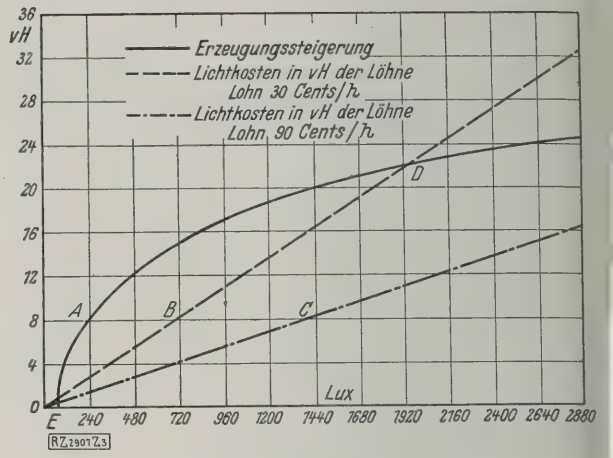



Abb. 3
Wirtschaftlichkeit der Beleuchtung.

einen bescheidenen Bruchteil aus, sie machen sich abe durch vermehrtes Wohlbehagen der Arbeiter und durc gesteigerte Leistung hinsichtlich der Güte und Meng wohl bezahlt. [B 2907]

## Amerikanische Lademaschinen im deutsche Bergbau

Mit den in einem früheren Aufsatz gebrachten Lad maschinen amerikanischer Bauart[1]) sind in der Zwische zeit eine Reihe von Versuchen angestellt worden, die zu Teil zu einer dauernden Übernahme der Maschinen geführ haben. Dies gilt für die Kratzerlader, für die man das neu Wort Schrapper geprägt hat, und für Schaufellader, wi die Butler-Schaufel. Der Schrapper hat sich im Kalibergba zum Leerfördern der großen Firsten wie auch zum Wiede verfüllen leergeförderter Firsten mit Bergeversatz a außerordentlich brauchbar erwiesen. Im westfälische Steinkohlenbergbau ist die Anwendung des Schrappe beim Strebbau mit breitem Blick in geringmächtigen Flöze versucht worden; hierbei hat sich trotz des stoßartigen A beitsvorganges beim Laden mit dem Schrapper eine gewis Überlegenheit gegenüber dem Schüttelrutschenbetrieb he ausgestellt[2]). Besonderen Vorteil bietet die Anwendung d Schrappers beim Unterwerkbau. Seit etwa einem Jah wird der Schrapper auf westfälischen Gruben zum Ei bringen von Bergeversatz verwendet. Der Versatz wi hierbei mit einer Stopfkraft von 3 t zusammengeschob und dadurch vorzüglich tragfähig.

Für das maschinenmäßige Laden im Streckenvortri hat sich die Butler-Schaufel[3]), die in Deutschland von d Demag-A.-G. gebaut wird, an verschiedenen Stellen eing führt; eine Wirtschaftlichkeit ist hierbei bereits gesiche wenn die Mehrleistung bei Anwendung des Schaufellade 21,5 vH ausmacht. Für Gurtförderbänder sind besonde Bandschleifen durchgebildet worden, die eine leichte u genaue Einstellung der Bandlänge ermöglichen. Die Gu bänder, mit denen auch Versatzberge gefördert werd können, sind Plattenbändern wegen ihres leichteren Au baues, ihrer leichteren Überwachung und geringeren Em findlichkeit vorzuziehen. Ein Nachreißen des Liegende das bei Anwendung der Bandförderung überhaupt nicht e forderlich ist, läßt sich auch bei den Schüttelrutschenbetri ben durch besondere Ladewagen vermeiden. Es sind di steigende Förderbänder, die zwischen Rutsche und Förde wagen geschaltet werden und das Fördergut in Wagenhö heben. Eine besonders kurze Baulänge des Gerätes ist b Anwendung einer Kratzerkette möglich.

[N 3408] *Pr.*

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1313.
[2]) „Glückauf" Bd. 65 (1929) Nr. 27 S. 922.
[3]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 11 S. 381.

# RUNDSCHAU

## Elektrotechnik

### Weltfernsprechverkehr/Großkraftversorgung

#### Elektrotagung Aachen

Die 34. Jahresversammlung des Verbandes Deutscher Elektrotechniker vom 6. bis 10. Juli 1929 Aachen erhielt eine besondere Note dadurch, daß die ste Verbandsversammlung am 8. Juli als Ferntagung[1]) abhalten wurde. Die Elektrotechnischen Vereine im Haag, in ien und Budapest waren mit Aachen über Fernleitungen id Verstärkerämter verbunden, Abb. 1, und hörten an Lautrechern die Aachener Vorträge. Danach wurden Beüßungsreden der drei Vereine nach Aachen und den arn angeschlossenen Orten übertragen. Um den etwas unrsönlichen Eindruck, den Lautsprecherübertragungen ufig verursachen, zu vermeiden, ließ man in Aachen das chtbild des Redners erscheinen, was die Wirkung der ertragenen Reden merklich verbesserte. Diesen geschickten tbehelf wird vielleicht in einigen Jahren das Fernsehen lösen.

Die gut gelungene Ferntagung war auf jeden Fall ein merkenswertes Ereignis; sie zeigte, daß es möglich ist, ichtige Verhandlungen einer großen Hörerschaft zugängch zu machen, ohne daß der Einzelne zu reisen braucht. as Kennenlernen und persönliche Fühlungnehmen, wozu oße Tagungen Gelegenheit bieten, wird allerdings die rntagung nie ersetzen können.

Auf einen umfassenden Überblick über die Entwicklung r Elektrotechnik in den letzten Jahren von Dr.-Ing. E. h. . *Krone*[2]) folgten Begrüßungen, aus denen der Hinweis f den Zusammenschluß der deutschen Elektrizitätserzeuıg und -verteilung in der A.-G. für Deutsche Elektrizitswirtschaft, Berlin, hervorgehoben sei. Dieser freie Zuımmenschluß machte die gesetzliche Regelung der deutschen lektrizitätswirtschaft überflüssig.

Dann sprach Dr.-Ing. E. h. *Craemer*[3]) über

**Weltfernsprechverkehr.**

Nachdem es im Kriege möglich geworden war, weite ntfernungen mit dem Fernsprecher zu überbrücken, hat ıld nach dem Kriege, gefördert durch die Arbeit des Zwihenstaatlichen beratenden Ausschusses für den Fernsprecheitverkehr (CCI) der zwischenstaatliche Fernsprechverkehr nen so großen Aufschwung genommen, daß man heute in r Hauptsache zwei große Fernsprechnetze unterscheiden ann: das nordamerikanische mit rd. 18 Mill. Sprechellen (rd. 60 vH aller Sprechstellen der Welt) und das ıropäische mit rd. 8 Mill. Sprechstellen. Daneben ist ein idamerikanisches Netz im Wachsen; außerdem haben noch ustralien, Japan usw. größere Netze. Da es möglich ist, ntfernungen von rd. 25 000 km, mehr als den halben Erdmfang, bei guter Sprechverständigung zu überbrücken, ann man heute diese Netze bereits zusammenschließen. . *W. Wagner*[4]) hat nachgewiesen, daß schon heute ein ernsprechkabel zwischen Europa und Amerika ausführbar id wirtschaftlich sein würde. Die technischen und organiıtorischen Aufgaben des Weltfernsprechverkehrs sind heute nwandfrei lösbar. Eine erhebliche Schwierigkeit bildet lerdings der Unterschied der Tageszeiten.

In der zweiten Verbandsversammlung am 9. Juli wurden e Fragen behandelt, die sich beim

**Zusammenschluß großer Starkstromnetze**

geben. Der Umfang dieser Netze ist von Jahr zu Jahr wachsen, und es ist nur noch eine Frage der Zeit, daß ınz Deutschland ein großes Netz erhält, das mit dem beıchbarten Ausland in Verbindung steht. Nach Dr.-Ing. h. *Frank*[5]) muß man sich über die Linienführung und n weiteren Ausbau klar sein, wenn man grundlegende hler vermeiden will. Die große Bedeutung des Spitzenısgleichs erkennt man daran, daß mit 50 vH der gesamten nlagekosten 90 bis 95 vH des gesamten Strombedarfs geckt werden können, während die andre Hälfte der Kosten f die restlichen 5 bis 10 vH Spitzenstrom entfällt. Schon

[1]) Vergl. a. *Kaspareck* und *Feldtkeller*, Ferntagungen, ETZ Bd. 50 29) Nr. 27 S. 997.
[2]) Der Bericht wird in der ETZ erscheinen; vergl. a. den Bericht er die Tätigkeit des Verbandes seit der letzten Jahresversammlung Ber'in 1928, ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 23 S. 842 u. Nr. 24 S. 874.
[3]) ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 27 S. 959.
[4]) VDI-Nachrichten Nr. 19 vom 8. Mai 1929 S. 3, Berichte der Preuß. kad. d. Wissensch.
[5]) ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 27 S. 963.

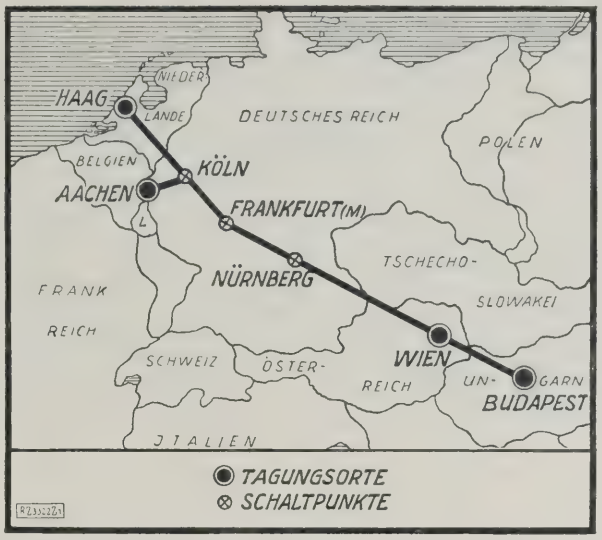



**Abb. 1**
Leitungsverbindungen bei der Aachener Ferntagung.

der Unterschied der Tageszeiten in Ost- und Westdeutschland trägt zur Verbreiterung der Spitzen merklich bei.

Auf Eigenarten des Drehstromes beim Zusammenarbeiten großer Netze wies Dr.-Ing. *Rüdenberg*[6]) hin. Völlig unabhängige Regelung der Spannungen von Kraftwerken ist nach ihrem Zusammenschluß nicht mehr möglich. Man muß entweder Blindstrom mitübertragen oder bedient sich, was meist einfacher ist, regelbarer Zusatztransformatoren. Die übertragbaren Leistungen hängen von den Spannungen und Eigenschaften der Leitungen sowie von dem Winkel zwischen den beiden Kraftwerkspannungen ab; dieser wächst anfangs verhältnisgleich der Leistung, bei etwa ⅔ der Höchstleistung schneller. Man kann die übertragbare Leistung deshalb nur zu rd. 50 vH ausnutzen, damit die Kraftwerke nicht schon bei kleinen Lastschwankungen außer Tritt fallen. Störungen in den Leitungen, insbesondre Erd- und Kurzschlüsse, müssen beim Zusammenarbeiten mehrerer Kraftwerke infolge des festen Verhältnisses ihrer Spannungen durch besondere Maßnahmen bekämpft werden.

Maßnahmen für den Betrieb beim Zusammenschluß großer Netze beschrieb Dr.-Ing. *Piloty*[7]). Die Wirk- und Blindleistungen kann man auf die zusammenarbeitenden Kraftwerke wirtschaftlich verteilen, wenn man Frequenz- und Fahrplanwerke unterscheidet. Arbeitet man nach einem bestimmten Leistungsplan (Fahrplan), so kann man die Kraftwerke selbsttätig regeln. Allerdings muß ein Hauptlastverteiler vorhanden sein, der den einzelnen Kraftwerken die Angaben und Befehle übermittelt.

Innerhalb der Fachberichte[8]) über Sondergebiete sprach Dr.-Ing. *Rogowski* im großen Hörsaal des neuen Elektrotechnischen Instituts über Kathodenoszillographen, an deren Entwicklung er maßgebenden Anteil hat[9]). Danach gab er Gelegenheit, das im nächsten Wintersemester in Benutzung kommende neue Elektrotechnische Institut der Technischen Hochschule Aachen[10]) zu besichtigen, das den Arbeiten über die Grundlagen der Elektrotechnik und das zugehörige Meßwesen dienen soll. Das geräumige Gebäude ist sehr gut ausgestattet und wird dazu beitragen, die Zusammenarbeit von Lehre und Forschung in der deutschen elektrotechnischen Wissenschaft zu fördern. Ein Institut für elektrische Konstruktionen und Anlagen soll im nächsten Frühjahr erbaut werden.

Der Verband Deutscher Elektrotechniker beschloß, im Hinblick auf die Zweite Weltkraftkonferenz in Berlin und die Tagung der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) in Stockholm im Jahre 1930 nur eine Arbeitsitzung des Vorstandes und Ausschusses einzuberufen und die nächste Jahresversammlung erst 1931 abzuhalten.

[N 3322] *Parey*

[6]) ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 27 S. 970.
[7]) ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 27 S. 985.
[8]) Sie sollen im Spätherbst als Sonderheft der ETZ erscheinen.
[9]) Vergl. ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 26 S. 921.
[10]) ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 27 S. 993.

## Kathodenstrahl-Oszillograph für Innenaufnahmen

Einen Kathodenstrahl-Oszillographen in besonders einfacher und betriebsicherer Ausführung führte *P. Hochhäusler* im Elektrotechnischen Verein Berlin vor. Die Schwierigkeit bei Kathodenstrahl-Oszillographen für Innenaufnahmen[1]) besteht in der Erhaltung der erforderlichen hohen Luftleere beim Ein- und Ausführen der Filme und Platten. *Hochhäusler* verwendet mit Erfolg eine schleusenartige Vorrichtung[2]) zum Einbringen der Platten in den Hochvakuumraum, wobei die Platten zunächst in einen Vorraum gebracht werden, der für sich ausgepumpt wird. Für Filme ist eine andre Ausführung so eingerichtet, daß eine Vorratstrommel mit normalem Kinofilm in den Oszillographenraum gebracht wird und daß der Film durch ein barometerähnliches, mit Quecksilber gefülltes U-Rohr ins Freie gezogen wird.

Abb. 2 und 3 zeigen die Schleuseneinrichtung für Platten. In einem geschliffenen Kegel befinden sich drei um 120 ° versetzte Aussparungen. Bei *a* wird in eine der Aussparungen mittels eines lichtdichten Sackes die photographische Platte eingelegt. Durch Drehen des Kegels entgegen dem Uhrzeigersinn gelangt die Platte nach *b*, wo die Aussparung durch einen Stutzen mit einer Vorvakuumpumpe in Verbindung steht. Aus diesem Vorvakuumraum kommt die Platte nach einer weiteren Drehung des Kegels an die Stelle *c*, wo sie nach Wegklappen des Fluoreszenzschirmes *d* in den Wirkungsbereich des Kathodenstrahles gelangt. Die belichtete Platte wird durch abermaliges Drehen des Kegels wieder nach *a* gebracht und kann dort entnommen werden. Die Versuche haben gezeigt, daß mit dieser Vorrichtung das Ein- und Ausführen der Platten ohne jegliche Störung des Hochvakuums möglich ist. Die Aufnahmen können also ohne Unterbrechung hintereinander gemacht werden.

Der eingeschliffene Kegel ist dicht gegen hohen Unterdruck. Da er mit nahezu 100 kg Axialdruck angepreßt wird, ist zum Drehen eine beträchtliche Kraft erforderlich. Es mußte deshalb ein Schneckengetriebe zwischen Kegel und Handrad eingeschaltet werden.

Abb. 4 zeigt einen mit dieser Vorrichtung ausgerüsteten Kathodenstrahl-Oszillographen, der auch sonst durch seine einfache Bauart bemerkenswert ist. Das Untergestell enthält die Luftpumpe und die Schleuse, auf die der eigentliche Behälter für hohen Unterdruck aufgesetzt ist. Die Entladungsröhre ist, ebenfalls mittels Flansches, mit dem Rohrstück verbunden. Die beiden Flansche sind also die einzigen Dichtungsstellen. Die Einführungen zu den Ablenkplatten sind ähnlich wie bei den Glasgleichrichtern als Einschmelzungen von Sonderglas in Kupferrohre ausgeführt, die mit dem Rohrkörper verschraubt und verlötet sind.

In dieser Form stellt der Kathodenstrahl-Oszillograph tatsächlich schon ein einfach zu handhabendes und schnell betriebsbereites Gerät dar, das auch außerhalb des Laboratoriums Verwendung finden kann. Als Erregerspannung für die Entladeröhre sind rd. 45 bis 60 kV Gleichspannung notwendig. Die Einführungen zu den Ablenkplatten sind für 30 kV ausgebildet. Man hat Aufnahmen von Vorgängen gemacht, die sich in etwa $10^{-6}$ bis $10^{-7}$ s abgespielt haben.

Verwendung hat der Kathodenstrahl-Oszillograph bisher fast ausschließlich in der Hochspannungstechnik zur Aufklärung schnell verlaufender Ausgleichvorgänge gefunden. Ein außerordentlich großes Anwendungsgebiet dürfte aber auch in der Hochfrequenztechnik gegeben sein[3]). Vielleicht stand früher die überaus schwierige Handhabung des Gerätes einer umfassenden Anwendung hindernd im Wege. Es ist zu erwarten, daß die Durchbildung einfacher Bauarten wie der beschriebenen dem Gerät dies Gebiet in größerem Umfang erschließt. Die in der Hochspannungstechnik zur Aufnahme von Einzelvorgängen notwendigen Zusatzgeräte schaften dürften in der Hochfrequenztechnik wegfallen, weil es sich hier im wesentlichen um die Aufnahme periodisch wiederkehrender Vorgänge (Kurven von Hochfrequenz-Stromerzeugern usw.) handelt.

Der beschriebene Kathodenstrahl-Oszillograph[4]) ist im Hochspannungslaboratorium der Technischen Hochschule Berlin durchgebildet worden. [M 2970] —*ald.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 1 S. 29.
[2]) DRP Nr. 442 465.

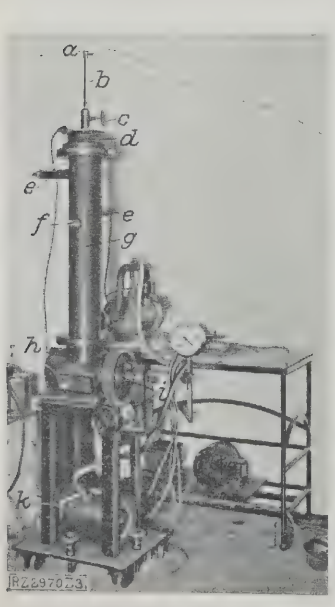



**Abb. 4**
Kathodenstrahl-Oszillograph mit angebauter Plattenschleuse.

Die Bauart ist besonders einfach und hat nur wenig Dichtungsstellen.

*a* Kathode
*b* Entladungsröhre
*c* Druckregler
*d* Konzentrierungsspule
*e* Einführungen zu den Ablenkplatten
*f* Beobachtungsfenster
*g* Oszillographengehäuse
*h* Plattenschleuse
*i* Drehvorrichtung für den Schleusenkegel
*k* Hochvakuumpumpe

[3]) Vergl. a. *Thoma*, Aufzeichnung schneller Schwingungen. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 19 S. 689.
[4]) Ausführliche Beschreibung ETZ Bd. 50 (1929) S. 860.

## *Verbrennungskraftmaschinen*

### Volumetrischer Wirkungsgrad eines Zweitakt-Zweizylindermotors mit Kurbelkammergemischpumpe

Der volumetrische Wirkungsgrad eines Motors für flüssigen Brennstoff

$$\lambda = \frac{\text{angesaugtes Luftvolumen}}{\text{Hubvolumen}}$$

hängt ab von

1. der Drehzahl,
2. den Ventil- oder Schlitzquerschnitten und Öffnungszeiten,
3. dem Wärmeaustausch zwischen angesogenem Gemisch und Zylinderwandungen sowie Auspuffrückständen,
4. der inneren Verdampfwärme des Brennstoffes,
5. dem Druck im Auspuffstutzen,
6. dem Unterdruck in der Saugleitung,
7. der Bauart der Aufladepumpe.

Die Abhängigkeit von den Größen 1) bis 6) ist Zwe und Viertaktmotoren gemeinsam; doch äußert sich der Ein fluß der Größen 3) und 5) bei Zweitaktmotoren viel deu licher als bei Viertaktmotoren. Bei Zweitaktmotoren tri nämlich das frische Gemisch unmittelbar nach dem Expan sionshub in den mit heißen Abgasen erfüllten Zylinde während bei Viertaktmotoren während des ganzen Auspuf hubes die Zylinderwandungen und Abgase ihre Wärme a das Kühlwasser abgeben und das frische Gemisch dann n noch mit den Abgasresten zusammentrifft. Bei Zwe taktmotoren haben ferner die Frischgase beim Eintritt i den Zylinder den Auspuffgegendruck zu überwinden, wäh rend beim Viertaktmotor der Auspuff durch den Kolben b wirkt wird.

Bei Viertaktmotoren ist nun der volumetrische Wi kungsgrad durch die Größen 1) bis 6) im wesentlichen b stimmt; bei Zweitaktmotoren ist er jedoch hauptsächlic abhängig von der Aufladepumpe, die als Kreiselpumpe od Kolbenpumpe (Kurbelkammerpumpe) ausgebildet sein kan Über den volumetrischen Wirkungsgrad von Zweitaktmoto ren ist bisher wenig veröffentlicht. Die Versuchsergebniss lassen sich auch wegen der Unterschiede der Aufladepumpe nur schwer miteinander vergleichen. Eine Ausnahme hie von machen Zweitaktmotoren mit Kurbelkammer-Gemisch pumpe; wegen der notwendigen Ähnlichkeit aller solche

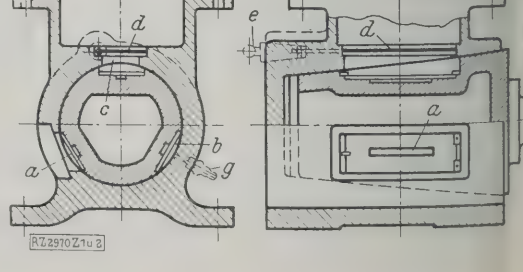



**Abb. 2 und 3**
Schleusenvorrichtung zum Ein- und Ausführen photographischer Platten in Kathodenstrahl-Oszillographen.

*a* Einlegeöffnung
*b* Vorvakuumraum
*c* Hochvakuumraum (Belichtungsstelle)
*d* Fluoreszenzschirm
*e* Kegel zum Abheben des Schirmes
*f* Anschlußflansch für den Oszillographenkörper
*g* Stutzen zur Vorvakuumpumpe

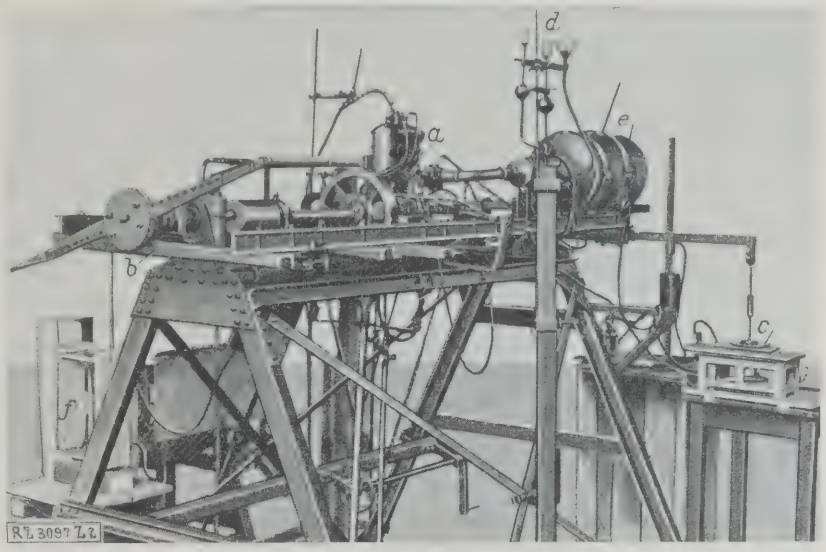



**Abb. 5.** Versuchsanordnung für die Ermittlung des volumetrischen Wirkungsgrades beim Zweitaktmotor.
*a* Motor
*b* Pendelrahmen
*c* Drehmomentwaage
*d* Brennstoffmeßbüretten
*e* Unterdruckausgleichkurbel mit Luftdüse
*f* Orsatapparat

...otoren — Drehzahl und Hubvolumen ...n Zylinder und Aufladepumpe sind ...ts gleich — kann man hier die Ver...chsergebnisse leicht verallgemeinern.

Auf Veranlassung von Prof. Dr.-Ing. *Baer* haben wir im Maschinenlabora...rium der Technischen Hochschule Bres...u an einem solchen Zweitaktmotor die ...lumetrischen Wirkungsgrade bei ver...niedenen Unterdrücken vor dem Ver...ser gemessen.

Der 1924 von Prof. *Baer* entworfene ...reizylinder-Kraftfahrzeugmotor mit ...asserkühlung hat 105 mm Hub, 79,5 mm ...l.-Dmr., 4,42 Verdichtungsgrad der Zy...inder, 1,37 Verdichtungsgrad der Kur...lkammer und leistet bis zu 16 PS bei ...00 Umin.

Bei den Versuchen, s. Abb. 5, wurden gemessen:
die angesogene Luftmenge mittels geeichter Düsen, Ausgleichkessels und Flüssigkeits-Differentialmanometers,
die Drehzahl mittels Tachometers,
die Leistung mittels Pendelrahmens,
der Brennstoffverbrauch,
die Abgaszusammensetzung mittels Orsatapparats.

Als Kühlwassertemperatur haben wir bei allen Ver...chen möglichst 80 ° eingehalten. Der Unterdruck in der ...ugleitung wurde durch Verwendung verschiedener Düsen ...eändert.

Die Messung des Luftverbrauchs wurde auf folgende ...eise nachgeprüft. Aus der Orsatanalyse wurde nach Auf...ellung des Abgasnomogramms die Luftüberschußzahl be...rhnet. Der gemessene Brennstoffverbrauch ergab den ...oretischen Luftbedarf. Daraus erhielten wir ebenfalls einen ...ert für den wirklichen Luftverbrauch und für den volu...trischen Wirkungsgrad. Dieses Verfahren gestattete auch, ...n volumetrischen Wirkungsgrad ohne Drosseln des Motors ...z bestimmen, was man bei der Luftmeßeinrichtung nicht ...rmeiden kann.

Aus den Versuchsergebnissen, Abb. 6, erkennt man, daß ...i dem untersuchten Drehzahlbereich beim Unterdruck null ...nd bei kleinen Unterdrücken bis 200 mm W.-S. die Funk...on $\lambda = \int f^{(n)}$ durch eine Gerade dargestellt wird. Bei ...terdrücken über 200 mm W.-S. zeigt $\lambda$ deutliche Höchst...erte, die sich mit steigendem Unterdruck nach den höheren ...ehzahlen verschieben. Merkwürdig ist, daß $\lambda$ auch bei ...kleineren Drehzahlen abnimmt. Dies ist wahrscheinlich auf ...Schwingungen der Auspuffgassäule zurückzuführen.

Eine ausführlichere Veröffentlichung der Versuchs...ergebnisse erfolgt in der Automobiltechnischen Zeitschrift.

[M 3097] Dipl.-Ing. *Fr. Buchholz*
Breslau Dipl.-Ing. *L. Hoffmann*
Dipl.-Ing. *K. Joachimssohn*

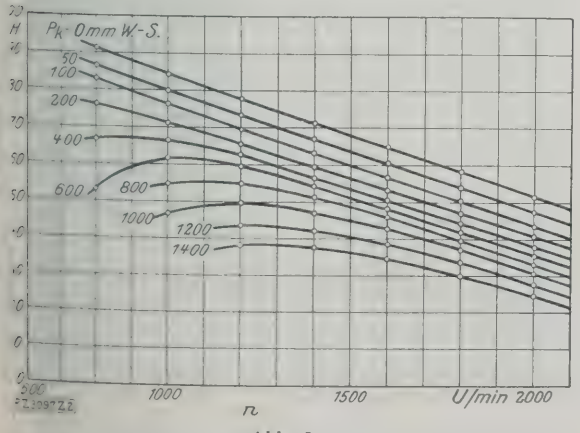



**Abb. 6**
...olumetrischer Wirkungsgrad $\lambda$ in Abhängigkeit von der Drehzahl $n$ ...ür verschiedene Unterdrucke $P_k$ gegenüber dem Luftdruck.

## *Werkstoffprüfung*

### Eine neue Dauerbiege-Prüfmaschine für Flachfedern und Bleche

Die vielseitige Verwendung von Stahlblechen und Federn im Maschinenbau, hauptsächlich dort, wo sie Schwingungsbewegungen ausgesetzt sind, erfordert die Kenntnis der dynamischen Festigkeitseigenschaften der zur Verwendung kommenden Werkstoffe. Namentlich im Kraftwagenbau, Flugzeugbau und beim Bau schwingender Arbeitsmaschinen (z. B. Wuchtförderer), wo geringes Gewicht und größtmögliche Ausnutzung des Werkstoffes verlangt werden, ist die Ermittlung der dynamischen Festigkeiten, insbesondere der Dauerbiegefestigkeit von immer größer werdender Bedeutung. Eine diesem Zwecke dienende Dauerbiege-Prüfmaschine für Flachfedern und Bleche wurde von mir im Verlaufe einer größeren Versuchsarbeit entwickelt und im Forschungslaboratorium der Maschinenfabrik C. Schenck, Darmstadt, gebaut[1]).

Die Maschine, Abb. 7 und 8, besteht aus einem federnd abgestützten schwingenden Rahmen (dem Schwingtisch), dem Antrieb und einer Dämpfungsmasse. Auf jeder der beiden Längsseiten des Schwingtisches befinden sich sechs Einspannköpfe für die Prüfstäbe; ihre Zahl kann beliebig vergrößert werden. Die der dynamischen Beanspruchung ausgesetzten Prüfstäbe werden am unteren Ende durch Klemmbacken *a*, Abb. 9 bis 11, fest eingespannt und am oberen Ende durch die am Schwingtisch angebrachten Einspannköpfe $b_1$ und $b_2$ in kinematisch einwandfreier Weise hin und her gebogen. Die erforderlichen waagerechten Schwingungen des Schwingtisches werden mittels Exzenterantriebs und Schubstange hervorgerufen. Der Vorteil des Exzenters beruht vor allem darin, daß der einmal eingestellte Ausschlag bei jeder Drehzahl des Motors, d. h. bei jeder Versuchsfrequenz ein für alle Mal gleichgroß bleibt, ferner, daß die Einstellung des Ausschlags von null bis zu einem Höchstwert auf einfache Weise mittels kegliger Büchsen und Gegenmuttern möglich ist. Es lassen sich auf diese Weise alle Versuche zur Ermittlung des Einflusses von Lastwechsel-Frequenz, Ausschlag usw. anstellen.

Um die auftretenden Massenkräfte zu vernichten, wurden die Lager der Exzenterwelle an einer ebenfalls auf senkrechte Lenkerfedern abgestützten Dämpfungsmasse angebracht. Um Erschütterungen tunlichst auszuschalten, ist der Unterbau äußerst starr und schwer ausgebildet, so daß die unteren Einspannstellen in Ruhe verharren. Durch das Anbringen von 12 weiteren Einspannstellen für freischwingende Prüfstäbe lassen sich Vergleichsversuche gegenüber der zwangläufigen Belastungsart durchführen, die geeignet sind, die Einflüsse von Massenkräften aufzuklären.

Der Motor ist ebenfalls federnd abgestützt und mit der Dämpfungsmasse fest verbunden, wodurch erreicht wird, daß er relativ zur Masse, d. h. zu den Exzenterwellenlagern, still steht und so kein Ausschlagen der Lager eintreten kann. Zur Schmierung der Rollen- und Kugellager dient eine Ölpumpe.

[1]) Auszug aus einem Abschnitt der von mir an der Technischen Hochschule, Darmstadt, eingereichten Dissertation.

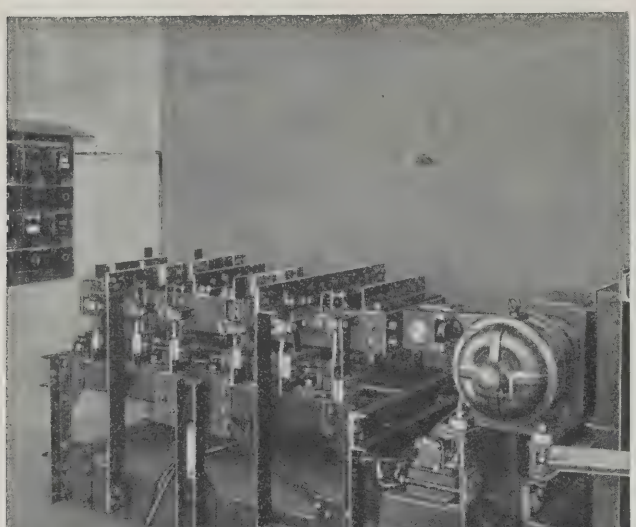


**Abb. 7**
Dauerbiege-Prüfmaschine für Flachfedern und Bleche.

Lastwechselzahl. Die Ungenauigkeiten betrugen (b 60 Watt-Lampen) noch nicht 2 vH.

Außer der Bestimmung der reinen Schwingungsfesti keit eines Werkstoffes verlangt die wissenschaftliche Unte suchung die Ermittlung der übrigen dynamischen Festi keitseigenschaften, wie Arbeitsfestigkeit und Ursprun festigkeit. Diese Versuche sind auf der Maschine durc führbar (entgegen den Maschinen mit umlaufendem Prü stab). Man muß nur eine Unterlage an der festen Einspan stelle anbringen, deren Dicke sich aus dem verlangten B anspruchungsverhältnis unter Beachtung des Ausschla ohne weiteres ergibt, Abb. 11. Namentlich bei den Federn i die Ermittlung der Dauerfestigkeit mit überlagerter sta scher Vorspannung von besonderer Wichtigkeit, da Fede fast nie reinen Schwingungsbeanspruchungen unterwor werden.

Die fast keine Wartung beanspruchende Prüfmaschi weist zur Erhöhung der Betriebsicherheit im Tag- u Nachtbetrieb zwei noch zu erwähnende Vorrichtungen au einen Ausschlagprüfer, der bei willkürlicher Vergrößeru des Ausschlags durch Anschlagkontakt die Maschine sof abschaltet und eine Einrichtung zur Verhinderung d Leerlaufes. In den Stromkreis der Lampen ist ein auf Nu spannung ansprechendes Fallklappenrelais eingebaut, d nach dem Verlöschen der letzten Glühlampe herausfällt u den Hauptschalter auslöst, so daß die Maschine unmittelb nach dem Bruch des letzten Prüfstabes stillgesetzt wird.

Darmstadt [M 3297] Dipl.-Ing. *H. Wiesenäcker*

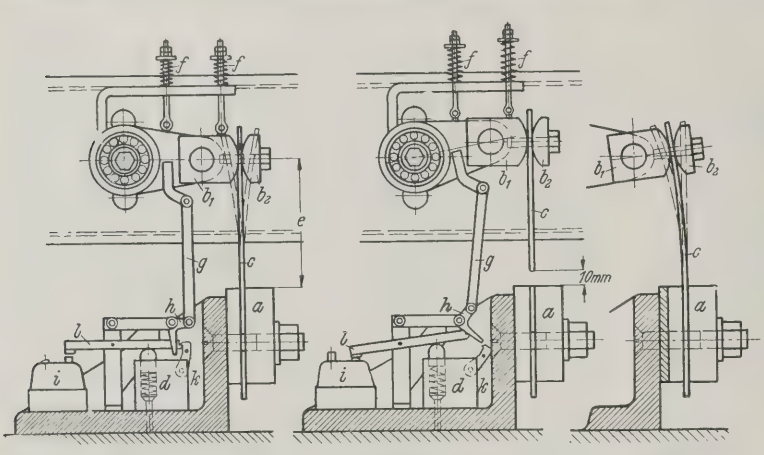



*Abb. 9* *Abb. 10* *Abb. 11*

**Abb. 9 bis 11**
Einspannung des Prüfstabs und Ausschaltvorrichtung.

**Abb. 9**
Stellung zu Beginn des Versuchs.

**Abb. 10**
Stellung bei gebrochenem Prüfstab.

**Abb. 11**
Dynamische Beanspruchung mit statischer Vorspannung.

*a* Klemmbacken
$b_1$, $b_2$ Einspannköpfe
*c* Prüfstab
*d* Feder für den Druckschalterhebel
*e* Abstand der Angriffspunkte = Meßlänge
*f* Feder für den Einspannkopf
*g* Gestänge
*h* Winkelhebel
*i* normaler Druckschal
*k* Klinke
*l* Hebel

Die Federn und Bleche prüft man folgendermaßen: Der am unteren Ende eingespannte Prüfstab, Abb. 9, wird im Abstand *e*, der der Berechnung zugrundegelegt wird, von zwei auf der Prüfstabseite zylindrisch ausgebildeten Klemmbacken angegriffen. Diese Ausbildung der Backen hat zur Folge, daß der Prüfstab nur in einer Linie angegriffen wird, wodurch man eine einwandfreie elastische Linie erhält.

Da die Möglichkeit gegeben ist, alle Meßlängen zwischen 60 mm und 200 mm einzuspannen, so erhält man bei gleichzeitiger Einspannung von 12 und mehr Prüfstäben bei abgestufter Beanspruchung in einmaligem Dauerlauf der Maschine eine genaue Lastwechselkurve, weil jeder Prüfstab während des ganzen Versuchs nur einer Beanspruchung ausgesetzt ist. Es tritt also, nicht wie bei den Maschinen mit nur einem Prüfstab, keinerlei Hochtrainieren ein.

Die Federn *f*, Abb. 9, heben nicht nur das Gewicht des Einspannkopfes auf, was namentlich bei sehr dünnen Blechen wichtig ist, sondern sie betätigen auch bei Bruch des Prüfstabs die Ausschaltvorrichtung für das Lastwechsel-Zählwerk. Einspannkopf und oberer Prüfstabteil werden etwa 10 mm angehoben, was eine Verletzung der für mikroskopische Untersuchungen wichtigen Bruchflächen verhindert. Die Lebensdauer eines Prüfstabs wird durch eine Glühlampe angezeigt, der ein Wechselstromzähler vorgeschaltet ist. Das Ausschalten der Glühlampe wird dadurch betätigt, daß der emporschnellende obere Spannkopf vermittels des Gestänges *g* den Winkelhebel *h* gegen die Klinke *k* schlagen läßt. Der Druckschalter *i* wird nun durch den auf den Hebel *l* ausgeübten Druck der Feder *d* ausgeschaltet. Aus dem Unterschied der Zählerstände und der minutlichen Drehzahl des Antriebmotors erhält man bei Kenntnis des Wattverbrauchs der Lampen die ertragene

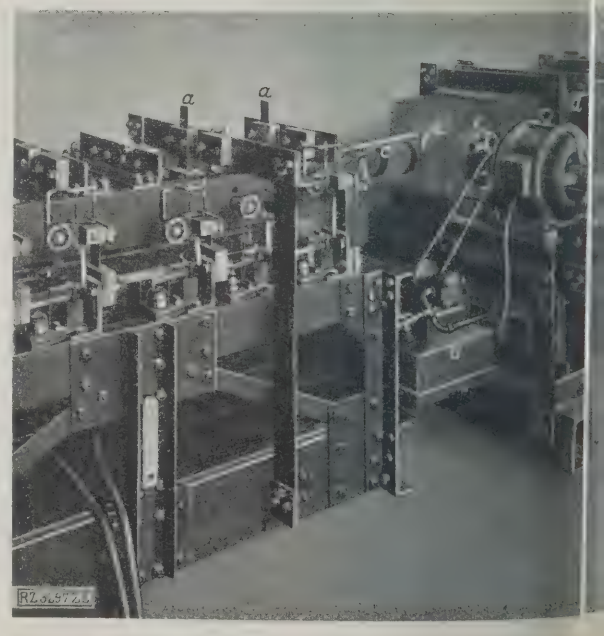



**Abb. 8.** Teilansicht der Antriebseite der Dauerbiege-Prüfmasch
*a* freischwingende Prüfstäbe *b* Schwingtisch
*c* Schubstange *d* Dämpfungsmasse *e* Ölpumpe

# *Textiltechnik*

## Fragen der Kunstseidenindustrie

### Die zweite Tagung des Fachausschusses für Textiltechnik[1])

Am 31. Mai und 1. Juni wurde in Köln die zweite xtiltagung abgehalten; sie war der Erörterung von agen der Kunstseidenherstellung gewidmet. Bei der beränkten Zeit mußte von vornherein auf die Einbeziehung s für den Textilingenieur so wichtigen Gebietes der eiterverarbeitung von Kunstseide zu Zwirnen, Geweben, irkwaren usw. verzichtet werden. Mit diesen Fragen rd sich eine der nächsten Tagungen befassen.

**Über Entwicklung und Ziele der Kunstseidenindustrie**

ier Berücksichtigung der Rohstoffrage berichtete Dr. *Faust*, Mannheim-Waldhof, und wies einleitend auf die twendigkeit enger Zusammenarbeit von Ingenieur und emiker in der Kunstseidenindustrie hin; denn die Herellung von Kunstfäden ist ein chemisch-physikalischer rgang, bei dem der mechanische Teil der Fadenbildung n besonderer Bedeutung ist und vom Ingenieur sorgfältig erwacht werden muß, damit ein gleichmäßiges verkaufshiges Erzeugnis gewährleistet wird.

Nach einem kurzen geschichtlichen Überblick über die twicklung der Kunstseidenindustrie, deren Ausgangsnkt, soweit Deutschland in Frage kommt, die Fabrik erbruch bei Aachen ist, führte der Vortragende aus, ß zur Zeit etwa 80 vH der Welterzeugung von nstseide auf die Viskosekunstseide entfällt, die fast aushließlich aus Zellstoff hergestellt wird. Den größten il des in Deutschland für diesen Zweck verbrauchten Zellffs liefert der Waldhofkonzern, dessen der Zellstoffgewinng dienende Anlagen beschrieben und mittels eines Films läutert wurden.

An den für Kunstseide bestimmten Zellstoff werden sondere Bedingungen gestellt. Er soll rein weiß gebleicht in, einen hohen Gehalt an resistenter Zellulose besitzen d eine nicht zu hohe, ganz gleichmäßige Zähflüssigkeit r daraus hergestellten Spinnlösung ergeben. Die aus inen Düsenöffnungen ausgespritzte Spinnlösung muß nämch bestimmte Koagulierbarkeit aufweisen, damit der sich ldende feine Faden nach dem Austritt aus der Düse noch streckt, also verfeinert werden kann. Dieses Streckvermögen ist bei den bekannten Verfahren verschieden groß, B. bei der Kupferseide wesentlich besser als bei der Visseseide.

Der Vorgang des Ausziehens und Streckens des Kunstidenfadens ist nun von größter Bedeutung, um bestimmte igenschaften, wie hohe Festigkeit und Dehnbarkeit, gutes arbaufnahmevermögen usw. zu erreichen. Den großen Einuß ungleichmäßigen Zuges, zu starker Reibung oder gar nickung an Fadenführern von Spinnmaschinen hat man st in neuerer Zeit genau erkannt und danach die Spinnnrichtungen verbessert. Auch bei der weiteren Verarbeing des fertigen Kunstseidenfadens oder Garnes muß man starke Dehnungen sorgfältig vermeiden, damit nicht nach m Färben streifige oder im Glanz verschiedene Stellen iftreten. Um gegebenenfalls solche verschieden stark beanspruchte Fäden, an denen, solange sie in Strähnform sind, eistens kein Unterschied zu bemerken ist, herausfinden können, hat der Vortragende mit Vorteil das Verfahren n *W. Weltzien*, Krefeld, angewendet[2]). Nachdem man so ittels rein physikalischer Maßnahmen die Frage der gleichäßigen Anfärbbarkeit der Kunstseide zu beherrschen gerut hat, können die Schwierigkeiten, die früher bei dem reckspinnverfahren für Kupferseide und auch bei dem zetatseideverfahren auftraten, als überwunden gelten.

Eine andere Frage, an der die Kunstseidenfabriken noch eiter arbeiten müssen, ist die Wasserfestigkeit der nstseide, die im Vergleich zur Trockenfestigkeit mögchst hoch sein soll. Große Fortschritte sind bereits erelt worden; denn während noch vor zehn Jahren die besten Kunstseiden eine Wasserfestigkeit hatten, die nur etwa 30 vH der Trockenfestigkeit betrug, konnte die Wasserfestigkeit der Viskoseseide auf 40 bis 50 vH der Trockenfestigkeit und die der Kupferseide sogar auf 50 vH gesteigert werden. Eine in dieser Beziehung noch viel bessere Kunstseide kann aber nach dem Verfahren von Dr. *L. Lilienfeld*, Wien, hergestellt werden, die, wie Zahlentafel 1 zeigt, der natürlichen Seide nahekommt.

Die günstigen Festigkeitseigenschaften der Lilienfeldseide sind um so bemerkenswerter, als sie nach dem verhältnismäßig so einfachen und billigen Viskoseverfahren erzielt wird. Der Vortragende berichtete weiter, daß er selbst sich mit seinen Mitarbeitern seit langen Jahren mit der Frage der Wasserfestigkeit der Kunstseide befaßt und festgestellt hätte, daß auf dem Wege der wiederholt vorgeschlagenen Einverleibung von Ölen und Kautschuklösungen keine Erhöhung der Naßfestigkeit zu erwarten wäre.

Ein weiteres Ziel bei der Herstellung der Kunstseide ist, die Weichheit oder den „Griff" der Kunstseide der natürlichen Seide ebenbürtig zu machen. Diese Eigenschaft hängt wesentlich von der Feinheit der Einzelfäden ab, die einen fertigen Kunstfaden bilden; aber auch die Feinheit des Gesamtfadens selbst ist natürlich von entscheidender Bedeutung für die Geschmeidigkeit der daraus hergestellten Gewebe und Wirkwaren. Bahnbrechend ging hier die Firma J. P. Bemberg A.-G. mit ihrer Kupferstreckseide vor, deren Einzelfäden weniger als 1 Denier (9000 m Fadenlänge auf 1 g) haben können und so den natürlichen Seidenfaden an Feinheit schon übertreffen. Aber auch für die billigere Viskoseseide sind in neuester Zeit Verfahren erfunden worden, um Fäden von größter Feinheit zu erzielen.

Zum Schluß ging der Vortragende noch auf die Zukunftsaussichten der deutschen Kunstseidenindustrie ein und betonte die Notwendigkeit der Steigerung der Maschinenleistung bei gleichzeitiger Herabsetzung der Löhne und sonstigen Unkosten. Im Wettbewerb mit anderen Ländern, die billiger als wir Kunstseide herstellen können, wie z. B. Italien und Japan, wird Deutschland sich nur durch Lieferung bester Sorten behaupten; das zeigt die deutsche Kunstseidenausfuhr nach den Vereinigten Staaten von Amerika, die noch verhältnismäßig hoch ist, während die anderer Länder mit dem Anwachsen der eigenen amerikanischen Erzeugung bedeutend zurückgegangen ist. Anderseits ist der Markt im fernen Osten wegen der Bevorzugung der geringerwertigen Sorten fast ganz an Italien und Japan verlorengegangen. Gegen den bei uns zur Zeit bestehenden Einfuhrüberschuß hilft nach Ansicht des Vortragenden unter den gegenwärtigen Wirtschaftsverhältnissen nur ein höherer Einfuhrzoll auf Kunstseide.

In der anschließenden Aussprache wurde u. a. die Frage angeregt, ob es berechtigt wäre, daß die deutsche Kunstseidenindustrie für das Spinnen sehr feiner Kunstfäden an dem Spulenspinnverfahren festhält, obwohl mit dem Topfspinnverfahren anerkanntermaßen wirtschaftlicher gearbeitet werden kann. Wir erzeugten deshalb zu teuer und müßten von dem Auslande lernen, wo das Topfspinnverfahren viel weiter verbreitet wäre. Der Vortragende erklärte, daß der Grund für diese Erscheinung in den technischen Schwierigkeiten bei der Anwendung des Topfspinnverfahrens auf das Spinnen sehr feiner Fäden, wie sie im Auslande viel seltener als bei uns hergestellt werden, zu suchen ist; die Möglichkeit einer Vervollkommnung der Topfspinnmaschine besteht aber und kann zu ihrer weiteren Einführung beitragen.

Der Vortrag von Obering. *E. Köhler*, Berlin, über „Betriebserfahrungen aus der Kunstseidenindustrie"[3]) brachte viele bemerkenswerte Anregungen und warf Fragen auf, deren rückhaltlose Erörterung im Kreise der zahlreich anwesenden Fachleute dem technischen Fortschritt gewiß gedient hätte.

Umstritten sind z. B. die Fragen der günstigsten Ausführung der Spinndüsen, der Spinnpumpen und Filterkerzen, zu denen sich aber die Herren aus der Kunstseidenindustrie selbst nicht äußerten, so daß von einer ausführlichen Erörterung abgesehen werden mußte.

Über die

**Struktur der Zellulose und ihre technische Auswirkung**

sprach Prof. Dr. *H. Mark*, Ludwigshafen. Es gelang ihm, diesen schwierigen Stoff in so klarer und anschaulicher Form, unterstützt durch Modelle und Lichtbilder, zu behandeln, daß auch die solchen Gedankengängen fernerstehenden Ingenieure dem Vortrag gut folgen konnten. Der Vortragende erläuterte den Aufbau eines Zellulosemodells, um dann die wichtigsten technischen Eigenschaften der aus Zellulose hergestellten Kunstseiden zu erklären. Die außerordentlich große Festigkeit von Zellulosepräparaten,

[1]) Die auf der ersten Textiltagung in Stuttgart am 17. und 18. November 1928 gehaltenen Vorträge sind veröffentlicht in Z. Bd. 73 (1929) S. Fachheft Textiltechnik.

[2]) Vergl. „Melliand Textilber." Bd. 10 (1929) Nr. 8 S. 611.

[3]) Ein besonderer Auszug aus dem Vortrag von *Köhler* wird in dieser Zeitschrift erscheinen.

**Zahlentafel 1**
Vergleich von Trocken- und Naßfestigkeit verschiedener Seiden*)

| | Natürliche Seide | Baumwolle | Lilienfeldseide | Kupferseide | Normale Viskoseseide | Azetatseide |
|---|---|---|---|---|---|---|
| rockenfestigkeit . | 187 | 165 | 250 | 100 | 91 | 61 |
| aßfestigkeit . . | 175 | 110 | 175 | 60 | 40 | 40 |

*) Die Trockenfestigkeit der Kupferseide ist = 100 gesetzt.

die nur von wenigen Werkstoffen übertroffen wird, läßt sich z. B. aus dem Aufbau des Zellulosemodells erklären und bis zu einem gewissen Grade auch in ihrer Größenordnung abschätzen. Über die Dehnbarkeit der aus Zellulose bestehenden Kunstfäden gibt ebenfalls das aus den sogenannten Hauptvalenzketten aufgebaute Zellulosemodell Aufschluß, indem die Lagerung oder Orientierung der bündelartig zusammengefaßt gedachten „Mizellen" von entscheidendem Einfluß auf die innerhalb weiter Grenzen schwankende Dehnbarkeit ist.

Die Knitterfestigkeit von Einzelfäden aus Kunstseide sowie die damit zusammenhängende Frage des Glanzes ist, wie der Vortragende weiter zeigte, davon abhängig, ob der Kunstfaden oder seine Mizellen infolge der Streckung beim Spinnen orientiert oder nicht orientiert sind. Gerade diese feineren Textileigenschaften haben in neuerer Zeit eine erhöhte Bedeutung gewonnen und damit auch die Frage der Prüfverfahren und der Beeinflussung dieser Eigenschaften.

Dr. *H. Mark* gab noch der Überzeugung Ausdruck, daß wir heute auf Grund der Ausarbeitung einer rationellen Zellulosestruktur ähnlich wie früher nach der Aufstellung der Formel des Indigos oder Alizarins in den Stand gesetzt sind, besser als bisher vorauszusehen, wie sich die weitere Entwicklung des ganzen Gebietes gestalten wird und wie man über die Eigenschaften der natürlichen und der bisher bekannten Kunstfasern hinaus alles aus der Substanz herausholen kann, was auf Grund ihrer elementaren Eigenschaften in ihr enthalten ist.

Der Vortrag von Prof. Dr. *Al. Herzog*, Dresden, über

**neuere Prüfverfahren für Kunstseide**

stützte sich hauptsächlich auf die bedeutenden Forschungen des Vortragenden auf diesem Gebiet und wurde mit prachtvollen Mikroaufnahmen erläutert. Die Mikroanalyse der Fasern ist seit *v. Höhnels* und *Wiesners* Zeiten hauptsächlich nach der quantitativen Seite außerordentlich ausgebaut worden und bedarf heute jahrelanger Einarbeitung, um die verschiedenen Verfahren einigermaßen zu beherrschen. Der Vortragende konnte deshalb auch nur einen begrenzten Ausschnitt aus seinem besonderen Arbeitsgebiet geben, der aber durch die geschickte Auswahl der Beispiele einen vorzüglichen Überblick über dieses für die Weiterentwicklung der Güte der Kunstseide so bedeutsame wissenschaftliche Prüfverfahren gab.

Der letzte Vortrag der Tagung von Dipl.-Ing. *Schumann*, Berlin, über „Spinnzentrifugen" erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

Die nächste Textiltagung soll erst im nächsten Jahre stattfinden, obwohl von manchen Teilnehmern eine Wiederholung in kürzeren Zeitabständen gewünscht wurde. Die Vorbereitung der Vorträge erfordert aber so viel Zeit, daß der Wissenschaftliche Beirat des Vereines deutscher Ingenieure und der Obmann des Fachausschusses mit der Mehrzahl der Teilnehmer gegen eine öftere Wiederholung waren. Die Teilnehmer sollen auch in Zukunft von dem Verein deutscher Ingenieure persönlich eingeladen werden[4]), damit eine möglichst eingehende und rückhaltlose Aussprache im Anschluß an die Vorträge von einer großen Teilnehmerzahl nicht beeinträchtigt wird.

[N 3476] *E. Meister*

[4]) Alle Fachleute, die an solchen zur Vertiefung der Erkenntnis und Klärung strittiger Fragen dienenden Tagungen Interesse haben, werden gebeten, sich wegen der Einladung zur nächsten Tagung unter Angabe des Fachgebietes, das sie besonders bearbeiten, an die Geschäftstelle des Vereines deutscher Ingenieure zu wenden.

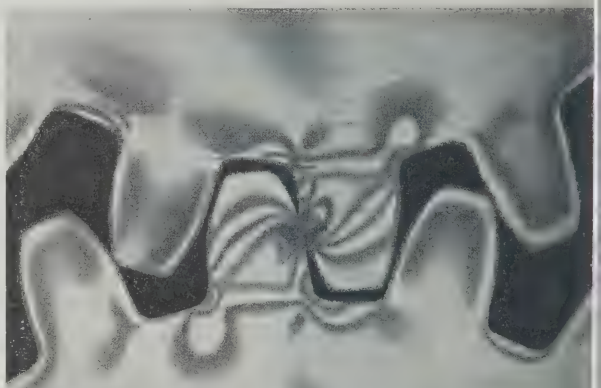
# *Kleine Mitteilungen*

### Spannungen in den Zähnen von Zahnrädern

Im Laboratorium der Westinghouse Electric & Mfg. Co. wurde mit Hilfe des optischen Verfahrens[1]) die Verteilung der Spannungen in Zähnen belasteter Zahnräder ermittelt. Untersucht wurden drei Sätze von Rädern aus 5,7 mm dickem Zelluloid mit 20, 35 und 75 Zähnen bei einer theoretischen Eingriffdauer von 1,68, 2,08 und 2,32, dem Modul 2,54, der Umfangsgeschwindigkeit von 0,2 m/min und der Übersetzung von 1 : 1. Die Eingriffdauer änderte sich aber infolge der Belastung bei den Versuchen. Die Bilder wurden mit gewöhnlichen und mit Farbenfilmen aufgenommen. Ein belastetes Rad in zirkularpolarisiertem Licht zeigt nebenstehende Abbildung.

Allgemein hat sich aus den Berechnungen und Versuchen ergeben, daß sich die Last nicht gleichmäßig auf die Zähne verteilt und die Art der Lastverteilung von der Genauigkeit der Zähne abhängt. Eine Vergrößerung der Eingriffnahme bewirkt eine günstigere Verteilung der Spannungen. („Mechanical Engineering" September 1929 S. 653/62) [N 3528 a] *Schr.*

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 951.




Belastetes Zelluloidmodell im zirkular-polarisierten Licht.

### Warmhalten von Bereitschaftskesseln mit Rauchgasen

Im Kraftwerk A der Pacific Gas & Electric Co., San Franzisko, liefern sechs mit Öl gefeuerte Kessel den Dampf für die Spitzen der Belastung der Wasserkraftanlage. Sie werden, solange man sie nicht braucht, dauernd warm gehalten, indem man die Rauchgase eines Kessels, der aus Betriebsgründen Dampf erzeugt, mit Hilfe von Gebläsen durch die übrigen Kessel leitet. Die Gase treten durch die vordere Stirnwand ein. Von hier streichen sie durch die Feuerzüge und geben dabei so viel Wärme ab, daß der Druck der Kessel nicht unter den im Netz sinkt. Man spart so die Kosten für das Unterdampfhalten von fünf Kesseln; die Ersparnis beträgt je nach der Inanspruchnahme der Spitzenleistungskessel 12 000 bis 16 000 *RM* in einem Jahr und deckt in dieser Zeit bei weitem die Kosten für den Einbau der gut isolierten Abgasleitung, des Gebläses und der erforderlichen Schieber. Beim Betrieb der Anlage hat man darauf zu achten, daß die Temperatur der Abgase nicht unter 280 ° sinkt, da sonst die Gasmenge zu groß wird. („Electrical World" 24. August 1929 S. 371)

[N 3528 b] *Stg.*

### Gewichtsmanometer für Hochdruckdampf

*G. S. Callendar* benutzt für seine bekannten Dampfmessungen insbesondere bei Drücken über 140 at ein von der Firma Budenberg & Co. hergestelltes Gewichtsmanometer, da die üblichen Federmanometer nicht genau genug abgelesen werden können. Mit dem durch Gewichte unmittelbar belasteten Differentialkolben des Gewichtsmanometers, und den Glyzerin als Druckflüssigkeit gepreßt wird, ist ein Federwaage verbunden, die Druckschwankungen bis 0,0035 at bei Drücken bis zu 350 at abzulesen gestattet. Ruhende Reibung des Differentialkolbens wird dadurch vermieden, daß man den Kolben mittels eines Elektromotors ständig mit 6 U/min um seine Achse dreht.

Die Hauptschwierigkeit beim Gebrauch dieser Meßeinrichtung bestand darin, zu verhindern, daß kondensierter Dampf an den Differentialkolben oder, umgekehrt, Glyzerin an den zu messenden Dampf gelangt. Diese Aufgabe wurde mittels eines Zweikammer-Abscheiders gelöst, in den der Dampf unten von der Meßstelle her, das Glyzerin oben vom Gewichtmanometer her eintritt und dessen Wirksamkeit mittels elektrischer Kontakte dauernd überwacht wird („Engineering" 30. August 1929 S. 256*) [N 3528 c] *H.*

### Bewässerungspumpen in Indien

Um Überschwemmungen in fruchtbaren Gebieten zu beseitigen, hat man beim Chenab-Kanal im Pendschab mehrere Pumpanlagen geschaffen, die durch Wasserkraft betrieben werden. Man nutzt das Gefälle des Bewässerungskanals aus und fördert das angesammelte überschüssige Wasser dem Kanal wieder zu, indem man es bis zum Niedrigwasserstand des Kanals bei 1,5 m höchster Hubhöhe hebt. Die hierfür erforderliche Saugheber ist so gebaut, daß er ½

rdruck erzeugt. Er ist mittels einer Rohrleitung mit r Hubpumpe verbunden. Alle Pumpanlagen bestehen je aus einem Saugheber und einer Hubpumpe.

In dem luftdicht abgeschlossenen Zementgehäuse des hebers befindet sich eine senkrechte Wand, die den eigenden Teil des Saughebers von dem absteigenden nt. Die Öffnungen in dieser Trennungswand, die durch ile geschlossen und geöffnet werden, vermitteln den serzutritt. Zum Regeln der Durchflußgeschwindigkeit Wassers führt man den Leitrohren Luft zu. Das Wasser, in einer Rohrleitung zur Hubpumpe gelangt, wird hier zum Kanal hochgesogen. Vorzüge dieser Anlage sind achheit der Bauart und der Wirkungsweise. („The ineer" 6. September 1929 S. 256*) [N 3528 d] *Bl.*

### Elektrisches Vorheizen von Zügen

Auf dem Personenbahnhof und dem Abstellbahnhof Zürich sind Anlagen zum elektrischen Vorheizen der Züge eingerichtet worden. Die Anlage auf dem Personenbahnhof besteht aus zwei Transformatoren von je 600 kVA Dauerleistung, die auf ein zu diesem Zweck umgebautes Tenderuntergestell gesetzt sind und den 15 kV-Strom der Fahrleitung auf 1000 V umspannen. Auch ein Schaltraum befindet sich auf dem Wagen. Von hier wird der Strom mehreren in der Bahnhofshalle angeordneten Schaltsäulen und von da den Heizleitungen der Gleise zugeführt. Die Schalter in den Schaltsäulen können vom Schaltkasten an den Prellböcken der Gleise aus betätigt werden. (Schweiz. Bauzeitung 7. September 1929 S. 120*) [N 3528 f] *Ro.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

ausschuß für Anstrichtechnik beim Verein deutscher genieure, 1. H.: **Vergleichende Versuche mit Farbspritzstolen.** Von *Paul Nettmann.* Berlin 1929, VDI-Verlag. S. m. 59 Abb. und 9 Zahlentaf. Preis 3,50 *RM*, für itglieder des V. d. I. 3,15 *RM*.

ausschuß für Anstrichtechnik beim Verein deutscher Inieure. 2. H.: **Seifenbildung in Anstrichen.** Von . *Droste.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 14 S. m. 83 Abb. eis 5,50 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5 *RM*.

Der Fachausschuß für Anstrichtechnik, der im Juli 1926 Anregung des Deutschen Verbandes für die Materialungen der Technik und des Vereines deutscher Ineure ins Leben gerufen wurde, macht die Ergebnisse r Forschungsarbeiten der Allgemeinheit durch Verltlichung in einer Schriftreihe nutzbar, von der bereits eiden ersten Hefte vorliegen.

In Heft 1 gibt der Verfasser, Dr.-Ing. *Nettmann*, zust eine Übersicht über die verschiedenen Anstreichhren, wobei dem Spritzverfahren der Vorzug gegeben , und behandelt dann die physikalischen Grundlagen Spritzvorganges, die konstruktive Ausbildung des Spritz-, die an ein Spritzgerät zu stellenden Anforderungen, ungsuntersuchungen verschiedener im Handel befindr Spritzpistolen, Anstriche, Nebelbildung und Unterng der Geräte. Die Schrift kann zum Studium dringend ohlen werden. Es bleiben jedoch noch manche Fragen Beziehung zwischen Farbe und Spritze offen, die viellt noch später geklärt werden können.

In Heft 2 erläutert *W. Droste* das Untersuchungsver-n, den Nachweis der Verseifung und die Deutung der bnisse und untersucht dann Bleimennige, Bleioxyd, Bleiroxyd, Bleiweiß, Bleihydroxyd und Zinkweiß. An en Beispielen wird gezeigt, wie sich mit der durch die nbildung hervorgerufenen Änderung der Struktur des richfilmes auch die Eigenschaften des Anstrichs erch ändern, so z. B. Wetterbeständigkeit, Quellbarkeit, eridbildung, Festigkeit und Dehnung.

Die Untersuchung ergibt, daß die Seifenbildung bis zur sättigung des Leinöls allmählich vor sich geht, daß sich eifenbildung mikroskopisch unter Benutzung von Anverfahren laufend verfolgen läßt und daß alle Bleioxyde, auch Bleimennige gehört, ähnliche und sogar die umreichsten, Verseifungserscheinungen zeigen, während bei eiß die Verseifung mangelhaft ist. Die Kristallisationser Seifen ist nicht nur von der Oberflächenbeschaffenides Farbkörpers, sondern auch von andern Einflüssen, der Einwirkung des Luftsauerstoffes abhängig. Die erstandfähigkeit des Anstriches wächst mit fortitender Verseifung. Die Untersuchung ist außerordentwertvoll, erschöpfend und lehrreich. *Hülsenkamp*

**y aulic Laboratory Practice.** (Auf den Stand von 1929 ergänzte Übersetzung des 1926 vom Verein deutscher Ingenieure herausgegebenen Buches „Die Wasserbaulaboratorien Europas", nebst Beschreibungen andrer europäischer und amerikanischer Laboratorien und Beiträgen über die theoretischen Grundlagen von Modellversuchen.) Herausgeg. von *John R. Freeman.* New York 1929, The American Society of Mechanical Engineers. 868 S. m. 565 Abb. Preis 10 $.

*John R. Freeman*, der unermüdliche Vorkämpfer für eine staatliche nordamerikanische Wasserbau-Versuchsanstalt nach dem Vorbild der deutschen Anstalten, Anreger der Herausgabe des Werkes „Die Wasserbaulaboratorien Europas" 1926[1]) legt nun eine amerikanische Übersetzung und Erweiterung des erwähnten deutschen Buches vor. Die Erweiterung besteht aus zahlreichen wertvollen, neuen Beiträgen, die *Freeman* größtenteils selbst auf seinen wiederholten Studienreisen in Europa bei berufenen Fachleuten gesammelt hat, und aus Mitteilungen über nordamerikanische Versuchsanstalten. Die ganz neuen Abschnitte sind für den europäischen Leser von besonderem Interesse, weil sie einen Einblick in zahlreiche, weniger bekannte hydraulische Institute, namentlich Italiens, Frankreichs und Nordamerikas, gewähren und dabei inhaltlich im einzelnen gleich den andern Abschnitten eine Fülle von Anregungen bieten.

Weitere wertvolle Beiträge bringt eine den Schluß des Buches bildende Sammlung über Teilgebiete oder Einzelfragen des hydraulischen Versuchswesens, insbesondere über die Frage der hydrodynamischen Modellähnlichkeit.

Das Werk bietet dem Forscher eine Fundgrube wertvollster Versuchspraxis und wird auch von dem praktisch tätigen Wasserbauingenieur mit Nutzen zu Rate gezogen werden. [E 3401] *Ludin*

**Elektrische Gleichrichter und Ventile.** Von *A. Günthershulze.* 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 330 S. m. 305 Abb. Preis 29 *RM*.

Durch zahlreiche eigene Untersuchungsergebnisse unterstützt, gibt der bekannte Fachmann ein vollständiges Bild der heutigen mechanischen sowie der Elektrolyt-, Glühkathoden-, Trockenplatten- und Lichtbogen-Gleichrichtertechnik samt Beschreibung ausgeführter Anlagen und einer wertvollen Patentübersicht. Die reichen Ergänzungen der neuen Auflage betreffen namentlich die Analyse der Strom- und Spannungskurven, das Meßgebiet und die Berechnung der Gleichrichter mit neuen Konstruktionsabbildungen. Die physikalischen Grundlagen sind vornehmlich von Wert für solche Ingenieure, die sich neu in das Entladungsgebiet einarbeiten wollen, und die besonders die zahlreichen kurzgefaßten praktischen Winke und gelegentlich gegebenen Warnungen, z. B. in bezug auf eine gewisse Gefahr bei Verkennung des Druckbegriffes bei Entladungen, zu schätzen wissen werden. Gleiches gilt natürlich von den kurzen mathematischen Formulierungen. Da, wo diese heute Nutzbares schlechterdings kaum ergeben können, wie bei den Vorgängen des für die Rückzündungen so bedeutungsvollen Kathodenfalls auf den Sperrstrecken der Lichtbogengleichrichter, wird man gewissermaßen ganz von selbst auf ein weiteres Studium der weitgehend angegebenen Entladungsliteratur hinübergeleitet.

[E 3411] *F. W. Meyer.*

Schriften der Arbeitsgemeinschaft Deutscher Betriebsingenieure, 6. Bd.: **Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen?** Herausgeg. von *A. Lischka.* Berlin 1929, Julius Springer. 272 S. m. 243 Abb., 8 Taf. u. 38 Zahlentaf. Preis 25,50 *RM*.

Die Zusammenarbeit zwischen Gießereimann und Maschineningenieur, insbesondere dem Konstrukteur und dem Abnehmer, läßt immer noch viel zu wünschen übrig. Es ist das Ziel des vorliegenden Buches, den Maschineningenieur mit den grundlegenden Erfordernissen moderner Gießereitechnik vertraut zu machen und so zur Zusammenarbeit beizutragen.

In einer Reihe von Abschnitten, die trotz der vielen Mitarbeiter (*A. Blotenberg, H. R. Henning, F. Janßen, H. Jungbluth, R. Lehmann, U. Lohse*) sehr gut aufeinander abgestimmt sind, werden die hauptsächlichen Teilgebiete behandelt. Das wichtige Gebiet der Metallurgie ist seiner Bedeutung entsprechend ausführlich gebracht, ebenso sind alle den Schmelzvorgang betreffenden Fragen, auch die der Roh- und Hilfsstoffe, behandelt. Mehrere Abschnitte sind dem

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 338.

Formbetrieb einschließlich des Maschinenwesens gewidmet. In knapper Darstellung wird das Wesentliche der Selbstkostenberechnung gebracht. Der Abschnitt Konstruktionsregeln für Grauguß ist besonders wichtig. Ein ausführlicher Literaturnachweis ist am Schluß eines jeden Abschnittes beigefügt. Bei dem Fehlen brauchbarer Literatur über dieses Fragengebiet muß das Erscheinen des Buches warm begrüßt werden. [E 3445] *Eckenberg*

Der metallische Werkstoff. 1. Bd.: **Vom Erz zum metallischen Werkstoff.** Von *W. Guertler* und *W. Leitgebel.* Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 426 S. m. 176 Abb. u. 30 Tab. Preis 32 *RM.*

Die Verfasser unternehmen den beachtenswerten Versuch, das Wissenswerte aus den eng miteinander im Zusammenhang stehenden und einander bedingenden Gebieten der Metallhüttenkunde und der Metallkunde in einem zusammenzufassen und zusammenhängend zu behandeln. Dabei sollen auch die Grenzgebiete nicht vernachlässigt werden. Als Ziel ist gesetzt eine Einführung in die großen Zusammenhänge, Darlegungen über die Vorbedingungen, die Abhängigkeiten, die Entwicklung und die Verknüpfung der gesamten Metallkunde.

Die Verfasser haben diese zweifellos nicht einfache Aufgabe, soweit das im ersten Anlauf geschehen konnte, in der Gesamtheit glücklich gemeistert. In erster Linie wohl für den Hüttenmann, den Metallurgen und den Werkstoffmann bestimmt, vermag das Buch aber zweifellos auch jeden andern Ingenieur, der mit den metallischen Werkstoffen zu tun hat, zu fesseln und vor allem anzuregen. Gerade dem Maschinenmann, dem Bauingenieur fehlt ja leider meist nur zu sehr in den Fächern der Werkstoffkunde der große allgemeine Überblick, der hier vermittelt werden soll. Für ihn wird allerdings die mit dem Rüstzeug der modernen physikalischen Chemie arbeitende Darstellung nicht immer leicht faßlich sein — anderseits sind gerade wieder einzelne Kapitel in so schwungvoller Art geschrieben, daß auch der Fernerstehende sie mit Genuß studieren wird. Weniger leicht wird der Maschineningenieur die tabellarischen und graphischen Darstellungen, die am Schlusse zusammengefaßt sind, benutzen können. Hier ist auch das technische Eisen weniger glücklich behandelt als die übrigen Metalle und Legierungen.
[E 3431] *E. H. Schulz*

Mathematik in Monographien und Lehrbüchern. Bd. 3 A: *Gerhard Hessenbergs* **Vorlesungen über darstellende Geometrie.** Herausgeg. von *E. Salkowski.* Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 274 S. m. 481 Abb. Preis 20,50 *RM.*

Diese Vorlesungen des allzufrüh verstorbenen ausgezeichneten Mathematikers *Gerhard Hessenberg* gab es bisher nur in Form einer schwer erhältlichen Autographie. Prof. *E. Salkowski* gebührt aufrichtiger Dank dafür, daß er die von *Hessenberg* selbst geplante Drucklegung besorgt hat und so den Zauber und die Kraft *Hessenbergscher* Vortragskunst für weiteste Kreise wirksam werden läßt.

In dem Werke liegt eine besonders reizvolle, mit kurzen Worten freilich nur schwer zu kennzeichnende Darbietung der Darstellenden Geometrie vor. *Hessenberg* rückt die erzieherische Seite des Gebietes in den Vordergrund. Die darstellende Geometrie ist ihm nicht nur eine nützliche Hilfswissenschaft für die Technik oder ein Betätigungsfe für den Fachmathematiker, sondern vor allem ein erstklass ges Erziehungsmittel zum sauberen mathematisch-natu wissenschaftlich-technischen Denken und Arbeiten. De entsprechend stellt er vortreffliche, anderswo kaum zu fi dende Ratschläge für die Praxis des Zeichnens voran, beto die Grundaufgaben stark, nimmt auf die in der Praxis häufigen Fälle unbequemer oder unzugänglicher Lage v Schnittpunkten oder sonstigen Konstruktionselementen au führlich Rücksicht und leitet systematisch nicht nur zu Konstruieren, sondern auch zum Lesen fertiger Zeichnung und zum freihändigen Skizzieren an. Der übliche Stoff d Darstellenden Geometrie bis zu den Dreh- und Schraube flächen wird in vollem Umfange gebracht (ohne Perspektiv aber mit Schattenkonstruktionen); die Axonometrie ist v das Zweitafelverfahren gestellt. Der lebendige Vorlesung ton, die klare, plastische Ausdrucksweise machen das Les leicht und ertragreich. [E 3410] *Alwin Walther*

**Werkzeuge und Einrichtung der selbsttätigen Drehbänk** Von *Ph. Kelle.* Berlin 1929, Julius Springer. 154 S. 348 Abb. Preis 16,50 *RM.*

RKW-Veröffentlichungen Nr. 10: **Die gleislose Flurförd rung.** 1. T. Grundlagen wirtschaftlicher Flurförderu Bearb. von *Hermann Hellmich.* Berlin 1929, Beuth-Verla 144 S. m. 45 Abb. Preis 3 *RM.*

**Auftriebsverhältnisse bei Feuerungen** unter besonderer rücksichtigung der Gasfeuerstätten. Von *Schumach* München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 141 S. 80 Abb. u. 1 Taf. Preis 10 *RM.*

**Hochwertiger Grauguß.** Von *Eugen Piwowarsky.* Ber 1929, Julius Springer. 336 S. m. 297 Abb. Preis 42

**Druckrohrleitungen der Wasserkraftwerke.** Von *Ar Hruschka.* Wien und Berlin 1929, Julius Springer. 283 m. 152 Abb. Preis 25 *RM.*

**Tempra e cementazione dell' acciaio.** Von *M. Levi-Malva* 2. Aufl. Mailand 1929, Ulrico Hoepli. 306 S. m. 100 A Preis 20 Lire.

**Kostenberechnung im Ingenieurbau.** Von *Hugo Rit* 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 148 S. m. T Preis 9 *RM.*

**Bericht** über die 31. Haupt-Versammlung des **Deutsc Beton-Vereins (E. V.)** am 27., 28. und 29. März 19 Obercassel, Siegkreis, 1929. 336 S. m. Abb. Preis 3,50

**Fahrzeug-Getriebe.** Von *Max Süberkrüb.* Berlin 19 Julius Springer. 190 S. m. 137 Abb. Preis 25,50 *RM.*

**„Hütte" Bootsbau.** Praktischer Schiffsbau. 7. Aufl. gleichnamigen Buches von *A. Brix.* Herausgeg. v Akademischen Verein Hütte e. V. in Berlin. Berlin 19 Wilhelm Ernst & Sohn. 394 S. m. 494 Abb. Preis 30

Veröffentlichungen des Treuhandseminars an der Univers Köln, 1. H.: **Buchhalterische Erfolgsermittlung in schinenfabriken.** Von *Hans-E. Kalischer.* Köln 1 Oskar Müller. 141 S. m. 59 Abb. Preis 4 *RM.*

**Wirtschaftsführung und Finanzwesen bei amerikanis Eisenbahnen.** Von *Ludwig Homberger.* Berlin 1929, lag der Verkehrswissenschaftlichen Lehrmittelgesellsc m. b. H. bei der Deutschen Reichsbahn. 103 S. P 4,80 *RM.*

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Halbkontinuierliches Walzwerk für Bandeisen. Von *E. Immerschitt* | 1333 |
| Die Grubenlokomotivbahnen in der Nachkriegzeit. Von *Spackeler* | 1339 |
| Schweißen im Lokomotivbau | 1344 |
| Höhere Leistungen an gewaschener Feinkohle bei Schwimmaufbereitung der Schlammkohle. Von *M. Lucke* | 1345 |
| Der indizierte Wirkungsgrad der Gasmaschine. Von *H. Schnell* | 1349 |
| Spritzpistole für Metallpulver | 1350 |
| Neue Klappbrücken in Amsterdam. Von *C. Biemond* | 1351 |
| Freibord und Sicherheit der Seeschiffe | 1354 |
| Über Fesselballone und kleine Lenkballone. Von *W. Kamm* | 1355 |
| Der Einfluß des Wärmeüberganges auf den indizierten Wirkungsgrad der Gasmaschine. Von *E. Hecker* | 1357 |
| Über den Zusammenhang zwischen Härte und magnetischen Eigenschaften von Legierungen | 1360 |
| Industriebeleuchtung. Von *W. Ruffer* | |
| Amerikanische Lademaschinen im deutschen Bergbau | |
| Rundschau: Weltfernsprechverkehr/Großkraftversorgung — Kathodenstrahl-Oszillograph für Innenaufnahmen — Volumetrischer Wirkungsgrad eines Zweitakt-Zweizylindermotors mit Kurbelkammer-Gemischpumpe — Eine neue Dauerbiege-Prüfmaschine für Flachfedern und Bleche — Fragen der Kunstseidenindustrie — Kleine Mitteilungen | |
| Bücherschau: Vergleichende Versuche mit Farbspritzpistolen. Von *P. Nettmann* — Seifenbildung in Anstrichen. Von *W. Droste* — Hydraulic Laboratory Practice. Von *J. R. Freeman* — Elektrische Gleichrichter und Ventile. Von *A. Güntherschulze.* — Was muß der Maschineningenieur von der Eisengießerei wissen? Von *A. Lischka* — Vom Erz zum metallischen Werkstoff. Von *W. Guertler* und *W. Leitgebel* — Vorlesungen über darstellende Geometrie. Von *G. Hessenberg* und *E. Salkowski* — Eingänge | |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
. 73 SONNABEND, 28. SEPTEMBER 1929 Nr. 39

# Zuckerrüben-Erntemaschinen

*Von Dipl.-Ing. Dr. RUDOLF BERNSTEIN,*
*a. o. Professor, Halle*

*Für die Entwicklung und Benutzung der Rübenerntemaschinen besteht wegen der zur Zeit noch in großer Zahl erforderlichen ausländischen Arbeiter ein öffentliches Interesse. In jahrzehntelanger Arbeit, neuerdings mit Unterstützung des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft, sind für Gespann- und Schlepperzug geeignete ein- und zweireihige Maschinen entwickelt, bei denen die Rüben zunächst, im Boden stehend, geköpft, dann gehoben, gereinigt und in Reihen oder in Haufen abgelegt werden. Eine weitere Vervollkommnung der Konstruktion an der Hand von Versuchen und die Ausbildung größerer Maschinen ist noch erforderlich. Besondre Untersuchungsverfahren ergeben Beurteilungsgrundlagen und damit Anhaltspunkte für die richtige Weiterentwicklung und Anwendung der Maschinen.*

## Wirtschaftlich-technische Lage

ür die Entwicklung der Zuckerrüben-Erntemaschinen besteht ein öffentliches Interesse, weil es sich darum delt, durch ihre Anwendung mehr als 100 000 über die renze zu uns kommende Arbeitskräfte entbehrlich zu hen. Die Schwierigkeit der Aufgabe ist dadurch hinhend gekennzeichnet, daß für die anstrengende, nutzige und eintönige Arbeit des Rübenerntens kaum nder zu haben sind. Besonders das Heben mit dem izinkigen Stecher ist körperlich sehr anstrengend und findet nur schwer die erforderlichen Arbeitskräfte. ie gewisse Erleichterung hat man schon seit langem ch das Vorlockern der Rüben mit Gespann-, or- und Dampfrübenhebern gefunden, so daß der her dann nicht mehr oder nur noch wenig benutzt werden braucht. Bei den eingeübten polnischen Arierinnen steigt indessen hierbei die Leistung nicht viel demgemäß vermindert sich auch der Flächenlohn nicht erheblich, so daß die Hinzunahme der Maschine die te verteuert; das maschinelle Lockern ist nur dann schaftlich, wenn die Härte des Bodens ein genügend ständiges Herausbrechen der Rüben mit der Hand t mehr zuläßt.

Das neuerdings hauptsächlich von der Versuchsalt für Landarbeitslehre in Pommritz befürwortete fahren, die Rüben im Boden stehend mit einer Stoßpe zu köpfen und dann mit einfachen am Pflug anhraubenden Haken oder auch der entsprechend herchteten Kartoffelerntemaschine die Rüben zu roden, richtert die Erntearbeit derart, daß man hierzu auch ndische Arbeitskräfte bekommt. Das Verfahren geht aber nur auf leichteren bis mittleren Bodenarten und rdert auf großen Gütern mit starkem Rübenbau so Hilfskräfte, daß die allgemeine Arbeiternot der dwirtschaft doch wieder zur Heranholung von Ausländern drängt.

Das Endziel bleibt also eine Vollmechanisierung, die nur wenige hochwertige Arbeitskräfte erfordert. Die Bestrebungen in dieser Richtung sind keineswegs neu. Schon im Jahre 1908 erließ der „Verein der Deutschen Zuckerindustrie“ ein Preisausschreiben. Die mit einem

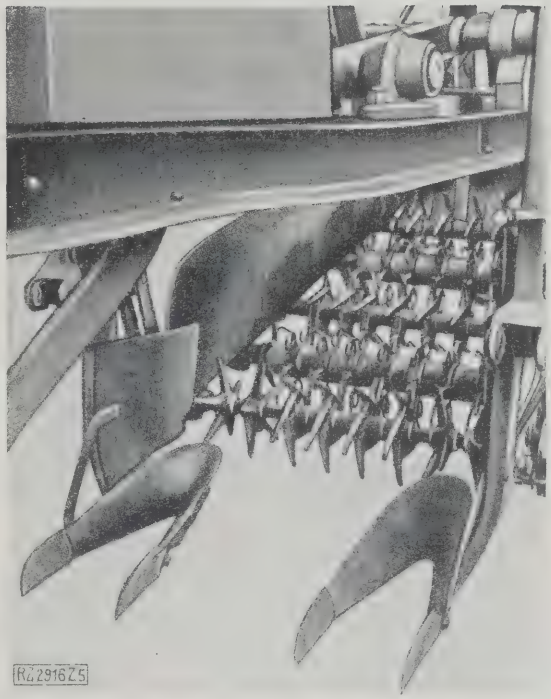


Abb. 5
Stiefelknechtartiger Hebekörper und Reinigungsvorrichtung an einer Rübenerntemaschine (s. S. 1375).
*Siedersleben & Co., Bernburg.*

Preis bedachte Maschine der Firma Siedersleben & Co. in Bernburg befriedigte noch keineswegs völlig, aber es war grundlegende Arbeit geleistet. Um die mühevolle und langwierige Weiterentwicklung der noch heute maßgebenden Grundelemente hat sich besonders der damalige Direktor der Firma, jetzige Professor *Erhardt*, Breslau, verdient gemacht.

## Allgemeine Konstruktionsgrundsätze

Man erkannte als gangbarsten Weg den, die im Boden steckenden Rüben mit einer sich schnell drehenden Messerscheibe zu köpfen, dann den im Boden verbliebenen Teil mit grundsätzlich schon früher bekannten, stiefelknechtartigen, schräg ansteigenden Zinken nach oben herauszudrücken und sie zur Beseitigung der anhaftenden Erde über einen Schüttelrost zu leiten. Selbstverständlich sind auch viele andere Möglichkeiten erwogen und versucht worden. Hierzu gehört u. a. der Gedanke, die Rüben zunächst herauszuheben und dann erst zu köpfen. Die Schwierigkeit dieses Weges liegt hauptsächlich im zuverlässigen Erfassen der gelockerten, aber noch von Erde umhüllten Rüben. Der erstgenannte Weg, nämlich erst köpfen und dann heben, ist jedenfalls bisher der einzige, der nachweislich gute Erfolge zu verzeichnen hat. Der Stand der Rübe beim Köpfen ist meist hinreichend sicher, das Heben gelingt anstandlos, während

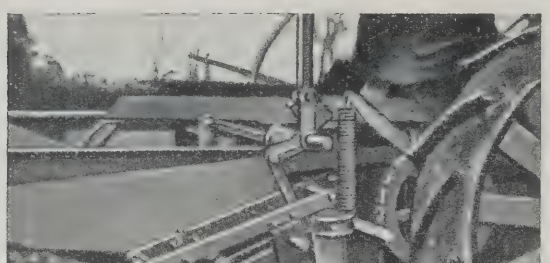


Abb. 2
Köpfer mit angetriebener Raupenkette als Taster (Greyhound).

allerdings die hinreichende Loslösung des den Rüben anhaftenden Schmutzes in dem häufig vorliegenden sehr schweren und nassen Rübenboden nur unvollkommen oder nicht erreicht wird.

Es lag nahe, die Köpf-, Hebe- und Reinigungsvorrichtung in einer einzigen Maschine zu vereinigen. Erst die Bemühungen, mit der Maschine sowohl das Kraut wie auch die Rüben auf aufladebereite Haufen zu bringen, führten zur Trennung in eine Köpf- und eine Rodemaschine, obwohl dies mehr Gespanne und Bedienung erforderte. Gegenwärtig ist die Trennung beibehalten, auch nachdem man das Kraut wiederum mit der Hand aus der rein praktischen Erwägung heraus einsammelt, daß die Köpf-, Rode- und Reinigungsvorrichtungen in den nur kurze Zeit im Jahre durchführbaren, so ungemein schwierigen Versuchen an den geteilten Maschinen besser untersucht und vervollkommnet werden können.

### Der Köpfmechanismus

Abb. 1 zeigt das Schema einer Köpfvorrichtung. Es ist naheliegend und auch vielfach versucht worden, die Köpfmaschine einfach mit Hobelmessern auszurüsten oder überhaupt als eine Art Hobel zu gestalten. Damit kann man zwar die Rüben glatt über dem Erdboden abschneiden, es gelingt aber nicht, sie so, wie es erforderlich ist, etwas unter dem Blattansatz zu köpfen, da sich die richtige Stelle in sehr verschiedener Höhe über dem Erdboden befindet. Infolgedessen muß sich das Messer selbsttätig in der Höhe richtig einstellen können. Beim hochliegenden Schnitt wird aber auf die Rüben ein ziemlich starker seitlicher Druck ausgeübt, der leicht zum Herausziehen, zu unvollständigen Schnitten und zu Verstopfungen führt.

Die umlaufende Messerscheibe überwindet diese Schwierigkeiten; man wendet sie daher allgemein, auch in Amerika an. Als Umfangsgeschwindigkeit nügen etwa 6 m/s. Der Anstellwinkel muß möglic groß sein, damit die Phase nicht vorsteht und vor al Dingen auch, damit das Messer unmittelbar nach Verlas einer Rübe nach unten sinken kann, um sich auf den v leicht tiefer liegenden Kopf der in etwa 18 bis 25 cm E fernung folgenden nächsten Rübe einzustellen.

Da nur Bruchteile von Sekunden zur Einstellu zur Verfügung stehen, muß diese selbsttätig erfolg Man benutzt dazu den vor dem Messer herlaufen Taster *d*, der die längsverschieblich in einem Kegelr gehäuse *c* gelagerte Messerwelle *b* an ihrem oberen E erfaßt. Dieser Taster ist bisher bei uns der Einfachheit liebe als Schleiftaster, wie in Abb. 1, ausgebildet word Die dadurch hervorgerufene Reibung in Verbindung dem beträchtlichen Trägheitswiderstand, der der Aufwä beschleunigung des Messers entgegenwirkt, übt ei starken seitlichen Druck auf die Rübe aus. In Amer hat man deshalb Räder oder Raupenbänder, Abb. 2, benu die sich auf dem Boden abwickeln und so angetrie werden, daß sie noch eine rückwärtsschiebende Beweg haben, mit der sie die Rübe gegen die Messerschne halten. Das Mitgehen des Messers mit dem Taster darf allem nicht von der Lagerreibung verhindert werden. Kopf, mit dem der Taster an der Messerwelle angreift, deshalb schon eine für Landmaschinen recht anspru volle Durchbildung erfahren, s. S. 1377, Abb. 14 und

### Taster und Messerantrieb

Eine Frage für sich ist die Bahn der Tasterbeweg und ihr Verhältnis zur Messerverschiebung. Das wes liche, wenigstens bei der bisher üblichen Konstruk dürfte sein, daß man vom Taster zur Messerwelle günstige Übersetzung dadurch schafft, daß der Ta nach rückwärts aufwärts schwingt, während er das Me in der Richtung der Wellenachse schräg vorwärts he muß. Sehr wechselndes Verhalten der Köpfvorricht unter verschiedenen Verhältnissen veranlaßte die Fi Walter & Kuffer in Schweinfurt dazu, eine einfache stellbarkeit des Schnittwinkels und der Lage des Tas zum Köpfmesser vorzusehen. Mit dieser Anordnung mancherlei im Betrieb ausprobierten Einzelheiten gelan die bis dahin noch unvollkommene Köpfarbeit wesen zu verbessern. Die Messerscheibe treibt man bislang von den Haupträdern des Fahrgestelles aus an, wegen verhältnismäßig großen Entfernung der voneinander hängigen Wellen in der Regel mittels Bolzenkette.

Wichtig ist die schonende Behandlung des Krau Der Landwirt hat ein sehr lebhaftes Interesse daran, das Kraut möglichst frei von Erde gewonnen wird er es als Futter für das Milchvieh hoch schätzt und Verschmutzung die Verdaulichkeit und Bekömmlich des Futters beeinträchtigt. Bei der Köpfmaschine meidet man die Verunreinigung am besten dadurch, man nach dem Schnitt auf den Krautkopf nur noch d den mit dem Messer umlaufenden Abstreichzyl der *g*, s. Abb. 1, einwirkt. Abstreichmesser, die

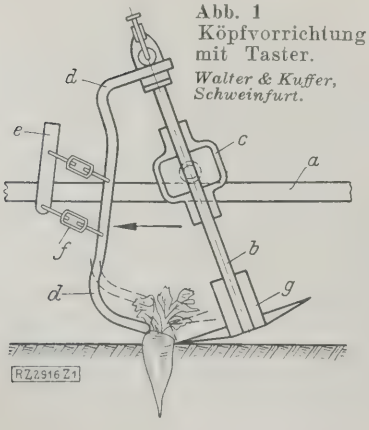
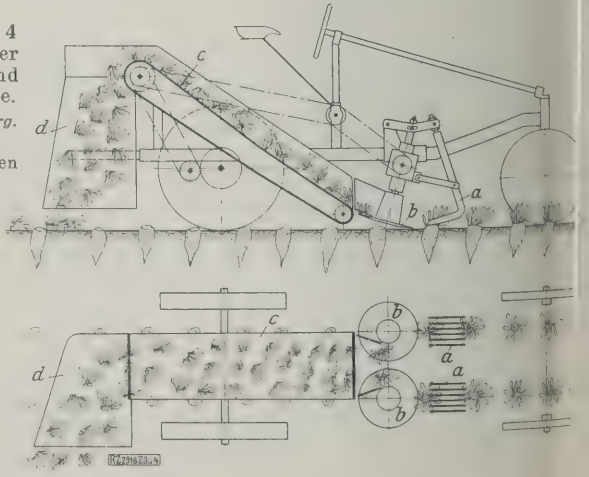



Abb. 1
Köpfvorrichtung mit Taster.
*Walter & Kuffer, Schweinfurt.*

Zu Abb. 1:
*a* Maschinenrahmen
*b* Messerwelle
*c* Kegelradgehäuse
*d* Taster
*e* schwenkbarer Tasterhalter
*f* Parallelogrammgestänge zum Taster
*g* Abstreichzylinder

Abb. 3 und 4
Zweireihiger Köpfer mit Krautförderer und -ablage.
*Siedersleben & Co., Bernburg.*
*a* Taster
*b* Köpf-Messerscheiben
*c* Krautförderer
*d* Krautrutsche



rünglich benutzte, haben sich nur teilweise bewährt, weise auch als überflüssig herausgestellt. Das Wegen von Abstreichern hat allerdings zur Folge, daß Kraut nahezu an der Rübenreihe stehen bleibt, so die Rüben selbst erst dann gehoben werden können, n das Kraut mit der Hand zur Seite gebracht ist. Die ühungen, mittels feststehender Abstreicher das Kraut sttätig wegzuräumen, haben bisher nur dazu geführt, es in unerfreulicher Weise verschmutzt wird.

Eine sehr saubere und viel Zeit sparende

### Krautgewinnung

ng mit Hilfe eines Krautsammlers an der Köpfchine nach Abb. 3 und 4. Die Maschine köpft gleichig zwei Reihen, wobei sich die Messerscheiben *b* eneinander bewegen und so das Kraut zwischen sich men. So wird es hinreichend angehoben, um auf den anschließenden Lattenrost *c* zu gelangen; von diesem tenrost wird es nach aufwärts befördert und kommt n auf eine nach seitwärts gerichtete Rutsche *d*, auf es sich anstaut, so daß es in größeren Haufen auf Boden abgelegt werden kann. Dem naheliegenden anken, das Kraut sogleich in einem großen Wagen das Feldende zu befördern, steht die meist mehrere m betragende Länge des Feldes, die einen sehr 3en Laderaum, einen entsprechend hoch aufsteigen-

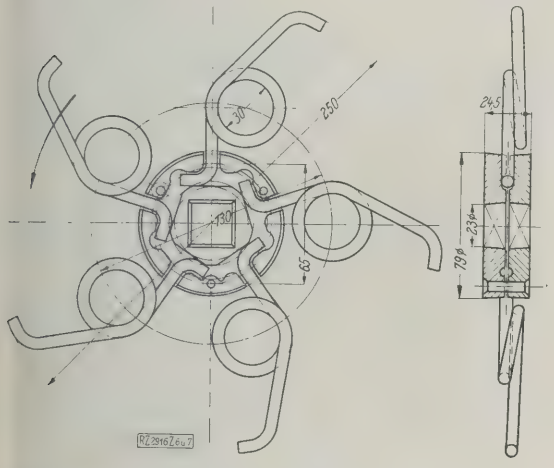



**Abb. 6 und 7**
Zinkenwalze der Reinigungsvorrichtung nach Abb. 5.

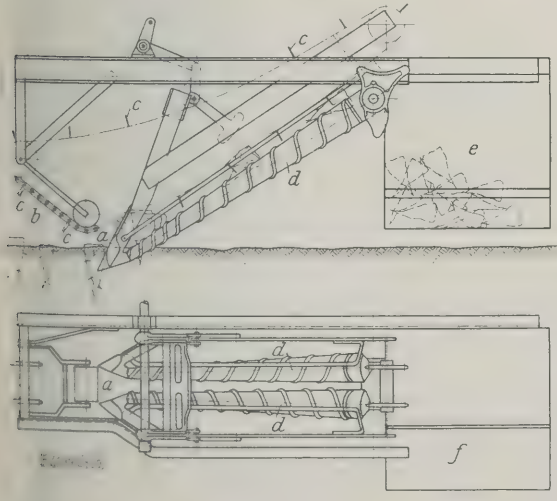



**Abb. 8 und 9**
Rübenroder und -reiniger nach amerikanischer Bauart (Greyhound) mit schraubenförmigen Reinigungswalzen und Förderkette.

*a* Hebeschar (Stiefelknecht-
*b* mit Mitnehmern *c* besetzte Förderkette
*d* gegenläufige Reinigungswalzen
*e* Sammler
*f* Bodenklappe z. Entleeren

den Förderer und eine recht schwierige Auskippvorrichtung erforderlich machen würde, entgegen. Schwer erfüllbar sind solche Forderungen auch wegen der herbstlichen Ackerverhältnisse, Geländeneigungen und auf der andern Seite wegen der Schwierigkeiten des motorischen Zuges, vom tierischen gar nicht zu reden.

### Hebe- und Reinigungsvorrichtung

#### Schräg gestellte Hebezinken

Glücklicherweise hat die Zuckerrübe im allgemeinen eine nach unten spitz zulaufende Form und in der Hauptsache eine glatte Oberfläche, die allerdings wieder strichweise durch zahlreiche Wurzelfasern unterbrochen ist. Immerhin gelingt es, wie ein jahrzehntelanger Gebrauch bewiesen hat, mit Hilfe eines, oder noch besser von zwei schräg gestellten Zinken, die Rübe nach oben herauszudrücken, ohne daß die Zinken gerade besonders tief in den Boden eingreifen müßten. Über die beste Form der Zinken sind viele Versuche angestellt worden, wobei sich insbesondere für die Zwecke der mit Reinigungsvorrichtung versehenen Maschinen, bei denen die Rüben ziemlich hoch heraufgebracht werden müssen, am besten ein von Siedersleben & Co. entwickelter Hebekörper von stiefelknechtartiger, rückwärts geschlossener Form bewährt hat, Abb. 5 (S. 1373). Dieser greift höchstens 8 cm unter den Boden und wird so flach gestellt, daß seine Unterkante fast waagerecht verläuft. Da der Innenraum des Stiefelknechts sich nach hinten zu verengt, so gleitet die Rübe auf den balligen Seitenwangen nach oben herauf.

#### Zinkenwalzen zur Reinigung und Förderung

Wenn der Boden einigermaßen trocken und nicht klebrig ist, so löst sich die Rübe größtenteils schon beim Hebevorgang ziemlich sauber von ihm ab, und es bedarf dann nur noch eines Abklopfens, um den daran verbliebenen Rest Erde leidlich zu beseitigen. Für dieses Abklopfen benutzt man einen Rost von aneinandergereihten, mitfedernden Zinken versehenen Walzen, die zugleich zum Hochfördern benutzt werden, Abb. 6 und 7. Hierbei muß man besonders darauf Bedacht nehmen, daß Unkraut, Blattstengel und dergleichen den Walzenrost nicht verstopfen, da sich hieraus leicht, besonders bei Nässe und klebrigem Boden, ein zähes Polster bildet, das jede Bewegung zum Stillstand bringt. Die Drehrichtung der Walzen ist derart, daß die aus Federdraht gebogenen Bügel gegen die Bewegungsrichtung nach rückwärts geneigt sind und nach vorwärts eine Rundung zeigen, an denen Faserteile nur schwer hängen bleiben können; völlig ist es trotz dieser Vorsichtsmaßnahmen nicht zu vermeiden. Alle Walzen drehen sich im gleichen Sinne, so daß die Rüben unter dauernden Schlägen über den Rost aufwärts gestoßen werden. Zur Verbesserung der Reinigungswirkung kann man auch zwischen die Walzen mit federnden Zinken Walzen mit kleineren, grundsätzlich ähnlich gestalteten starren Zinken schalten, s. Abb. 5. Von dem Durchmesser, der Drehzahl der Walzen und der Steigung des gesamten Walzenrostes hängt die Güte der Reinigung ab.

#### Schraubenförmige Reinigungswälzen und Förderkette

Eine völlig andre Reinigungsvorrichtung hat man in den Vereinigten Staaten ausgebildet, Abb. 8 und 9.

Die vorgeköpften Rüben werden von einem Stiefelknechtkörper *a* mit handtellerartigen Zinken angehoben, dann sofort von einer mit Zinken *c* besetzten Kette *b* erfaßt und aufwärts über ein Paar kegeliger, mit korkenzieherartigen Windungen versehener Walzen *d* gezogen. Die Walzen drehen sich rasch gegenläufig derart, daß die Schraubenwindungen nach abwärts wandern, so daß ihre Kanten die aufwärts gezogenen Rüben abschaben und die abgeschabte Erde nach unten befördern. Die Rüben selbst fallen am oberen Ende der Walzen in einen Sammelbehälter *e*, aus dem sie von Zeit zu Zeit durch eine Klappe *f* nach der Seite in Haufen entleert werden. Im allgemeinen hat diese Vorrichtung eine recht gute Reinigungswirkung. In sehr speckigem Boden versagt

sie allerdings ebenso wie die andern Maschinen, da es hierbei unmöglich ist, die Rüben einzeln aus dem Boden herauszudrücken. Vielmehr wird von den Hebezinken ein zusammenhängender Damm ausgehoben, den die Maschine nicht zu bewältigen vermag, so daß sie sich schnell vollständig verstopft.

Die Drehzahl der Walzen beträgt rd. 500 U/min, die Kettengeschwindigkeit ist etwas größer als die Fahrgeschwindigkeit. Sehr sorgfältig ist eine den Verwindungen des Rahmengestelles Rechnung tragende nachgiebige Lagerung der Walzen und die Abdichtung der im Schar gelagerten Walzenenden gegen Verschmutzung durchgeführt, wie Abb. 10 zeigt. Die Maschine gibt übrigens ein gutes Bild von dem hohen Stand amerikanischer Landmaschinen in konstruktiver Hinsicht.

### Fahrgestell und Triebwerk

Maschinen der hier beschriebenen Art brauchen ein steuerbares Fahrgestell, da die Arbeitswerkzeuge genau in der Pflanzenreihe gehalten werden müssen, wobei sich schon Abweichungen von einigen Zentimetern unangenehm bemerkbar machen. Eine gewisse Übung ist hierbei erforderlich, da der Steuernde die Sicherheit gewinnen muß, einen genügend weit vorausliegenden Richtpunkt festzuhalten.

Die Fahrtrichtung wird von einer ein- oder meist zweiräderigen Vorderkarre eingehalten. Meist ist die Vorderkarre im ganzen schwenkbar, neuerdings wird auch Achsschenkellenkung vorgesehen. Zur Betätigung der Lenkung kommt die einreihige Köpfmaschine mit einer Steuersterze aus, während schwerere Maschinen zur Aufnahme von Stößen eine Schnecke oder Schraubenspindel mit Handrad erhalten, s. Abb. 11 und 12. Der Steuermann sitzt auf der Maschine.

Die bewegten Vorrichtungen treibt man in der Regel von den Treibrädern der Maschine aus mittels Zahnräder und Ketten an. Die Treibräder sind demgemäß mit Greifern versehen und so groß, wie es der Gesamtaufbau der Maschine gestattet. Hierbei kommt man leicht in konstruktive Schwierigkeiten, wozu sich zur Zeit noch die Notwendigkeit gesellt, die Spurweite und bei mehrreihigen Maschinen den Abstand der Werkzeuge von einander je nach Breite und Reihenzahl der Drillmaschine verschiedenen Reihenweite entsprechend einstellen zu müssen. Zum Aus- und Einrücken des Getriebes genügen einfache Klauenkupplungen.

Des weiteren sind hier, wie bei fast allen Feldmaschinen, Aushebe- und Einstellvorrichtungen für die Werkzeuge, die in oder nahe dem Boden arbeiten, erforderlich. Hierfür genügt im allgemeinen ein Hand- oder Fußhebel. Den letzteren bevorzugt man bei den leicht zu hebenden Köpfvorrichtungen, weil hierbei ein plötzliches Anlüften auch mitten im Felde zuweilen zur schnellen Beseitigung von beginnenden Verstopfungen erwünscht ist, während noch aufmerksam gesteuert werden muß.

An der Rodemaschine dagegen ergibt der Fußhebel einen für die zu hebenden Gewichte zu kleinen Weg. Man greift daher zum langen, möglichst mittels Feder ausgeglichenen Handhebel mit Sperrklinke und Zahnsegment. Sind auch damit die zu behebenden Gewichte nicht mehr zu bewältigen, so leitet man den Antrieb der Aushebevorrichtung von den Triebrädern ab. Das Heben der Rodewerkzeuge ist meist nur am Feldende erforderlich. Am Beginn braucht man nur die Sperrklinke auszulösen, die Hebezinken fallen dann herunter. Während der Arbeiten ist eine Regelung des Tiefganges der Hebezinken erforderlich. Bei zu flacher Einstellung werden die Rüben unvollständig gehoben oder angeschnitten, bei zu großem Tiefgang hingegen geht zu viel Erde mit. Zur guten Einstellbarkeit wird daher die einfache Hebelbetätigung für das Ausheben durch eine Ratsche mit wechselseitig wirkenden Sperrklinken ergänzt. Einfacher sind für diesen Zweck Vorrichtungen wie Schraubenspindel oder Schnecke und Schneckenrad.

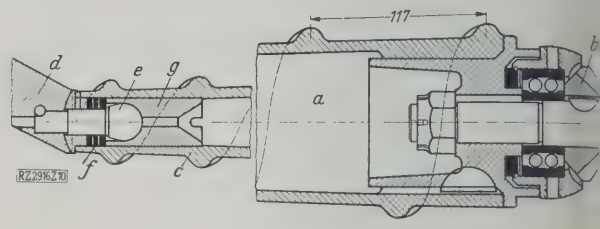



**Abb. 10**
Walze des Roders nach Abb. 8 und 9. Die Lagerung der Walze an den Enden; gute Abdichtung.

*a* oberes Ende der kegeligen Reinigungswalze
*b* Kegelrad zum Antrieb von *a*
*c* unteres Ende der Reinigungswalze
*d* unteres Rahmenende
*e* in *d* festsitzender Zapfen mit Kugelkopf
*f* Fiberscheiben als elastische Dichtung
*g* in *c* eingesetzte Kugelpfanne

Der Führersitz muß möglichst am hinteren Ende Maschine angebracht sein, damit der Führer beginne Störungen schnell erkennt. Diese Forderung läßt s mit Rücksicht auf das Ineinandergreifen der versch denen, oben erwähnten Vorrichtungen nicht immer lei erfüllen.

### Ausführungsbeispiele von Köpf- und Rodemaschine

An der von der Firma Siedersleben & Co. in Be burg gebauten zweireihigen vereinigten Köpf- und Ro maschine, Abb. 11 bis 13, erkennt man die Schwie keiten, die verschiedenen vielteiligen Einrichtungen l reichend zusammen gedrängt in einem auf dem Ac fahrbaren Gerät unterzubringen.

Der zweireihige Köpfer mit Krautheber und Kra rutsche entspricht der Abbildung 3 und 4. Die He körper mit Reiniger sind an dem verlängerten Ha rahmen untergebracht. Zum Ausheben und zur Tiefga einstellung wird der Hauptrahmen *i* gegenüber der Tr räderachse gehoben und gesenkt, wobei das Antr moment der Treibräder das Ausheben unterstützt das Zahnsegment *p* ratschenartig zur Einstellung wirkt.

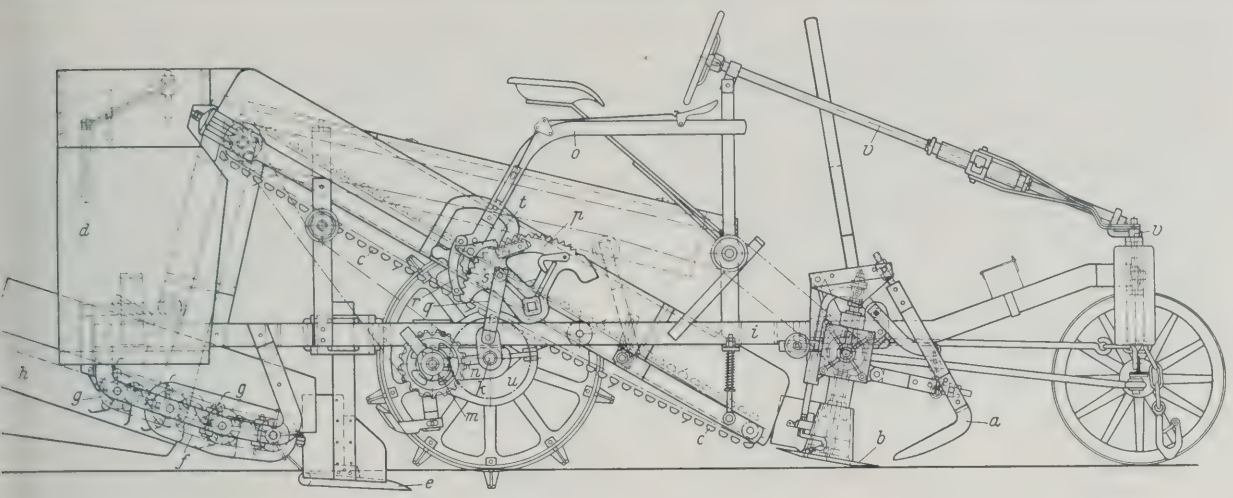
Eine ähnliche vereinigte Köpf- und Rodemasch jedoch nur einreihig, ohne Krautförderer und daher sentlich einfacher und leichter, wird von der Fi Walter & Kuffer in Schweinfurt gebaut.

Eine zweireihige Köpfmaschine oh Krautsammler mit einem auf Grund neuerer fahrungen entwickelten Taster zeigen Abb. 14 und den S. 1374 bereits erwähnten Messerwellenkopf Abb.

### Zweireihige Rodemaschinen (ohne Köpfer)

Die Rodemaschine erfuhr neuerdings eine gri liche Durchbildung, Abb. 17 bis 19. Die gesamte H und Reinigungseinrichtung konnte zwischen Vor und Hinterräder gerückt werden, wobei die parall grammartige Aufhängung der Hebekörperhalter und Anwendung der Achsschenkellenkung es gestattet, Hebekörper dicht hinter dem Lenkvorderwagen zubringen.

An den verstellbar eingerichteten Haltern *b* Hebekörper *a* hängt das Vorderende des Reiniger das zusammen mit den Hebekörpern von einem H hebel *f* aus gehoben, gesenkt und auf genauen Tiefg eingestellt werden kann. Das hintere Ende des nigers schwenkt um eine der Triebachse benachb Vorgelegewelle *m*, die fest im Hauptrahmen gela ist, der seinerseits von den reichlich bemessenen Hir rädern in unveränderlicher Höhe zum Erdboden tragen wird. Der Reiniger befördert die Rüben einen am hinteren Ende des Hauptrahmens sitzen Sammelkasten; zwei nach der Seite ausschwenk Bodenklappen gestatten dem Führer, die gesamme Rüben in entsprechenden Abständen abzulegen. Führersitz befindet sich über dem Hinterende der schine, so daß die Hebekörper und Reinigungswalzen dort aus dauernd beobachtet werden können.



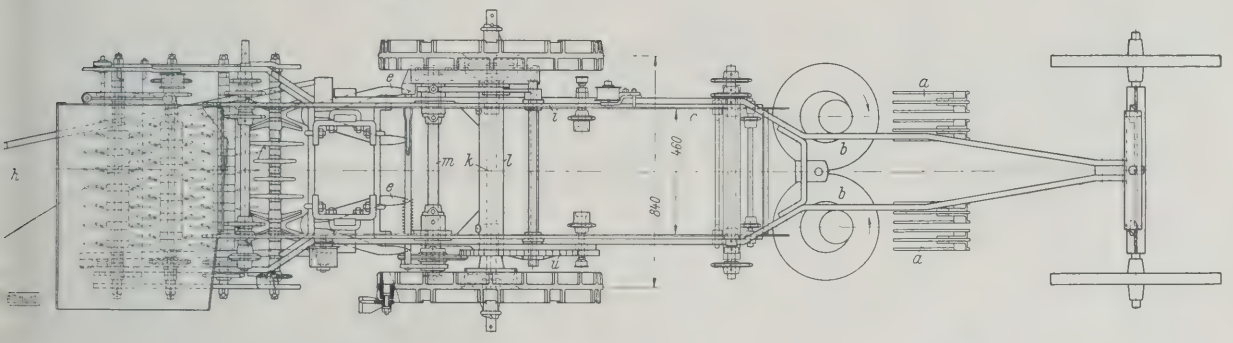


**Abb. 11, 12 und 13**
Zweireihige, vereinigte Rübenerntemaschine mit Köpf-, Rode- und Reinigungsvorrichtung und Krautsammler.
*Siedersleben & Co., Bernburg.*

- a Taster mit sechs Fingern
- b umlaufende Messerscheiben
- c Krautförderer (Lattenrost)
- d Krautrutsche
- e Rübenhebezinken
- f Rübenreiniger und -förde-
- g Reinigungswalzen [rer
- h Abfallblech, um die Rüben in einer Reihe abzulegen
- i Hauptrahmen
- k Treibachse
- l gegen den Hauptrahmen auf- und abschwenkbares Rohr, in dem die Treibachse gelagert ist
- m Vorgelegewelle, am Hauptrahmen gelagert
- n Schwenkarme als bewegliche Verbindung zwischen *k* und *m*
- o am Hauptrahmen gelagerter Handhebel
- p am Hauptrahmen schwenkbares Zahnsegment
- q Verbindungslasche zwischen *l* (Rohr) und *p* (Zahnsegment)
- r, s, t Klinken zum Herunterratschen des Zahnsegmentes *p*
- u Antrieb der Vorgelegewelle *m*
- v Lenkung

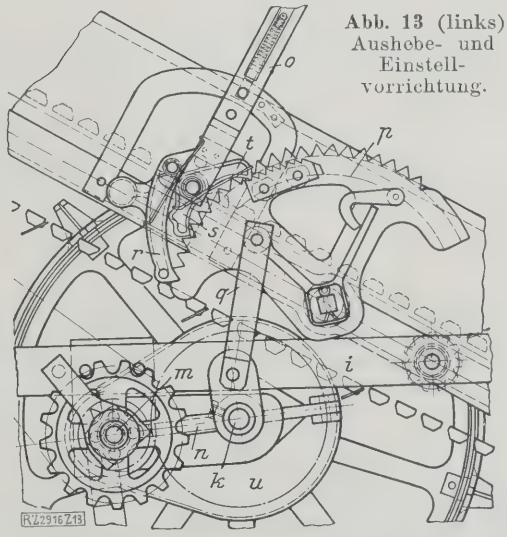
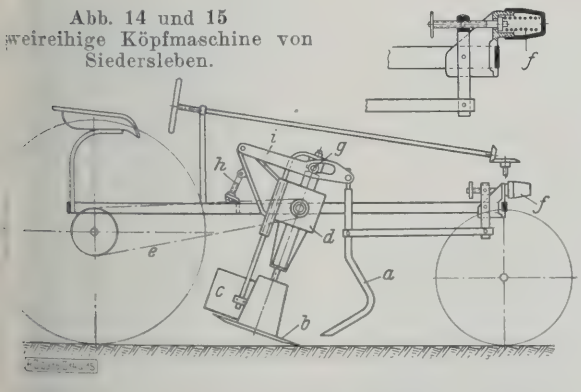


**Abb. 13** (links)
Aushebe- und Einstellvorrichtung.

**Abb. 14 und 15**
weireihige Köpfmaschine von Siedersleben.



Zu Abb. 14 und 15:
- a Taster
- b Messerscheibe
- c Krautabstreicher
- d Kegelräderantrieb
- e Kettenantrieb
- f federnde Aufhängung des Tasters
- g Messerwellenkopf
- h Schraube zur Schnittwinkeleinstellung
- i Mitnehmerhebel mit Kurvenschlitz

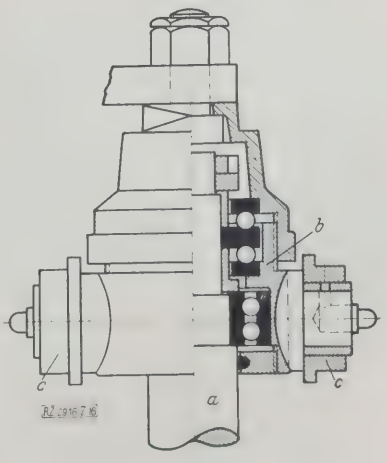


**Abb. 16** (rechts)
Der Messerwellenkopf der Maschine nach Abb. 14.
- a Messerwelle
- b Mitnehmerring
- c Rollen (im Kurvenschlitz, Abb. 14, laufend)

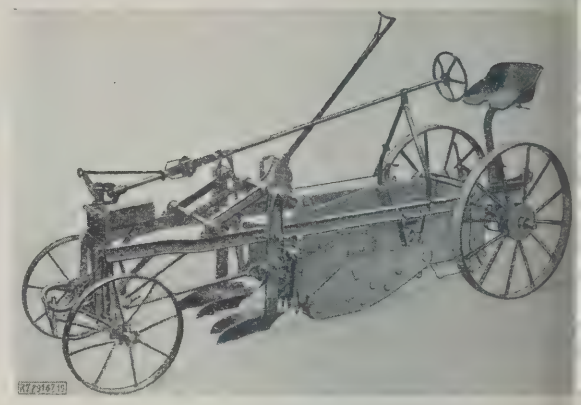
Einreihige Köpf- und Rodemaschinen von ähnlicher, b· einfacherer Art werden von der Firma Walter uffer in Schweinfurt gebaut.

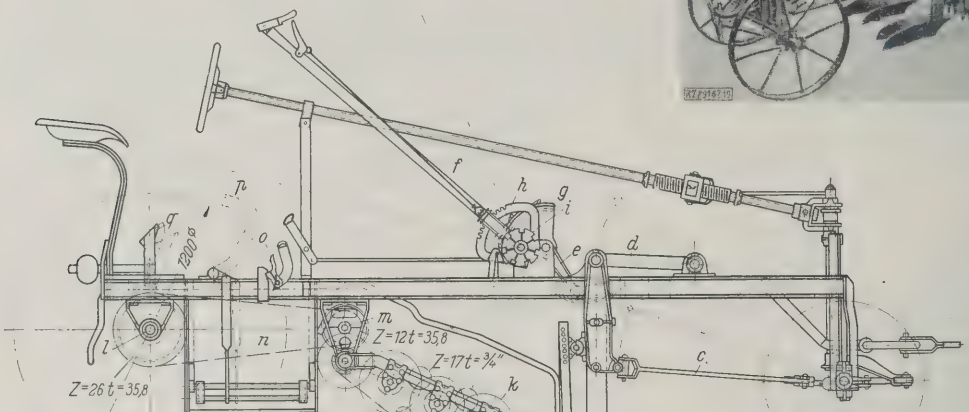
Der Zugkraftbedarf der Köpfmaschinen ist ng. Bei den Rodern sind für eine Reihe zwei Pferde rderlich. Bei den zweireihigen Rodern beginnt im llgemeinen die Notwendigkeit der Schlepperanwendung. kann dann eine zweireihige Köpfmaschine seitlich

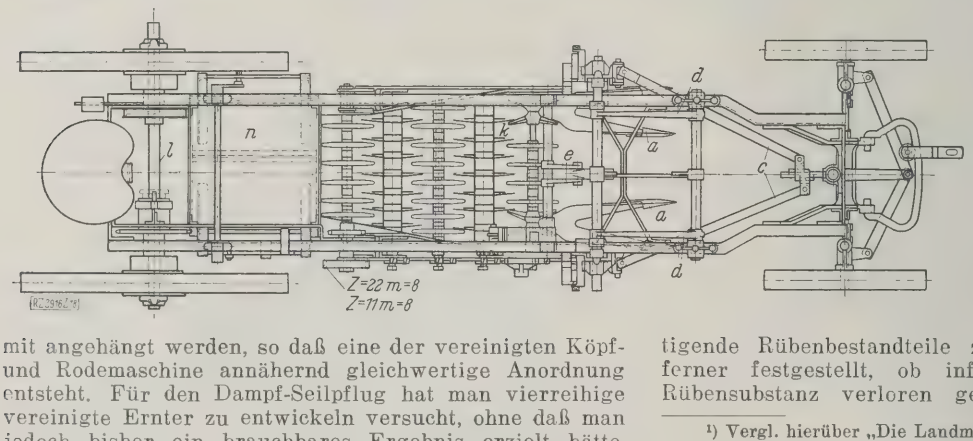
**Abb. 17 bis 19**
Zweireihiger Rübenroder (Bauart 1928). Aushebe- und Reinigungsvorrichtung liegen zwischen Vorder- und Hinterrädern.

*Siedersleben & Co.*

*a* Hebemesser
*b* verstellbarer Halter für das Hebemesser
*c, d* Gestänge zur Verbindung von *b* mit dem Hauptrahmen
*e* Gestänge für die Aushebevorrichtung
*f* Handhebel
*g* Zahnsegment, starr an *e*
*h* Grobverstellung } des Tiefgangs
*i* Feinverstellung }
*k* Reiniger
*l* Treibachse
*m* Vorgelegewelle
*n* Sammelbehälter
*o, p* Fußhebel zum Einsenken des Hebers
*q* Fußhebel zur Entleerung






mit angehängt werden, so daß eine der vereinigten Köpf- und Rodemaschine annähernd gleichwertige Anordnung entsteht. Für den Dampf-Seilpflug hat man vierreihige vereinigte Ernter zu entwickeln versucht, ohne daß man jedoch bisher ein brauchbares Ergebnis erzielt hätte. Es bedarf hier noch eingehender Weiterarbeit, wobei die seit einigen Jahren vom Rübenernteausschuß im

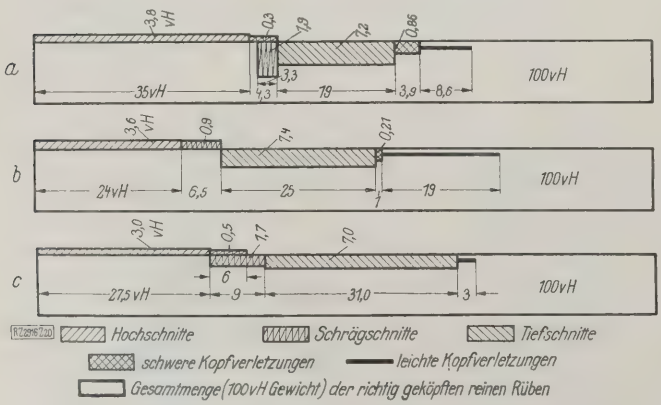



**Abb. 20.** Beurteilung der Güte der Köpfmaschinenarbeit (Versuche 1928).

*a* einreihig, Modell I *b* einreihig, Modell II
*c* zweireihig

Die waagerechten Längen geben den Anteil der verschiedenen Schnitthöhen in vH der Anzahl der gesamten geköpften Rüben an, die Flächen in vH des Gewichts.

Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft ins Werk gesetzte staatliche Mithilfe nicht wird fehlen dürfen.

**Verfahren der Untersuchung und Beurteilung**

Die planmäßige Weiterentwicklung der Rübenernter durch den Rübenernteausschuß forderte erstes von der Geschäftsleitung des Ausschusses Untersuchungs- und Beurteilungsgrundlagen zu stellen und entsprechende Feststellungsverfahren zu entwickeln.

Es wird an einer Anzahl von Rüben und Rübenköpfen festgestellt, ob und wieviel Köpfschnitte in der richtigen Lage weichen, so daß entweder dem Vieh wertvolle oder der Zuckerfabrik minderwertige und die Zuckergewinnung beeinträchtigende Rübenbestandteile zugeführt werden; es wird ferner festgestellt, ob infolge splitternden Schnitts Rübensubstanz verloren geht, ob der Heber Rü

[1]) Vergl. hierüber „Die Landmaschine" Bd. 7 (1927) S. 63 u. 68.

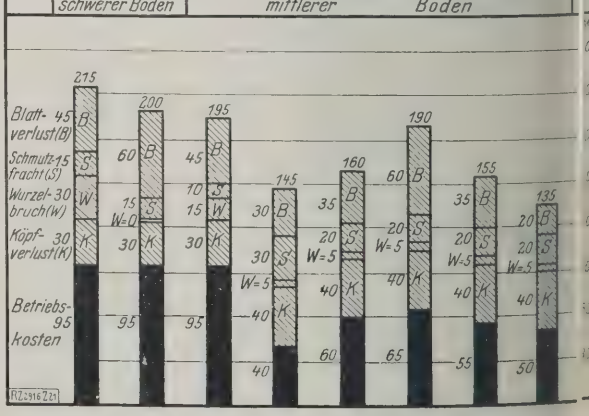



**Abb. 21.** Vergleichende Wertung der Maschinen in bezug auf Wirtschaftlichkeit. Die Verluste sind für 26 t/ha Ertrag berechnet.

schneidet oder abreißt und wieviel Erde in vH Rübengewichts an den von der Maschine abgegten Rüben verbleiben, um Fördermittel und Zuckerrik zu belasten. Die Ergebnisse werden nach Mögkeit graphisch aufgetragen, z. B. die Arbeitsweise Köpfmaschinen in Abb. 20. Die langen Rechtecke eichnen 100 vH einwandfrei geköpfter und gehobener ben; die verschieden schraffierten Rechtecke kennchnen mengen- und gewichtsmäßig die Fehler. In ilicher Weise werden die Fehler der Roder geinzeichnet. Ein gewisses mittleres Maß von Fehlertigkeit muß man selbstverständlich als erträglich anen.

Zur Bewertung der Arbeitsmenge und Arbeitsgüte er Maschine wird für mittlere Verhältnisse eine Gentwirtschaftlichkeit berechnet, bei der auch die Fehler eine Wertung in Geld erfahren. Die Auftragung der Gesamtkosten nach Abb. 21 gibt dann einen Vergleichmaßstab für die Wirtschaftlichkeit.

Selbstverständlich darf man solche Bewertungsverfahren nicht tothetzen. Die Kosten können immer nur für mittlere Verhältnisse verglichen werden; in jedem Einzelfalle ändern sie sich nach dem Wert, den der Landwirt seiner Ablieferung an die Zuckerfabrik oder dem Futter beimißt, je nach seinen Erträgen, der Lage seiner Felder zum Bahnhof, zur Zuckerfabrik oder zum Hof, den Wegeverhältnissen, den Arbeiter- und Lohnverhältnissen und anderem mehr. Die zahlenmäßigen Bewertungen geben also nur einen Anhalt für die vergleichende Beurteilung der untersuchten Maschinen, der aber wohl imstande ist, vor grundlegenden Irrtümern in ihrer Anwendung und Weiterentwicklung zu bewahren. [B 2916]

## Rollenrichtmaschine für Larsseneisen

Die eisernen Spundwandbohlen sind ein wertvolles tel zur billigen und dauerhaften Herstellung von Uferuern, Brücken-, Schleusen- und andern Gründungen, soe zur Sicherung von Bauwerken aller Art. Zum Richten aus den Walzen kommenden und auf einem Warmt abgekühlten Spundwandeisen, System *Larssen*, der rtmunder Union, Abteilung der Vereinigten Stahlwerke G., die einen Querschnitt ähnlich den eisernen Eisenbahnschwellen und an beiden Seiten je eine Nute zum ngriff der nächsten Bohlen haben, hat die Demag, A.-G., isburg, eine Rollenrichtmaschine, Abb. 1, gebaut.

Die Rollenrichtmaschine hat sieben Richtrollen, die ischen den beiden Stahlgußständern angeordnet sind; vier oberen Rollen treibt ein 230pferdiger Gleichom-Reglermotor. Die Maschine ist symmetrisch gehal, so daß Ein- und Austrittseite miteinander vertauscht rden können; das zu richtende Gut kann also von beiden ten die Maschine durchlaufen.

Um die Rollenrichtmaschine in kurzer Zeit von dem en Profil auf das andre umbauen zu können, ist sie t ausfahrbarem Ständer versehen. Beim Ausfahren bleiben die Gleitlager und doppeltwirkenden Spurlager auf n Zapfen der sieben Richtwellen sitzen, so daß die Lagerfen nicht beschädigt werden; nach jedem Umbau ist es ht erforderlich, die Lagerkörper zu reinigen und mit tt aufzufüllen.

Zum schnellen Umbau von ner Spundeisengröße auf eine dre oder zum raschen Auswechn der Richtrollen bei etwa eingetretenem Verschleiß bestehen Rollen aus Richtscheiben mit wischenstücken, die auf einer sonderen Hülse aufgesetzt sind. ach Ausfahren des Ständers können die Rollen in kurzer Zeit von ren Wellen abgezogen und die ßerhalb der Maschine aus Reservehülsen zusammengebauten satzrollen sofort aufgebracht rden.

Zum Ausfahren des Ständers ent ein 17pferdiger Gleichrommotor, der auch zum Verllen der drei unteren, nicht getriebenen Richtrollen vernndet wird. Eine Kupplung im trieb verhütet Beschädigungen rch Überfahren der äußersten ellung des Ständers bei Unachtmkeit des Arbeiters, dem die weilige Ständerstellung durch igerwerke an beiden Seiten der hiplatte kenntlich gemacht rd.

Die unteren drei Richtrollen werden in senkrechter Richtung mechanisch eingestellt; kleinere Verstellungen werden jedoch auch von der Maschinenausgangseite mit der Hand vorgenommen, wo sich der Stand des Richtmannes befindet. Die Stellungen der Lagerkörper der Unterrollen und damit der Rollenmitten werden durch Stangen, die an den oberen Enden als Zahnstangen ausgebildet sind und in Ritzel auf Zeigerwellen eingreifen, an großen Scheibenskalen angezeigt.

Von den senkrecht eingebauten Rollen an der Ein- und Austrittseite der Maschine wird je eine Rolle angetrieben. Etwaige Unterschiede in den Umfangsgeschwindigkeiten dieser Rollen werden durch Rutschkupplungen ausgeglichen. Sämtliche senkrecht eingebauten Wellen sind in waagerechter Richtung durch einstellbare Federn abgestützt, um etwaige Unebenheiten des durchgehenden Gutes folgen zu können.

Um die Einrichtzeit der Richtwellen nach einem Umbau möglichst abzukürzen, insbesondere, um ihre Einstellung in Richtung ihrer Achsen zu vereinfachen und damit zu beschleunigen, sind besondere Einstellvorrichtungen angebracht. Werden die kleinen Handräder über den Wellenstümpfen so verdreht, daß sämtliche sieben Zeiger auf null stehen, so liegen sämtliche Richtrollen genau in einer Ebene. Die Spundeisen werden in die Maschine durch verstellbare Auflaufrollen und Einführungstrichter mit auswechselbaren Verschleißleisten eingeführt. [M 3206]

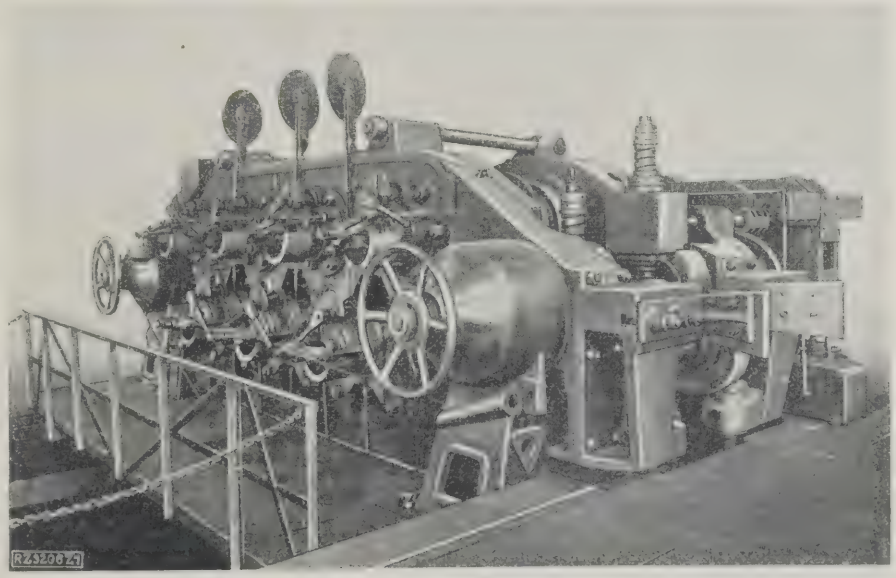


**Abb. 1.** Rollenrichtmaschine für Larsseneisen.

# Wärmewirtschaft in der Zellstoffindustrie

*Von Dr.-Ing. von LASSBERG, München*

*Vorgetragen in der Fachsitzung „Wärmetechnik" gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure*

*Der Dampfverbrauch und der Krafiverbrauch in Zellstoffabriken und ihre voraussichtliche Steigerung. Verschiedene Neuerungen, die mit der Kraft- und Wärmewirtschaft der Zellstofferzeugung zusammenhängen.*

Die Sulfit-Zellstoffwerke brauchen verhältnismäßig viel Dampf zum Kochen und Heizen, dagegen wenig zum Erzeugen von Kraft. Man ist geneigt, alle Arten von Zellstoffabriken wärmetechnisch gleichzustellen, das ist aber unrichtig. Je nach der Art der Fabrik und des Stoffes, den die Fabriken herstellen, ob nassen oder trockenen, gebleichten oder ungebleichten, je nachdem, ob Spritfabriken oder Ablaugenverarbeitungen angegliedert sind, ist der Dampfverbrauch für die Einheit des Erzeugnisses ganz verschieden.

In Abb. 1 und 2 sind der Kraftverbrauch und der Verbrauch an Fabrikationsdampf für verschiedene Arten von Sulfitzellstoff-Fabriken eingezeichnet. Man sieht auf den ersten Blick, daß der Verbrauch an Fabrikationsdampf viel größere Unterschiede aufweist als der Kraftverbrauch. Den niedrigsten Dampfverbrauch haben Fabriken, die nur nassen Zellstoff erzeugen und in die angegliederte Papierfabrik weitergeben, dann folgen Fabriken, die sich Bleichereien angegliedert haben, und den höchsten Dampfverbrauch haben Fabriken, die nur trocken gebleichten Stoff verarbeiten oder an die eine Spiritusfabrik angeschlossen ist. Die angegebenen Zahlen sind gute Mittelwerte und können in gleichwertigen Fabriken wieder etwas verschieden sein.

Der Kraftverbrauch ist gleichmäßiger; er schwankt etwa zwischen 0,2 und 0,3 kWh/kg für die verschiedenen Arten von Fabriken. Daraus folgt, daß auch der Kesseldruck, mit dem man in reinem Gegendruckbetrieb die volle Kraft erzeugen kann, bei den verschiedenen Arten von Fabriken sehr verschieden sein muß; er schwankt in weiten Grenzen von 18 bis zu 35 at abs oder, anders ausgedrückt, bei gleichem Kesseldruck, z. B. 35 at abs, ergeben die verschiedenen Arten von Fabriken sehr verschieden hohe Überschußleistungen.

Die Darstellungen in Abb. 1 und 2 beziehen sich auf reine Zellstoffabriken; sind, wie oft in Deutschland, noch Papierfabriken angegliedert, so verschieben sich die Verhältnisse derart, daß sich je nach Größe der Papierfabrik der Kraftbedarf im Verhältnis zum Dampfbedarf stark erhöht. Abb. 1 und 2 sollen hauptsächlich zeigen, daß man unter „Dampfverbrauch in Zellstoffabriken" und „Kesseldruck für vollständigen Gegendruckbetrieb" keine eindeutigen Größen verstehen kann, sondern jede Art von Zellstofferzeugung besonders behandeln muß.

Im letzten Jahrzehnt ist in den Zellstoffabriken der Dampfverbrauch, bezogen auf 1 kg der Erzeugung, stark gefallen, und er fällt noch weiter, während der Kraftverbrauch infolge der allgemeinen Mechanisierung der Anlagen zunimmt. Früher entnahm man den Dampf zum Kochen und zum Trocknen sowie den Dampf für Kraftzwecke gesondert den Kesseln. Etwa 1905 kamen die ersten Anzapfmaschinen für den Trockendampf — 3 at abs — in Betrieb, und nach dem Kriege wurde auch mit Anzapfdampf von höheren Drücken — 8 at abs — und unter Verwendung von Ruths-Speichern gekocht. Daraus entstand die sogenannte „Zellstoffturbine", eine Kondensations-Dampfturbine mit zwei Anzapfungen bei 3 und bei 8 at abs, die in besonderen Fällen auch als Gegendruck-Anzapfturbine für 3 at abs Gegendruck und 8 at abs Anzapfdruck ausgebildet wurde.

Aber auch aus der Fabrikation heraus kam eine Verminderung des Dampfverbrauchs; der Bedarf an Kochdampf sank durch stärkeres Füllen des Kochers mit Holz,

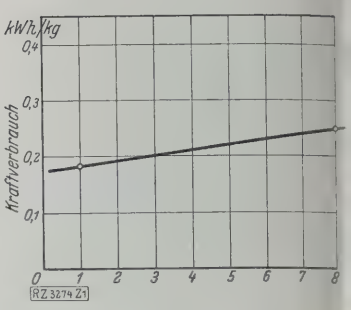



**Abb. 1** Kraftverbrauch für 1 kg Zellstoff, lufttrocken.

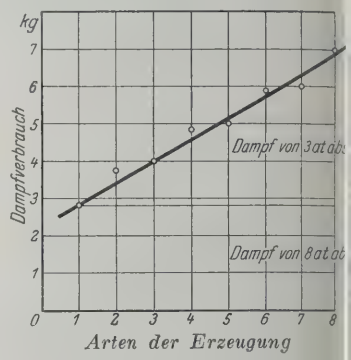



**Abb. 2** Verbrauch an Fabrikationsdampf für 1 kg Zellstoff, lufttrocken.

Arten der Erzeugung:
1 nur naß, ungebleicht
2 „ „ mit Spritfabrik
3 „ „ gebleicht
4 „ trocken, ungebleicht
5 „ naß, gebleicht mit Spritfabrik
6 nur trocken, ungebleicht mit Spritfabrik
7 nur trocken, gebleicht
8 „ „ „ mit Spritfabrik

wobei man weniger Lauge zu erwärmen hatte und d Kocher trotzdem höhere Ausbeute lieferte, so daß si der Bedarf für 1 kg Erzeugung aus zwei Gründen e mäßigte. Man ist ferner dazu übergegangen, die Frisc lauge durch Abwärme mehr oder weniger vorzuwärme was ebenfalls eine oft sehr erhebliche Verminderung d Bedarfs an Kochdampf ergibt. Bei hoher Vorwärmu der Frischlaugen kam man auf 2 kg Kochdampfve brauch für 1 kg Zellstoff, während der Wert früher üb 3 kg lag.

Beim Dampfverbrauch für das Trocknen erreicht m dadurch wesentliche Ersparnis, daß man den Stoff mech nisch in der Pressenpartie wesentlich höher vortrockn so daß er schon mit 45 vH Trockengehalt, in den nor schen Staaten infolge der Verwendung von Hochdruc pressen oft mit noch höherem Gehalt, in die Trocke partie einläuft.

Beim Bleichen bringt die jetzt allgemein in der Ei führung begriffene sogenannte Dickstoffbleiche od Hochkonzentrationsbleiche nach *Thorne* — man kom von etwa 1 kg auf 0,3 kg Dampfverbrauch für 1 kg Ze stoff — aus zwei Gründen wesentliche Dampfersparn Der eine Grund ist, daß man hochkonzentrierten Zellst mit rd. 20 vH Trockengehalt und nicht wie beim Blei holländer mit rd. 7 vH Trockengehalt bleicht, also nic soviel Wasser mit zu erwärmen braucht. Der andre Gru ist, daß der Bleichprozeß bei niedrigeren Temperatur nämlich bei 25 bis 30 ° statt bei 45 ° verläuft, was au eine wesentliche Schonung des Zellstoffes bedeutet. D Hauptvorteil dieser Hochkonzentrations-Turmbleic nach *Thorne* liegt natürlich auf fabrikationstechnisch Gebiet insofern, als es einen Zellstoff mit besseren ch mischen und physikalischen Fasereigenschaften liefe

Noch etwa im Jahre 1900 rechnete man in gut gelei ten Werken mit einer auf Kohle bezogenen Wärmemen von 7000 bis 9000 kcal auf 1 kg trockenen ungebleicht Zellstoff, während man heute in den wärmetechnisch besten durchgebildeten Werken unserer Industrie mit d Hälfte, also etwa 4500 kcal/kg, auskommt. Dabei geht Möglichkeit des Einsparens von Dampf auch in der Z kunft weiter, während der Kraftverbrauch, wenn au langsam, steigen dürfte. Beim Entwurf von neuen Dam kraftanlagen in Zellstoff-Fabriken, in denen man f immer den ganzen Kraftbedarf im Gegendruckbetri herauswirtschaften kann, muß man daher auf diese V hältnisse Rücksicht nehmen, damit man auch später r der Anlage auskommt.

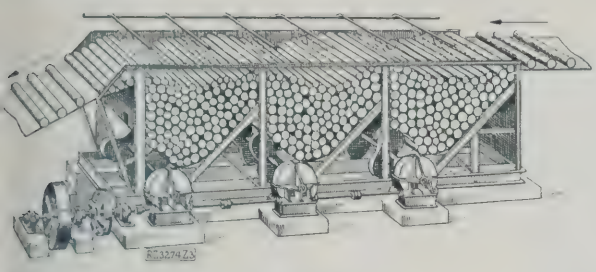


Abb. 3
Thorne-Entrindungsmaschine.

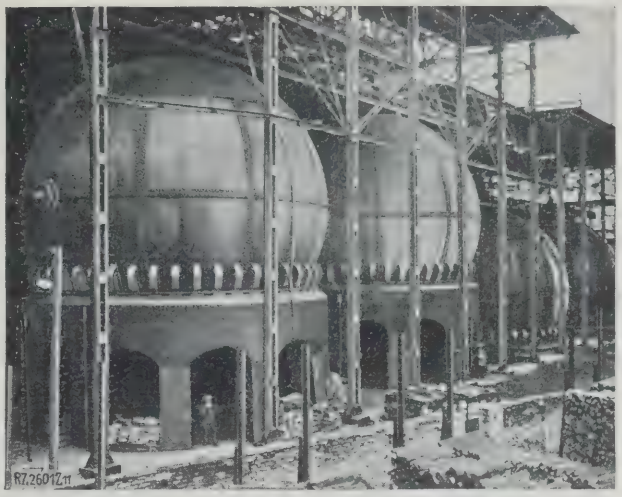


Abb. 4
Kugeldruckbehälter zum Anwärmen der Frischlauge mit Kochereiabwärme.

Heute liegen die Möglichkeiten der Dampfersparnis eniger auf der Seite der Dampferzeugung und der rafterzeugung, wo die Möglichkeiten schon ziemlich rschöpft sind, sondern meist auf der Seite der Fabriation; hier — beim Kochen, Trocknen, Bleichen, in er Spiritusfabrik, in der Frischlaugen-Aufbereitung und ı der Ablaugen-Eindampfanlage — kann durch planäßige Weiterarbeit noch viel Wärme gespart werden.

Daraus ergibt sich, daß der Ingenieur, der in der ellstoffabrik Wärmewirtschaft treiben will, innig mit er Fabrikation vertraut sein und die Vorgänge der rzeugung durch langjährige Übung kennen muß. Värmewirtschaft muß aus der Fabrikation heraus gerieben werden; nur dann wird sie fruchtbar sein.

Die Schwankungen im Dampfbedarf, die hauptsächch vom Kochereibetrieb herrühren, gleicht man vielıch durch Ruths-Speicher aus, von denen in Zellstoffbriken viele verwendet werden. In neuester Zeit entchen jedoch dem Ruths-Speicher in der Kohlenstaubuerung und in den Zonenwanderrosten, die schnell nd in einfacher Weise erlauben, Druckschwankungen im essel auszugleichen, verbunden mit den selbsttätigen skania-Feuerungsreglern, sehr ernste Mitbewerber, zuıal man den Wanderrost für den Kessel nicht entbehren ann, auch wenn man für die Beschaffung des Ruthspeichers sehr erhebliche Summen aufwendet. Kohlenaubfeuerungen kommen nur für die größten Betriebe nserer Industrie in Frage.

Einige Neuerungen aus der letzten Zeit:

### Die Thorne-Schälmaschine

Eine unerwünschte und lästige Zugabe für jeden esselhausbetrieb in Zellstoff- und Papierfabriken sowie ı Holzschleifereien ist das Verfeuern der Schälspäne us den Holzputzereien. Beim Schälen des Holzes mit lessern oder Fräsern fallen 7 bis 12 vH der ursprüngchen Menge als Schälverlust an. Dabei bestehen nur 1. 1 bis 2 vH wirklich aus Rinde oder Bast, alles andre st Holz, das dann im Kesselhaus verbrannt wird.

In Zellstoffabriken führt sich neuerdings eine laschine ein, bei der das Holz durch die Reibung der olzprügel gegeneinander unter dem Druck der Holziule geschält wird, s. Abb. 3. Durch diese Art des chälens werden die Verluste auf 1 bis 2 vH herabgerückt; also wird eine große Menge von Holz der Zellofferzeugung erhalten, die bis jetzt im Kesselhaus verrannt wurde; zugleich werden die Kesselhäuser entastet, da man jetzt nur einen Bruchteil der früheren lenge an Schälspänen zu verfeuern braucht, die vorer getrocknet wird. Da früher an Schälspänen in gröeren Zellstoffabriken 20 bis 30 t täglich verfeuert urden, gestaltet sich der Kesselhausbetrieb einfacher. uch die Feuergefahr in den Kesselhäusern wird wesentch geringer. Der Hauptvorteil der Thorne-Schälmaschine egt natürlich auf fabrikatorischem Gebiet und besteht ı der anerkannt großen Holzersparnis.

### Stehende Trockenpartien

Die heute üblichen Trockenpartien mit zwei Zylinderreihen übereinander nehmen sehr viel Grundfläche ein, die, besonders wenn es sich um Vergrößerungen von alten Fabriken handelt, nicht immer zur Verfügung steht. Man hat daher neuerdings stehende Trockenpartien eingeführt, die aus drei oder mehr Zylindern an senkrechten Gestellen bestehen und zugleich sehr günstige Möglichkeiten für den Abzug der Schwaden bieten.

### Fidalgo-Trockenverfahren

Man trocknete bisher Zellstoffe in endloser Bahn bei nahezu 100 ° auf Trockentrommeln. Ein neueres Verfahren, das sich auch in Großbetrieben, besonders in Amerika, eingeführt hat, besteht darin, den Zellstoff in der Form von Flocken zu trocknen, die bei niedrigerer Temperatur, rd. 40 bis 50 °, durch große Kanäle geführt werden.

Als Vorteil dieses Verfahrens wird die schonendere Behandlung der Faser angesehen, weil keine so hohe Trockentemperatur angewendet wird wie bei der Zylindertrocknung; ferner soll sich der Zellstoff in Flockenform im Holländer der Papierfabrik leichter auflösen lassen. Die Versuche mit diesem Verfahren sind aber noch nicht abgeschlossen.

### Be- und Entlüften der Trockenpartien

Unter Belüften ist die Zufuhr der für das Verdunsten und für die Aufnahme des Dampfes notwendigen Luft, unter Entlüften die Abfuhr der mit Wasserdampf beladenen Luft zu verstehen. Es handelt sich hierbei um große Mengen von Luft und Wasser. Eine Maschine, die täglich 40 t Zellstoff entwässert, also noch keine große Maschine, verdampft rd. 40 t Wasser in 24 h oder 1700 kg/h. Zur Aufnahme des Dampfes muß man etwa 40 000 m³/h Luft in den Maschinenraum einführen, aber auch hinausbefördern.

Solange die Erzeugung der Fabriken klein war, überließ man die Belüftung mehr dem Zufall; zum Entlüften benutzte man Ventilatoren. In Erkenntnis der Wichtigkeit der Belüftung geht man aber heute planmäßig vor. Man führt in die Räume unter der Maschine Luft ein, man bläst ferner nach dem Grewin-Verfahren hochgespannte Druckluft zwischen die Zylinder. Namentlich zwischen den Trockenzylindern, da, wo der Abzug durch die Zellstoffbahn selbst gehindert ist, bilden sich oft so dichte Schwadennester, daß man garnicht durchsehen kann.

An solche Stellen legt man neuerdings nach dem sehr aussichtsreich scheinenden Asten-Lüftverfahren langsam umlaufenden Walzen, die schraubenförmige Schlitze haben. Unter ganz geringem Druck bläst man Luft in die Schwadenräume; diese Schwaden werden durch die Luft aufgenommen, die, mit Wasserdampf gesättigt, nach links und rechts aus der Maschine herausgedrückt wird.

Für das Entlüften der Trockenpartien, also das Abführen des Dampf-Luft-Gemisches, haben sich statt der

früheren Ventilatoren, nach *Schreider* Kamine von sehr großem Querschnitt — mehreren Quadratmetern im Grundriß — eingeführt, die über der Trockenpartie angeordnet werden. Die Erfindung geht von der richtigen Erkenntnis aus, daß man sehr große Luftmengen mit möglichst kleinen Geschwindigkeiten abführen soll.

Bei allen bisherigen Entlüftungen fehlte aber etwas: die Wiederausnutzung der sehr großen Wärmemengen in den Schwaden. Allerdings wird diese Wärme unter ungünstigen Umständen dargeboten, 50 ° bei starken Luftbeimengungen, die zur Ausnutzung wenig ermuntern. Vor allem einer schwedischen und auch amerikanischen Firma ist es gelungen, verhältnismäßig kleine Wärmeaustauscher zu bauen, die die Schwadenwärme zur Erwärmung neuer Frischluft ausnutzen. Die schwedische Firma hat bis jetzt über 100 Trockenpartien für Papiermaschinen und über 50 Trockenpartien für Zellstoffentwässerungen mit solchen Wärmeaustauschern ausgerüstet, hauptsächlich in den nordischen Staaten.

Die Schwadenausnutzung erhöht die Leistungsfähigkeit der Trockenpartien und spart den Dampf, der sonst für die Lufterwärmung verbraucht wird. Dabei kann man so große Luftmengen erwärmen, daß man die Warmluft nicht nur zum Belüften der Maschine und zur Deckenheizung, sondern auch zum Heizen andrer Räume verwenden kann. In Deutschland sind solche Anlagen fast garnicht zu finden, was in Anbetracht der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu bedauern ist.

### Anwärmen der Frischlauge

Frischlauge vor dem Kochen mittels Abwärme der Kocherei auf rd. 60 bis 70 ° vorzuwärmen, bietet wesentliche Vorteile, besonders Kürzung der Ankochzeit und Dampfersparnis. Das Anwärmen auf so hohe Temperaturen muß aber unter rd. 6 at abs erfolgen, da sonst die schwefelige Säure aus der Lauge abgeschieden würde. Da es sich um sehr große Mengen handelt, braucht man zum Anwärmen große, säurefest ausgemauerte Druckbehälter, Abb. 4.

Als Abwärme dient hier hauptsächlich die Wärme der Abgase der Kocher und des beim Entspannen der Kocher freiwerdenden Dampfes. Die Druckbehälter sind zugleich gute Laugenwärmespeicher. Allerdings sind solche Anlagen, die nach dem Verfahren der Zellstoff-Fabrik Waldhof von der Lurgi G. m. b. H. hergestellt werden, noch sehr teuer, so daß man sich heute noch meist damit begnügt, mit Frischdampf auf 35 bis 40 ° anzuwärmen, was auch schon Vorteile bringt.

### Ablauge-Verarbeitung

Die Versuche, die Ablauge großzügig zu verwerten, haben trotz vieler Arbeit noch zu keinem durchschlagenden Erfolg geführt. Da die aus dem Holz abgeschiedenen Stoffe, Harze, Lignine usw., in der Ablauge mit sehr viel Wasser vermischt sind — der Trockengehalt der Ablauge beträgt 10 vH — so ist jede Verwertung der Ablauge eng mit dem Eindampfproblem verbunden. Wirtschaftliche Lösungen hierfür bieten die Brüdenverdichtung nach Escher, Wyß & Co[1]) mittels Kreiselverdichtern oder nach Genseke-Lurgi[2]) mittels Strahlgebläsen. Wesentliche Hindernisse für die Anwendung dieser Verfahren bildeten bisher die Ansätze, die die Ablaugen an den Heizflächen erzeugen. Neuerdings sind aber auch hierbei wesentliche Fortschritte erzielt worden. [B 3274]

[1]) *Wirth*, Z. Bd. 65 (1921) S. 1183.
[2]) *Gensecke*, Z. Bd. 67 (1923) S. 249.

## Franz Reuleaux

Zum hundertsten Male jährt sich in diesen Tagen der Geburtstag eines der großen Schöpfer der deutschen technischen Wissenschaften: am 30. September 1829 wurde in Eschweiler bei Aachen *Franz Reuleaux* als vierter Sohn des Maschinenfabrikanten *Johann Joseph Reuleaux* geboren[1]). Sein Großvater väterlicherseits war als „Kunstmeister" aus Lüttich in das Eschweiler Kohlengebiet berufen worden, auch der Vater seiner Mutter, der Bergwerksdirektor *H. Graeser sen.*, war Techniker.

So wählte auch *Franz Reuleaux*, nachdem er die Elementarschule der Stadt Stolberg bei Aachen und die Höhere Evangelische Stadtschule in Koblenz besucht hatte, das Maschinenbaufach. Unterricht in dessen Anfängen sowie im Maschinenzeichnen, Mathematik und Mechanik erteilte ihm sein Stiefvater, Obering. *E. F. Scholl*. Von 1846 bis 1850 war er in der Maschinenfabrik seines 1832 verstorbenen Vaters tätig, die sein Oheim, *H. Graeser jun.*, übernommen hatte. Hier wurde er zuerst im Konstruktionsbüro, dann mit der Aufstellung von Maschinen beschäftigt.

Während dieser praktischen Tätigkeit suchte sich *Reuleaux* durch Privatstudien die Kenntnisse anzueignen, die zum Besuch einer Polytechnischen Schule notwendig waren. Von 1850 bis 1852 besuchte er, angezogen durch *Redtenbachers* Schriften, die Großherzogliche Polytechnische Schule in Karlsruhe. Schon hier regte sich *Reuleaux'* schriftstellerisches Talent. Gemeinsam mit seinem Studienfreunde *C. L. Moll* gab er eine „Konstruktionslehre für den Maschinenbau" heraus, deren erster Band 1854 erschien. Durch dieses Werk wurde man auf *Reuleaux* aufmerksam und so wurde er 1856 an das Eidgenössische Polytechnikum in Zürich als Professor der mechanisch-technischen Abteilung berufen. Gemeinsam mit *Gustav Zeuner* wirkte er dort acht Jahre lang und ließ während dieser Zeit eine größere Anzahl wissenschaftlicher Arbeiten in verschiedenen Zeitschriften erscheinen. 1861 erschien auch sein Buch „Der Konstrukteur", das er seinem Freunde und Amtsgenossen *Gustav Zeuner* widmete.

Am 1. Oktober 1864 folgte *Reuleaux* einem Ruf an das Gewerbeinstitut in Berlin als Professor für Maschinenbaukunde und wurde 1867 zum Direktor der inzwischen zur Gewerbeakademie erhobenen Anstalt ernannt. Am 1. April 1879 wurde die Gewerbeakademie mit der Bauakademie zur Technischen Hochschule vereinigt, wobei *Reuleaux* zum Prorektor und Vorstand der Abteilung für Maschineningenieurwesen ernannt wurde. Sowohl die Preußische Regierung als auch die Reichsregierung entsandten *Reuleaux* wiederholt zu großen Ausstellungen. Besonders bekannt geworden ist seine Tätigkeit auf der Weltausstellung in Philadelphia 1876, wo er der deutschen Industrie in seinen „Briefen aus Philadelphia" die kräftigen Worte „billig und schlecht" zurief, die damals einen Sturm der Entrüstung hervorriefen. Heute geht aber die Ansicht dahin, daß sie, zu rechter Zeit ausgesprochen, die segensreichsten Folgen gehabt haben. Auch auf den Weltausstellungen in Sidney (1879) und Melbourne (1881) war *Reuleaux* Vertreter des Reiches und verband mit den Reisen dorthin Abstecher nach Indien und Neuseeland, über die er in Büchern und Aufsätzen berichtete.

Lebhaft beteiligt war *Reuleaux* an der Schaffung eines einheitlichen Patentgesetzes und nach Gründung des Patentamtes fünf Jahre lang dessen nicht ständiges Mitglied. 1886 wurde er Sachverständiger in dem Ausschuß, der vom Reichskanzler zur Vorbereitung der Änderung des Patentgesetzes einberufen wurde.

Schon während seiner Züricher Lehrtätigkeit hatte *Reuleaux* seine kinematischen Grundgesetze ausgearbeitet und 1875 den ersten Band seines „Lehrbuches der Kinematik" erscheinen lassen, worin er „die theoretische Kinematik" darstellte. Er wurde dadurch der Gründer eines neuen Zweiges der technischen Wissenschaften, mit dem sein Name für alle Zeiten verknüpft sein wird. Nachdem *Reuleaux* 1896 seine Lehrtätigkeit an der Berliner Technischen Hochschule beendet hatte, ließ er 1900 als zweiten Band „Die praktischen Beziehungen der Kinematik zu Geometrie und Mechanik" folgen, der als dritten Abschnitt die Studie „Kinematik im Tierreich" enthält. Dem Erscheinen eines dritten abschließenden Bandes hat *Reuleaux* Tod ein Ziel gesetzt. Er starb am 20. August 1905 in Berlin. Sieben Jahre nach seinem Tode wurde ihm von seinen Freunden und Schülern im Park der Technischen Hochschule Berlin ein Denkmal gesetzt[2]), das die Inschrift trägt: „Franz Reuleaux, dem Forscher und Lehrer, Ergründer des Zusammenhangs der Technik mit Wissenschaft und Leben".

Berlin [N 3538] *Fr. Haßler*

[1]) Die Technische Hochschule Berlin und der Verein deutscher Ingenieure werden nach Beginn des Wintersemesters am 11. November 1929 in einem Festakt und einer wissenschaftlichen Tagung dieses Ereignis feiern.

[2]) Gedenkrede bei der Enthüllung des Denkmals, s. Z. Bd. 57 (19[illegible] S. 162.

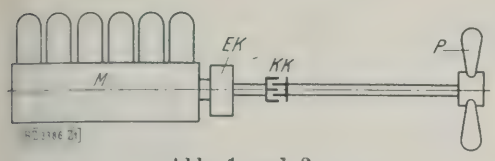
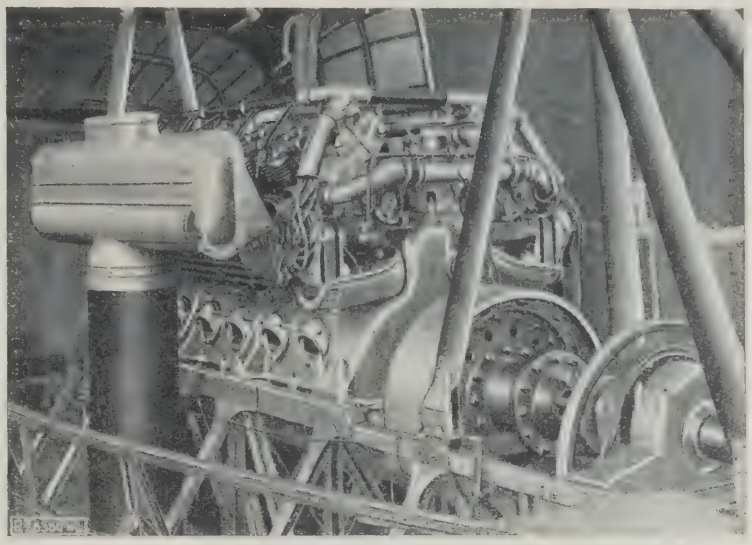



Abb. 1 und 2
Die untersuchte Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin“.

*M* Zwölfzylinder-Benzinmotor *KK* Klauenkupplung
*EK* elastische Kupplung *P* Propeller



# Untersuchungen an der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin“

Von *Prof. Dr.-Ing. H. THOMA, Karlsruhe*

*Das Versagen der Triebwerkanlage des Luftschiffes auf der zweiten Amerikafahrt beruht auf dem unerwarteten Auftreten heftiger Verdrillungs-Schwingungen der Motor- und Propellerwellen, die durch eine geringe, vor der Fahrt im Mai d. J. vorgenommene Versteifung der nachgiebigen Kupplung zwischen Motor und Propeller heraufbeschworen wurden. Beschreibung der Hochfrequenzmeßeinrichtungen, die zur Aufnahme der Verdrillungsbilder von Kurbel- und Propellerwelle im vollen Laufe dienten. Abhilfe durch Veränderung der Kupplung und ihrer Schwungmasse.*

## Rückblick

Das Luftschiff „Graf Zeppelin“ hatte seit seiner Inbetriebsetzung, im Oktober 1927, im ganzen 22 Fahrten ohne erhebliche Betriebstörung an der Maschinenanlage ausgeführt und dabei im ganzen fast 50 000 km zurückgelegt. Die fünf, je in eine Gondel eingebauten zwölfzylindrigen Luftschiffmotoren, die von den Maybach-Werken gebaut waren, sind dabei etwa 500 Betriebstunden bei einer Durchschnittsleistung von je rd. 400 PS gelaufen; die Höchstleistung jedes Motors, die nur gelegentlich in Anspruch genommen wird, beträgt 550 PS.

Nachdem gerade die Maschinenanlage des Luftschiffs sich in dieser Weise durchaus bewährt hatte, war es besonders erstaunlich, daß bei der im Mai unternommenen Amerikafahrt schon kurz nach der Ausreise, nämlich nach 8 und 11 Betriebstunden, wobei die Motoren nicht anders als sonst beansprucht wurden, zwei Motoren infolge schwerer Störungen ausfielen und das Luftschiff zur Rückkehr zwangen. Auf der Rückreise fielen dann bekanntlich noch zwei weitere Motoren aus, so daß schließlich das Luftschiff nur noch mit dem letzten Motor den schützenden Luftschiffhafen bei Toulon erreichen konnte.

Schon die oberflächliche Betrachtung dieses Vorgangs lehrt, daß wahrscheinlich vor der letzten Ausreise Veränderungen mit der Maschinenanlage vor sich gegangen sein mußten, was allein zu diesem fast verhängnisvollen Versagen der Maschinenanlage führen konnte; denn selbst wenn man glauben sollte, daß nach 500 Betriebstunden derartige Motoren allgemein infolge der Ermüdungserscheinungen in etwa überbeanspruchten Bauteilen unbrauchbar werden, so wäre es doch auch von diesem Standpunkt unfaßbar, daß diese Störungen bei allen Motoren in so kurzen Zeitabständen einander folgten. Übrigens wurde nachträglich festgestellt, daß auch der fünfte und letzte, vor der letzten Ausreise neu eingesetzte Motor, der demnach überhaupt nur kurze Zeit im Betrieb stand, eine beginnende Störung, ähnlich wie die anderen Motoren, zeigte und jedenfalls nicht mehr lange hätte aushalten können, da der Anbruch schon fast die Hälfte des in Frage kommenden, tragenden Querschnittes ergriffen hatte.

## Beschreibung der Maschinenanlage

Das Luftschiff trägt in fünf unterhalb des Luftschiffkörpers frei aufgehängten Gondeln fünf gleichartige Maschinen, deren Anordnung aus Abb. 1 ersichtlich ist. In Fahrtrichtung zuvorderst liegt der Zwölfzylinder-Viertaktmotor für Benzin-Benzolgemisch- oder Triebgasbetrieb[1]), bei dem je zwei Zylinder paarweis in V-Anordnung auf eine Kröpfung der sechsfach gekröpften und im ganzen siebenmal gelagerten Kurbelwelle wirken.

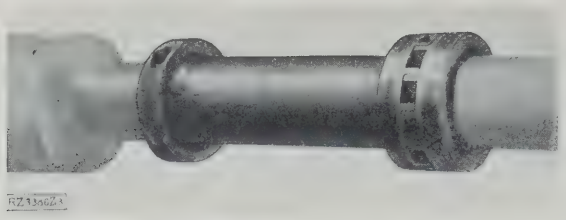
Kurbel- und Pleuellager sind Rollenlager einer von den Maybach-Werken in langjähriger Arbeit selbst entwickelten und bewährten Bauart. Im übrigen ist auch die Motorkonstruktion schon langjährig erprobt, und es war bekannt, daß solche Motoren mehrere tausend Betriebstunden ohne wesentliche Instandsetzungen und auch ohne auffällige Ermüdungserscheinungen auszuhalten pflegen.

[1]) Vergl. *Sturm*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 37 S. 1303.

Als bei der Amerikafahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“ im Mai 1929 bekannt wurde, daß in wenigen Stunden nacheinander vier Maybach-Motoren durch Bruch außer Betrieb gesetzt wurden, sprach man sofort von Resonanzerscheinungen; auffallend war, daß die Brüche an vier Motoren von verschiedenem und bereits ziemlich hohem Betriebsalter ungefähr gleichzeitig auftraten. Der Luftschiffbau Zeppelin und die Maybach-Motoren-Werke wandten sich an Prof. Dr.-Ing. *H. Thoma*, Karlsruhe, dessen Verfahren zum genauen Aufzeichnen von Wellendrehmomenten durch die Veröffentlichung in dieser Zeitschrift gerade bekannt geworden war, die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt Berlin-Adlershof (DVL) entsandte mehrere ihrer Mitarbeiter, und die Versicherungsgesellschaften beauftragten Prof. Dr.-Ing. *Kutzbach*, Dresden, mit dem Studium der auffallenden Erscheinung. Mit aller Beschleunigung wurden zunächst die elektrischen Meßgeräte von *Thoma* an einem Maybach-Motor angebaut, um alle Betriebzustände, in denen sich die Motoren auf dem Prüfstand oder im Luftschiff jemals befunden haben konnten, auf kritische Drehzahlen und auf die Höchstbeanspruchungen der Wellen bei verschiedenen Drehzahlen zu prüfen.

Die DVL hatte mit dem bekannten Torsiographen von Dr.-Ing. *J. Geiger* umfangreiche Erfahrungen gesammelt in Messungen bei hohen Drehzahlen und auf leichten Fundamenten und wurde vom Luftschiffbau Zeppelin veranlaßt, Parallelversuche mit dem *Geigerschen* Gerät vorzunehmen. Die miteinander gut übereinstimmenden Ergebnisse der Untersuchungen nach *Thoma* und *Geiger* sowie eingehende Berechnungen, die nebenher angestellt wurden, führten schließlich zu einer einwandfreien Anordnung der Triebwerkanlage in einer aufgehängten Gondel; diese wurde dann auf sämtliche Gondeln übertragen und in der Fahrt mittels des Geiger-Geräts nachgeprüft. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind von allgemeinster Bedeutung. Prof. Dr.-Ing. *H. Thoma* hat mit Genehmigung des Luftschiffbau Zeppelin den hier veröffentlichten Bericht über seine Untersuchungen mit Hilfe seines elektrischen Meßverfahrens verfaßt. Die DVL veröffentlicht heute einen ausführlichen Bericht über ihre Untersuchungen mittels des Torsiographen von *Geiger* und die Schlüsse, zu denen sie gelangt ist, in der Zeitschrift für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 20 (1929) Heft 18.

Die Schriftleitung.



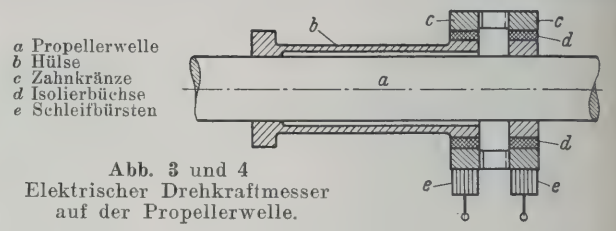



**Abb. 3 und 4**
Elektrischer Drehkraftmesser auf der Propellerwelle.

Die Kurbelwelle trägt am rückwärtigen Ende eine gleichzeitig als Schwungrad dienende elastische Kupplung, deren Schwungmasse knapp ein Drittel der gesamten Schwungmasse der Kurbelwelle einschließlich der an jeder Kröpfung angeordneten Gegengewichte beträgt. Die eigentliche Kraftübertragung auf die etwa 90 mm dicke und rd. 1500 mm lange Propellerwelle übernehmen nachgiebige, im allgemeinen mit Vorspannung eingesetzte Pakete von Schraubenfedern. Die Kupplung, die im wesentlichen den im Elektro-Lokomotivbau üblichen Kupplungen[1a]) gleicht — die dort üblichen Reibungsbremsen fehlen hier jedoch —, ist in Abb. 2 zu erkennen. Außerdem ist in die Propellerwelle eine Klauenkupplung eingesetzt, damit man die Luftschrauben bei Stillsetzen eines Motors leer im Luftstrom mitlaufen lassen kann. Die Schwungmasse jedes Propellers ist etwa dreimal so groß wie die gesamte Motorschwungmasse einschließlich Kupplung.

Die Maschinenanlage ist daher, was ihre Zusammensetzung und damit die möglichen Schwingungserscheinungen angeht, wesentlich verwickelter als diejenige eines gewöhnlichen Flugzeugs, woselbst üblicherweise die Kurbelwelle starr den dort das Schwungrad ersetzenden Propeller trägt. Im übrigen war bekannt, daß vor der abgebrochenen Fahrt nur scheinbar nebensächliche, fast nur als betriebsmäßige Instandhaltung anzusehende Arbeiten an der Kupplung vorgenommen worden waren, nämlich die Beseitigung des im Laufe der Zeit angewachsenen Spiels der Kupplung und das Verstärken der Vorspannung ihrer Schraubenfedern.

### Meßverfahren

Bei dieser Sachlage schien es angebracht, das neue Meßverfahren des Verfassers[2]) zur Untersuchung der Triebwerkanlage heranzuziehen. In der Hauptsache sei daher auf die frühere Veröffentlichung verwiesen und nur erwähnt, daß dieses vom Verfasser schon seit Jahren bei ortfesten Maschinen zur Aufklärung von Schwingungserscheinungen verwendete Verfahren die Kapazitätsänderung zweier in einen hochfrequenten Kreis eingeschalteter Meßplatten benutzt; die durch den Abstand der Platten beeinflußten Hochfrequenzschwingungen werden nach Gleichrichtung und Verstärkung einem Oszillographen zugeführt, der ein schnellschreibendes elektrisches Meßgerät mit photographischer Aufzeichnung ist. Schwingungserscheinungen mechanischer Art bis zu gewöhnlichen Schallfrequenzen, die meist als Höchstwerte auftreten, können hiermit ohne Verschleppung oder Verzerrung aufgezeichnet werden, was bei mechanischer Aufzeichnung wegen der trägen Massen des Schreibzeugs nicht möglich ist.

### Drehkraftmessung in der Propellerwelle

Im vorliegenden Falle wurde dieses Meßverfahren in erster Linie benutzt, um die Drehmomente der mit etwa 1500 U/min betriebenen Propellerwelle möglichst nahe an der Kupplung aufzuzeichnen. Die hierfür benutzte Einrichtung ist aus Abb. 3 und Abb. 4 ersichtlich: Auf der Propellerwelle ist eine zweiteilige Hülse derart aufgeklemmt, daß ihr linkes Ende fest mit der Welle zusammenhängt, während sie sonst unter leichter Reibung auf der Welle gleitet. Sie trägt rechts unter Zwischenlage einer isolierenden Fiberbüchse einen Zahnkranz, der in einen zweiten Zahnkranz eingreift. Letzterer ist unter Vermittlung einer isolierenden Büchse auf die Welle geklemmt. Die Zähne der beiden Zahnkränze greifen nun zwar unsymmetrisch, aber allseits mit Spiel ineinander, so daß sich bei einer relativen Verdrehung der Zahnkränze die Kapazität der Zähne gegeneinander ändert. Werden nun über Schleifringe die Zahnkränze an die Hochfrequenzeinrichtung angeschlossen, so gelingt es ohne weiteres, die Kapazitätsänderung dieser Zahnkränze und damit die Verdrillung des von der Hülse erfaßten Stückes der Propellerwelle aufzuzeichnen.

Diese Einrichtung bedarf aber noch einiger Vorkehrungen, damit man den Oszillographen als Drehmomentmesser[3]) unmittelbar eichen kann. Zunächst kann man durch Belasten des stillstehenden Propellers mit Gewichten an gemessenen Hebellängen eine Beziehung zwischen Drehmoment und Stromstärke oder Angabe des Oszillographen aufstellen. Diese unmittelbare Eichung ist aber so umständlich, daß sie nicht häufig wiederholt werden kann, außerdem erfordert sie Stillstand der Maschine. Anderseits ist eine regelmäßige Nachprüfung der Hochfrequenzeinrichtung erwünscht, weil langsame Veränderungen in den Meßkreisen, z. B. durch Entladen der Batterien vorkommen können und diese daher des öfteren, womöglich sogar nach jeder Aufnahme, nachgeprüft werden müssen. Dies wurde nun dadurch ermöglicht, daß ein Eichkondensator mit unveränderlicher Kapazität durch Druck auf eine Taste dem Drehmomentmesser parallel geschaltet werden konnte. Der entsprechende Ausschlag ließ sich zum fortlaufenden Überwachen der Meßeinrichtung verwenden, und da die durch ihre Kapazität wirkende, eigentliche Meßeinrichtung auf der Propellerwelle außerordentlich kräftig und unveränderlich hergestellt werden konnte, ließ sich hiermit nach nur einigemal wiederholter Gewichteichung eine zuverlässige Aufnahme des Drehmoments erzielen.

### Verdrillungsmessung an der laufenden Kurbelwelle

Außerdem wurde die Verdrillung der Kurbelwelle des Motors unmittelbar gemessen. Die entsprechende Versuchseinrichtung ist in Abb. 5 und 6 dargestellt. Die Kurbelwelle trägt hierbei beiderseits zwei Aluminiumscheiben mit je dreißig Zähnen; diese laufen mit mäßigem Luftabstand zwischen je zwei feststehenden metallischen Zahnkränzen, die ebenfalls dreißig Zähne tragen. Die feststehenden Zahnkränze sind isoliert und in der angedeuteten Weise in einen Hochfrequenz-Meßkreis eingefügt. Die Zahnteilungen sind bei den umlaufenden und feststehenden Zahnkränzen so gewählt, daß die rechteckigen Lücken etwa ebenso groß wie der verbleibende, nahezu rechteckige Zahn sind.

Sind die beiden Zahnscheiben auf der Kurbelwelle während des Motorlaufs so gegeneinander versetzt, daß das eine System dem andern etwa um eine Viertel Zahnteilung voreilt, so ergeben sich während des Laufes Schwankungen der Gesamtkapazität, welche sich bei jedem Vorübergang eines Zahnes in gleicher Größe wiederholen, solange die Kurbelwelle unverdrillt bleibt. Bei Verdrillung der Kurbelwelle in dem einen Sinn werden die Kapazitätsschwankungen größer, bei Verdrillung im umgekehrten Sinn kleiner. Bei der oszillographischen Aufzeichnung vereinigen sich die einzelnen, entsprechend der Zahnfrequenz schnell aufeinander folgenden Kapazitätsschwankungen zu einem fast kontinuierlichen Bande, dessen Breite als Verdrillungsmaß dient.

### Einige Meßergebnisse

Ein mit dieser Einrichtung aufgenommenes Verdrillungsdiagramm der Kurbelwelle zeigt Abb. 7, bei mäßig schnellem Anlauf der Maschinenanlage einschließlich des Propellers von 900 bis 1500 U/min. Letztere ist die

[1a]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 20 S. 683.
[2]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 19 S. 639.

[3]) *Föttinger* nennt die entsprechende mechanische Einrichtung „Torsionsindikator“.

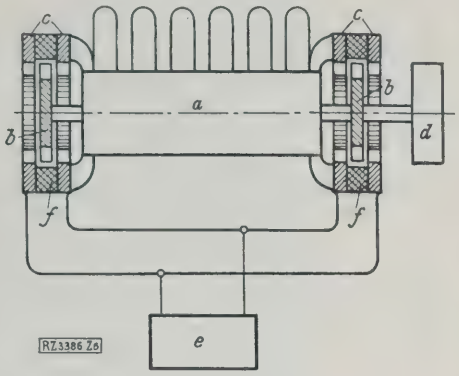
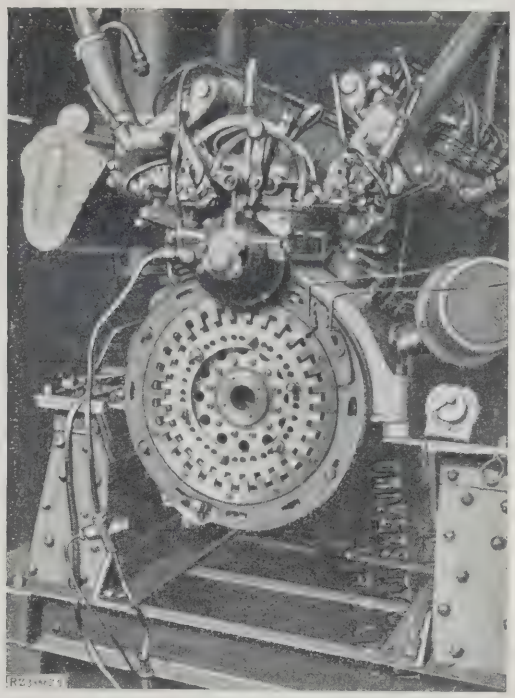



Abb. 5 und 6
Elektrischer Verdrillungsmesser für die Kurbelwelle.

Motor
Zahnscheibe (auf beiden Enden der Kurbelwelle)
Zahnkränze (feststehend)
Schwungrad
Hochfrequenzsender
Isolierung



öchste Drehzahl bei äußerster Kraft. In diesem Diaramm, das einen guten Überblick über die vielgestaligen Schwingungszustände der Kurbelwelle bei den verchiedenen Drehzahlen gibt, ist die Breite des Bandes in Maß für die Verdrillung der Kurbelwelle. Man sieht eutlich, wie, bei 900 U/min beginnend und allmählich teigend, eine Schwingungsbewegung mit 1½ Schwingunen je Umlauf der Kurbelwelle auftritt. Jeder Umlauf er Kurbelwelle ist durch die Marke, am oberen Rande es Bildes bezeichnet, während der Zeitmaßstab durch ie mitaufgenommene Bewegung einer Stimmgabel von 0 Hertz angedeutet ist. Bei 1050 U/min lagert sich über iese Verdrillungsschwingungen der Kurbelwelle eine eitere heftige Verdrillungsschwingung mit je 4½ Peioden je Umlauf der Kurbelwelle. Von 1360 bis 1420 /min, dem meist gebrauchten Betriebsdrehzahlbereich, itt die gleiche Schwingung, überlagert der Grundwelle, ieder auf, jetzt aber mit 3½ Schwingungen je Umlauf er Kurbelwelle. Bei der anscheinend unbedeutenden ersteifung der Kupplung, die vor der Fahrt vorgenommen orden war, zeigten sich diese Schwingungen als beonders heftig.

Die mit dieser Einrichtung festgestellten Verdrilngsschwingungen der Kurbelwelle sind besonders eimtückisch, weil sie sich nach außen kaum irgendwie, wa durch Erschütterungen des Motors, bemerkbar achen, obwohl sie, nach der Größe der Verdrillung zu chließen, zu erheblichen Überbeanspruchungen des Maials führen müssen.

Bei dem gleichen Betriebzustand an der Propellerelle aufgenommene Drehmomentbilder zeigen Abb. 8 is 11. Auch hier treten dieselben Schwingungen von ½ bzw. 3½ Perioden je Umlauf der Welle auf. Außerm sind aber noch verschiedene schnellere Schwingunen ersichtlich, die als Oberwellen zu betrachten sind. arallelversuche auf dem Prüfstand unmittelbar an der Wasserbremse[4]) mit nachgiebiger, stark gedämpfter Kupplung zeigten, daß dort wenigstens in dem ziemlich engen Betriebsbereich der Drehzahl infolge Fehlens der Oberwellen die Schwingungsbilder wesentlich ruhiger waren.

### Nachweis der Eigenschwingungen zur grundsätzlichen Deutung der Meßergebnisse

Der Klarstellung der Schwingungszustände diente ferner eine auf dem Prüffeld der Maybach-Motorenwerke aufgebaute Meßanordnung, Abb. 12. An dem fest auf das Vorderende der Kurbelwelle aufgesetzten Tragkörper des Schwingungsdämpfers wurde ein starker Draht befestigt und über eine Rolle mit einem Kranhaken angespannt. Wenn man den Propeller oder auf dem Prüfstand das Schwungrad unter Einschaltung eines elastischen Zwischengliedes, dessen Nachgiebigkeit ungefähr den Eigenschaften der Propellerwelle mit Kupplung entspricht, festhält und den angespannten Draht

[4]) Die Wasserbremse hat große Schwungmassen, ähnlich wie der Propeller, auch ihre Kennlinie (Abhängigkeit des Drehmoments von der Drehzahl) ist ähnlich. Wesentlich ist hier der Wegfall der verdrillungsfähigen Propellerwelle und die Lage der Betriebsdrehzahlen in einem Wellental der hauptsächlichsten Oberwellen.

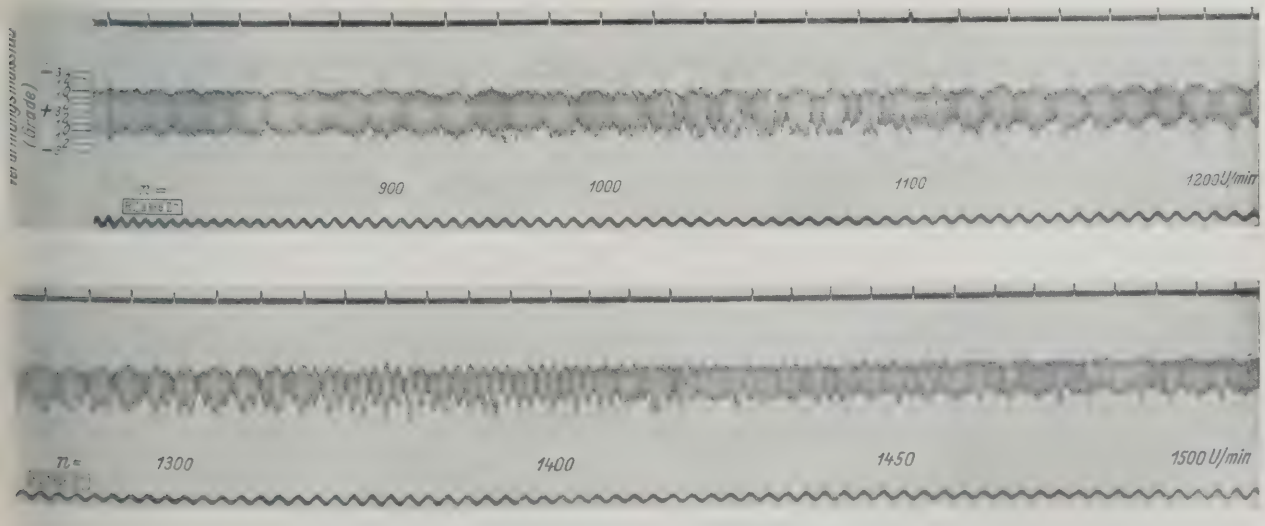



Abb. 7. Verdrillungsdiagramm der Kurbelwelle.

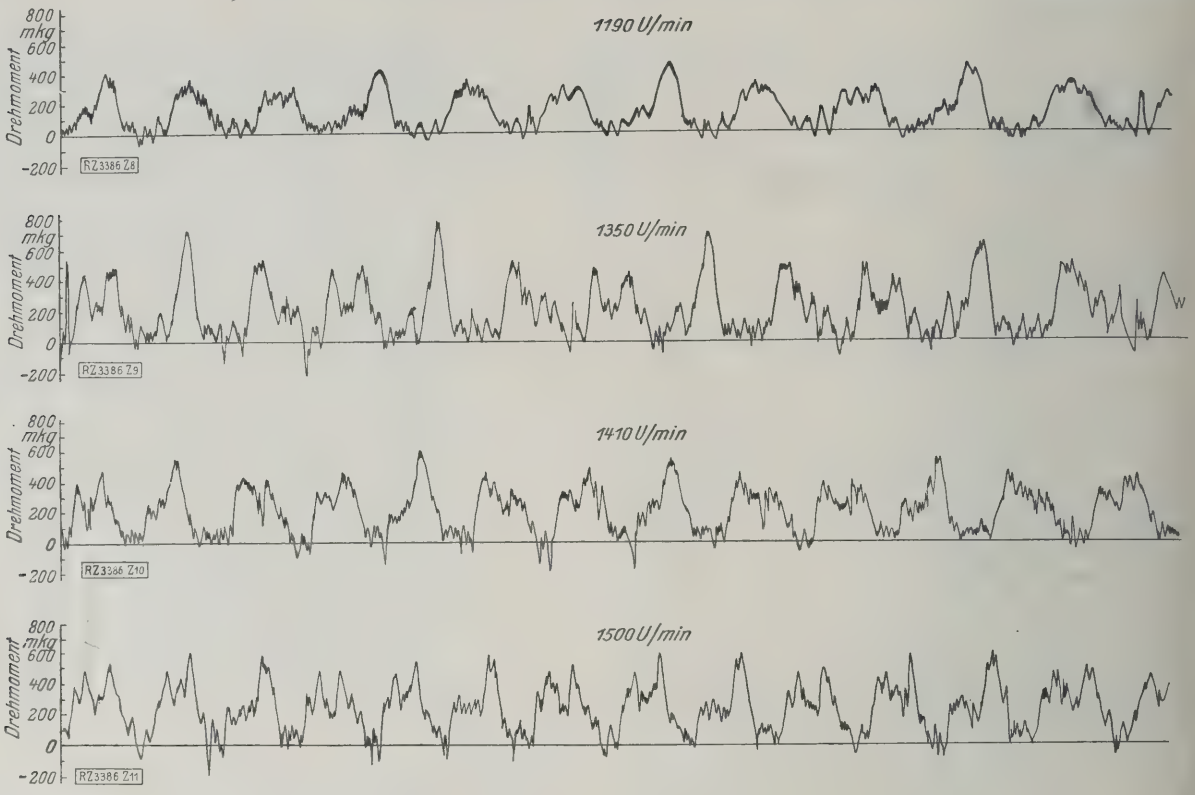



**Abb. 8 bis 11**
Drehmomentbilder der Propellerwelle bei 1190, 1350, 1410 und 1500 U/min.

mit der Kneifzange zerschneidet, so entsteht eine Schwingung der Kurbelwelle, die man mittels der auf dem Bild ersichtlichen Kondensatorplatten messen kann; eine Kondensatorplatte ist am Motorgehäuse befestigt, während die andere auf einem steifen, mit dem vorderen Ende der Kurbelwelle zusammenhängenden Hebel sitzt.

Für diesen Versuch mußte ein Motor mit abgenommenen Zylindern benutzt werden, da sonst die bei Stillstand der Maschine voll als Dämpfung der Schwingung wirkende Kolbenringreibung diese Messung unmöglich gemacht hätte. Die hiermit feststellbare Grundschwingung der Anlage, bei der der Schwingungsknoten in unmittelbarer Nähe des eine große Schwungmasse darstellenden Propellers liegt, hat je nach der Einstellung der elastischen Kupplung etwa 1900 Schwingungen in der Minute.

Lehrreich war insbesondere die experimentelle Ermittlung der Frequenz der ersten Oberschwingung; das Schwungrad wurde unter Zuhilfenahme einer Kupplungsklaue einseitig gegen einen auf die Grundplatte aufgesetzten Stahlstab abgestützt, der nach Anspannen des später abzutrennenden Drahtes unter die Wirkung einer starken Feder gesetzt wurde, so daß er nach dem Abkneifen des Drahtes schnell nach der Seite herausflog und so der Kurbelwelle das Schwingen in vollständig freiem Zustand ermöglichte. Die Frequenz der hierbei hauptsächlich erregten ersten Oberwelle beträgt etwa 4500 in der Minute[5]); der Schwingungsknoten ist gemäß der Verteilung der umlaufenden Massen etwa an dem Wellenzapfen zwischen der zweiten und dritten Kurbelkröpfung, von der Kupplung gezählt, zu erwarten.

Diese beiden Schwingungsformen entsprechen offenbar den im Diagramm am deutlichsten auftretenden Schwingungen der Triebwerkanlage, vergl. Abb. 13 und 14. Weitere Oberschwingungen, z. B. mit 11 000, 21 000 und noch mehr Schwingungen in der Minute sind in den Oszillogrammen vielfach erkennbar. Auch diese lassen sich, wenigstens zum Teil, mit entsprechenden Vorkehrungen auf dem Prüffeld erzeugen.

[5]) Auf dem Prüfstand ergaben sich wegen des Zusatzgewichts der Kupplungsklaue etwas niedrigere Werte; im Betriebzustand kann dagegen die Steifigkeit der Kupplung je nach der Bemessung der Propellerwelle einen gewissen Einfluß auf diese Frequenz ausüben.

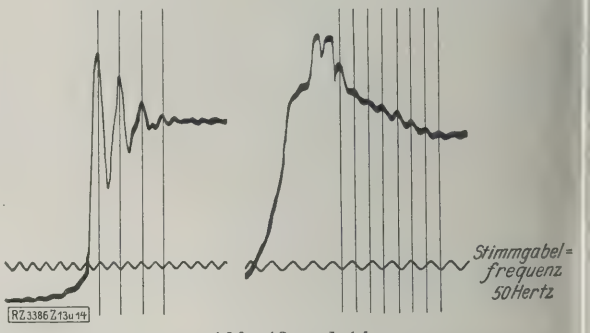
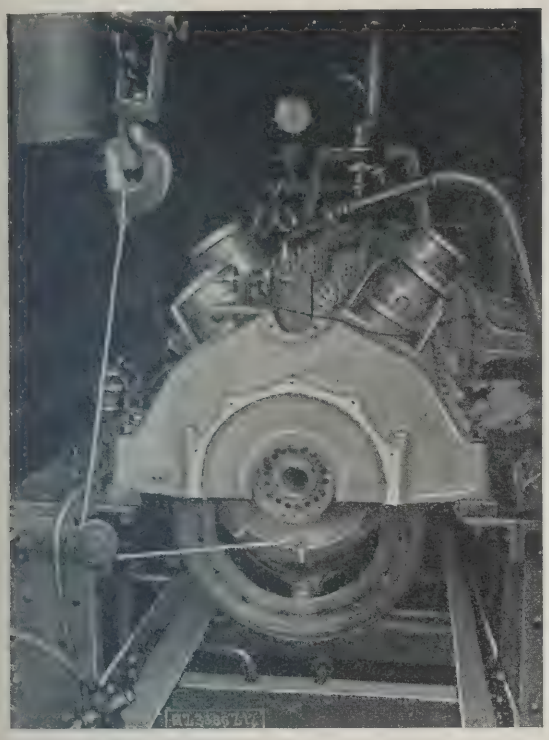



**Abb. 13 und 14**
Grundschwingung und erste Oberschwingung der Maschinenanlage.

**Allgemeine Beurteilung der Schwingungsbilder**

Im ganzen sind also die Schwingungsbilder de artiger Anlagen recht verwickelt und vielgestaltig. Di ist auch an sich gar nicht anders zu erwarten. Für di Beurteilung der schwingungserregenden Kräfte komm nicht das beim Zwölfzylinder-V-Motor sehr günstige Ta gentialkraftdiagramm in Frage, sondern ein umgerech netes Diagramm, worin der Tangentialdruck jedes Z linders mit anderm Gewicht je nach seinem Abstand v einem Schwingungsknoten erscheint. Diese für Grun welle und jede weitere Oberwelle verschiedenartige Diagramme sind sehr vielgestaltig, so daß Schwingung impulse wohl für jede ganz- oder halbzahlig mit de Kurbelwellenumlauf verknüpfte Frequenz vorliege

Die halbzahligen Frequenzen rühren hier daher, da beim Viertaktmotor der Steuerwellenumlauf oder zw Umläufe der Kurbelwelle die Grundperiode des rege mäßig zündenden Motors darstellen. Jeder dieser zah reichen Schwingungsimpulse könnte dabei grundsätzlic mit jeder Schwingungsmöglichkeit der Anlage, vor alle auch mit der Grundwelle und der ersten und zweite Oberwelle, in Resonanz treten. Die bei der abgebrochene Fahrt bei 1350 U/min kräftig auftretende Oberwelle, d dort 3½ Schwingungen je Kurbelumlauf zeigt (3½ · 13



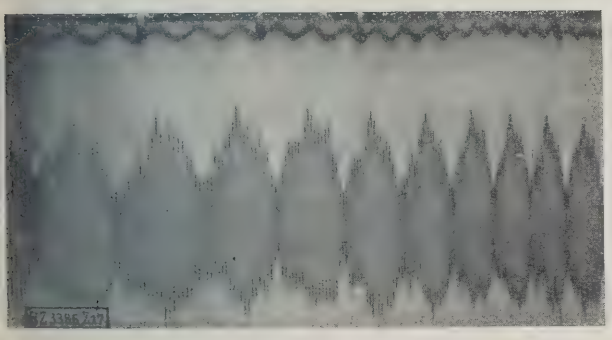


**Abb. 15**
Verdrillungsschwingungen der Kurbelwelle infolge von Zündstörungen.

= 4700 ist die minutliche Frequenz dieser Schwingung für lordverhältnisse), tritt auch bei 1050 U/min mit 4½ chwingungen je Umlauf auf (4½ · 1050 wieder ≈ 4700).

Weitere Verwicklungen ergeben sich daraus, daß die upplung teils Spiel, teils Vorspannung der Federn aufeist. Das Spiel läßt gelegentlich die Grundschwingung it wesentlich niedrigerer Frequenz bei kleinen Amplinden auftreten. Beide Einflüsse bewirken die sonderare Erscheinung, daß vielleicht gerade die heftigen chwingungen erst nach irgendeinem äußeren Anstoß, nd dann gleich sehr kräftig, auftreten.

Es handelt sich also bei der Luftschiffanlage nicht m einfache harmonische Schwingungen mit ihren allekannten einfachen Gesetzen, sondern um verwickeltere chwingungsformen, deren rechnerische Beherrschung ur angenähert möglich ist. Außerdem sieht man häufig toßerregungserscheinungen, die ebenfalls die gewöhnchen, auf stationären Schwingungsbildern fußenden echnungen ausschließen.

### Der Schwingungsdämpfer

Die Maybach-Motorenwerke rüsten alle ihre Motoren chon seit Jahren mit einem Schwingungsdämpfer aus. ieser besteht aus einem mittels Reibung mitgenommenen chwungkranz am vorderen freien Ende der Kurbelwelle, er in Abb. 12 in gelöstem Zustand zu sehen ist. Gerät ine mit diesen Schwingungsdämpfern versehene Kurbel-

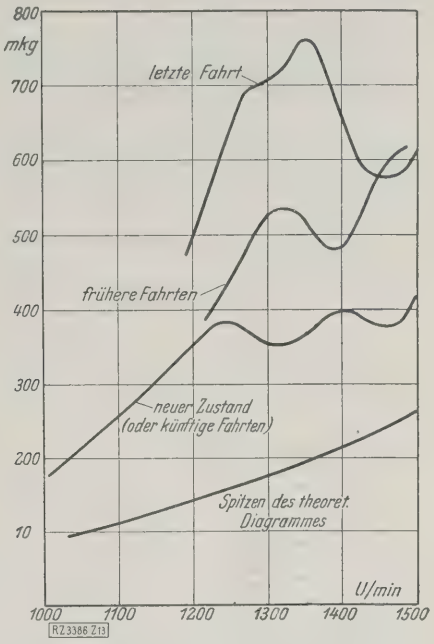



**Abb. 12**
Messung der Eigenschwingung des Luftschiffmotors.

**Abb. 16**
Drehmomentspitzen in der Propellerwelle.

welle in einfache, etwa harmonische Schwingung, so übt der Schwingungsdämpfer, wenn er genügende Masse und passende Reibungskräfte hat, Kräfte auf die schwingende Welle aus, die mit Bewegungsumkehr der Welle von positiven auf negative Werte und umgekehrt springen und hierdurch die Schwingungen dämpfen. Diese Dämpfungskräfte lassen sich zeitlich durch Rechteckkurven darstellen.

Der Schwingungsdämpfer kann also im allgemeinen solche einfachen Schwingungsformen günstig beeinflussen. Wenn er dabei in erster Linie diejenige Schwingung abdämpft, bei welcher die Schwingungsgeschwindigkeit oder das Produkt von Amplitude und Frequenz am größten ist, so erfaßt er damit auch gleichzeitig diejenigen Schwingungen, welche die größten Zusatzbeanspruchungen ergeben. Der mit Reibungsschluß arbeitende Schwingungsdämpfer kann aber offenbar nicht alle Schwingungen gleichzeitig und gleich gut abdämpfen; er darf daher nur als Hilfsmittel zweiter Ordnung betrachtet werden, und die Betriebsdrehzahl der Anlage muß aus dem Resonanzgebiet für die wichtigsten Schwingungsimpulse herausverlegt werden.

### Meßergebnisse und erzielte Verbesserungen

Bei der Beurteilung der vorliegenden Meßergebnisse ist zu berücksichtigen, daß das unverzögerte Aufzeichnen der Drehmomentspitzen usw. sehr viel mehr zutage fördert, als dies bei rasch laufenden Maschinen, insbesondere bei stoßartiger Erregung der Schwingung mit den bisherigen rein mechanischen Meßmethoden möglich war. Übrigens müssen derartige Anlagen auch sehr heftige Stöße, die durch Aussetzen von Zylindern ausgelöst werden, Abb. 15, vorübergehend ertragen.

Um eine Übersicht über das Verhalten der Anlage, das demnach recht verwickelt ist, zu ermöglichen, wurden die einzelnen Schwingungsbilder, im ganzen mehrere hundert Oszillogramme, in der Weise ausgewertet, daß die Scheitelwerte der Beanspruchung festgestellt und miteinander verglichen wurden. Am übersichtlichsten ist die Darstellung nach Abb. 16, die in Abhängigkeit von der Motordrehzahl die Drehmomentspitzen in der Propellerwelle darstellt. Hinzugefügt ist eine Kurve, die das Propellerdrehmoment, vermehrt um die Spitzen des natürlichen Tangentialdruckdiagrammes, darstellt. Man sieht hieraus, daß die Zustände bei den früheren Fahrten zwar auch schon reichlich hohe Beanspruchungen ergaben, daß aber das Nachstellen der nachgiebigen Kupplung vor der abgebrochenen Fahrt im Mai zu einer außerordentlichen Steigerung der Beanspruchung führte. Hieraus ergaben sich nämlich Spitzenwerte des Drehmoments bis etwa 800 mkg und mehr, die eine ungeheure Überlastung des Triebwerks bedeuteten.

Durch zweckentsprechende Wahl der Verhältnisse gelang es, einen Zustand zu schaffen, der noch sehr viel besser ist, als bei den ersten Fahrten vor dem Nachspannen der Kupplungsfedern. Hierzu war es nötig, die Schwungmasse der Kupplung zu verkleinern, so daß das früher mitten im Betriebsgebiet gelegene Resonanzgebiet für die erste, im allgemeinen am leichtesten auftretende Oberwelle aus diesem Gebiet herausgerückt wurde.

Es bleibt mir noch die Pflicht, meinen Mitarbeitern, insbesondere Dipl.-Ing. *Rolli*, Karlsruhe, auch hier meinen Dank auszusprechen.

**Zusammenfassung**

Das unerwartete Versagen der Triebwerkanlage des Luftschiffes, die sich bei zahlreichen früheren Fahrten als zuverlässig erwiesen hatte, ist auf heftige, durch Versteifen der nachgiebigen Kupplung zwischen Motor und Propeller veranlaßte Verdrillungsschwingungen zurückzuführen. Die Hochfrequenzmeßeinrichtung gestattete, die Verdrillung der Kurbel- und Propellerwelle während des Laufes oszillographisch aufzunehmen, und hieraus ergaben sich Schwingungsbilder, die als Übereinanderlagerung einer langsameren Grundschwingung und mehrerer schnellerer Oberschwingungen betrachtet werden können. Verlagern und Dämpfen der Grundschwingung war durch Veränderung der Nachgiebigkeit und Eigenreibung der Kupplung möglich, während durch Verkleinern ihrer Schwungmasse die Oberwellen so verlegt wurden, daß die Anlage jetzt im Betriebsbereich verhältnismäßig günstige Beanspruchungen aufweist. [B 3386]

# Durchbildung der Kolben für Kraftwagenmotoren

In einer kürzlich herausgegebenen Druckschrift[1]) behandelt Prof. *G. Becker*, Charlottenburg, gestützt auf Versuche, die z. T. mit Mitteln des Reichsverkehrsministeriums durchgeführt wurden, die betriebstechnischen Grundlagen für die Durchbildung von Kolben für die Motoren von Personenkraftwagen, deren Arbeitsbedingungen hinsichtlich der Betriebstemperaturen besonders ungünstig sind; damit liefert er auch einen sehr wertvollen Beitrag zur Aufklärung der Vorgänge, die die Betriebseigenschaften solcher Kolben beeinflussen.

Die Schwierigkeit der Bedingungen, unter denen Kolben von Automobilmotoren zu arbeiten haben, beruht insbesondere darauf, daß sich ihre Betriebstemperaturen und die Betriebstemperaturen der zugehörigen Zylinder in verschiedenem Grad ändern; während nach früheren Messungen der Zylinder, der durch Wasser gekühlt wird, bei der höchsten Belastung im Mittel eine Temperatur von 110 ° erreicht, sich also im Betrieb gegenüber dem Ruhezustand bei gewöhnlicher Außentemperatur höchstens um 110—15 = 95 ° erwärmt, erwärmen sich Gußeisenkolben, wie gleichfalls aus früheren Messungen bekannt ist, in den führenden Teilen der Schäfte um 135 °, Leichtmetallkolben infolge ihrer besseren Wärmeleitfähigkeit nur um 115 °. Die Folge hiervon ist, daß sich das Spiel der Kolben in den Zylindern je nach der Wärmebelastung des Motors ändert. In Übereinstimmung mit Versuchen an Gleitlagern bei gleichbleibender Temperatur kann man annehmen, daß das Laufspiel zwischen Kolben und Zylinder von üblicher Größe (70 bis 80 mm Dmr.) 0,05 mm betragen soll; ist das Kolbenspiel kleiner, so neigen die Kolben zum Fressen, ist es größer, so machen die Kolben namentlich bei langsamem Leerlauf Geräusch, da sie im Augenblick des Zündens um die Kolbenbolzen kippen und gegen die Zylinderwände schlagen.

[1]) Leichtmetallkolben. Betriebstechnische Grundlagen für die Durchbildung der Kolben. Bericht der Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge der Technischen Hochschule Berlin. Berlin 1929, M. Krayn. 48 S. m. 24 Abb. Preis geh. 5 *RM*.

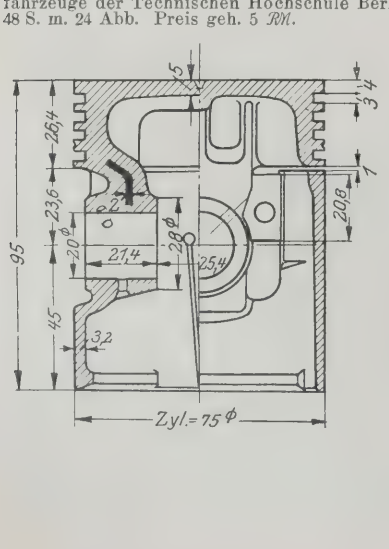



**Abb. 1** Aluminium-Invar-Kolben (Bonalite) für einen Adler-Motor.

In welchem Maß aber das Kolbenspiel durch die Betriebstemperaturen verändert wird, war bisher noch nicht bekannt. Durch genaue Messungen an Zylindern und Kolben hat *Becker* diese Lücke ausgefüllt. Auf Grund seiner Messungen an Zylindern von Adler-, Buick- und Protos-Motoren beträgt die mittlere Wärmeausdehnungszahl eines Motorzylinders rd. $110 \cdot 10^{-7}$. Hiernach vergrößert sich ein Zylinder von 79,38 mm Dmr. bei der höchsten Erwärmung, die im Betrieb vorkommt, um $95 \cdot 110 \cdot 10^{-7} \cdot 79{,}38 = 0{,}083$ mm. Allerdings sind die Wärmeausdehnungen nicht an allen Stellen des von den Brenngasen bespülten Zylinderraumes gleich, da sich der obere Teil des Zylinders stärker als der untere erwärmt und auch z. B. die Ausbildung der Flanschen eine Rolle spielt.

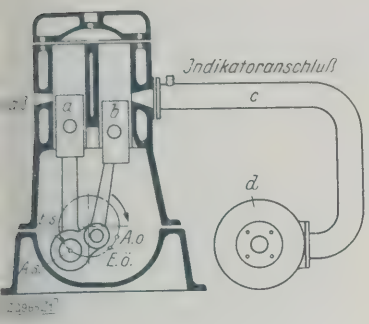
Noch größere Unterschiede der Wärmeausdehnung treten an verschiedenen Stellen der Motorkolben auf. An Gußeisenkolben des Buick-Motors wurden z. B. zwischen 2 und 250 ° folgende Wärmeausdehnungszahlen bestimmt: im flachen Kolbenboden $127 \cdot 10^{-7}$, im ganzen Kolbenschaft $111 \cdot 10^{-7}$, unter dem Kolbenbolzen $136 \cdot 10^{-7}$. Dagegen hätte die Ausdehnungszahl an keiner Stelle des Kolbens $77 \cdot 10^{-7}$ übersteigen dürfen, wenn das ursprüngliche Kolbenspiel von 0,05 mm auch bei der Erwärmung des Kolbens bis auf 135 ° unverändert bleiben sollte. Damit also der Kolben nicht frißt, muß sein Spiel bei 15 ° an dem führenden Schaftteil

$$0{,}05 + \underbrace{135 \cdot 111 \cdot 10^{-7} \cdot 79{,}38}_{\text{(Wärmeausdehnung des Kolbens)}} - \underbrace{95 \cdot 110 \cdot 10^{-7} \cdot 79{,}38}_{\text{(Wärmeausdehnung des Zylinders)}} = 0{,}087 \text{ mm}$$

betragen. Für Kolben von 70 mm Dmr. aus Alusil beträgt dieses Spiel 0,126 mm im oberen und 0,113 mm im unteren Teil des Kolbenschaftes. Bei so großem Spiel läßt sich auch das Kolbengeräusch nicht mehr vermeiden. Lynite-Kolben mit schräg geschlitztem Schaft, die durch das federnde Nachgeben des Schaftes diesen Mangel vermeiden, erzeugen dagegen erhöhte Eigenreibung des Motors, solange das Einbauspiel nicht 0,12 bis 0,14 mm beträgt, und nutzen sich, wie die Fahrversuche bewiesen haben, verhältnismäßig schnell ab.

Seit einiger Zeit ist eine Bauart von Leichtmetallkolben in Gebrauch, bei der Teile des Schaftes durch eingegossene Streben aus Stahl mit 35 bis 36 vH Nickelgehalt ersetzt sind, Abb. 1. Die Wärmeausdehnungszahl dieses Stahls beträgt nur rd. $30 \cdot 10^{-7}$. Messungen an solchen Kolben zwischen 30 und 130 ° ergaben im oberen Teil des Kolbenschaftes nur Wärmeausdehnungszahlen von $80 \cdot 10^{-7}$ bis $100 \cdot 10^{-7}$, also Werte, die gestatten, das Einbauspiel bei allen Betriebstemperaturen unverändert aufrecht zu erhalten. Sie sind also geeignet, die Laufeigenschaften solcher Motoren erheblich zu verbessern.

Im Anschluß an diese Untersuchungen sei auf die Bedeutung der inneren Verluste hingewiesen, die bei diesen Motoren ganz allgemein auftreten. Durch Messungen an einem Horch-Motor hat *Becker* ermittelt, daß bei 3000 U/min und mittelflüssigem Mineralöl von 45 °C durch die Reibung in den drei Hauptlagern 2,2 PS, in Steuerung und Ölpumpe 1 PS, in Pleuellagern und Kolben 6,4 PS und an den 12 Kolbenringen 1,4 PS verbraucht wurden. Da diese Reibungsarbeit in Wärme umgewandelt wird, trägt sie nicht wenig zum Überhitzen des Motors bei. [M 3234] Dr. *Heller*




# Spülung und Aufladung bei Zweitaktmotoren

*Von Dipl.-Ing. ERNST STIER, Nürnberg*

*An Versuchsergebnissen wird gezeigt, wie man unter Verzicht auf den üblichen am Zylinder sitzenden Aufnehmer bei Zweitaktmotoren durch Einschalten einer entsprechend bemessenen Spülluftleitung zwischen Zylinder und Aufnehmer an die Stelle der Gleichdruckspülung eine Spülung mit steigendem Druckverlauf setzen und die Energie der Spülluft zum wirksamen Nachladen ausnutzen kann.*

Abb. 1
Doppelkolbenmotor der U-Zylinderbauart.
*a* voreilender Kolben *b* nacheilender Kolben *c* Spülluftleitung *d* Aufnehmer

n allgemeinen erfolgt die Spülung der Zweitaktmotoren entweder bei sinkendem Druck der Spülluft, e bei der üblichen Kurbelkastenspülung, oder unter t gleichbleibendem Spüldruck, wenn unmittelbar vor n Zylinder ein reichlich bemessener Aufnehmer gealtet ist. Mit Rücksicht auf einen wirbelfreien Verf der Spülung bemißt man den Spüldruck in der Regel rhältnismäßig niedrig, so daß auch bei Gleichdruckilung und entsprechend gesteuertem Einlaß die Mögkeit des Nachladens von Luft aus dem Aufnehmer ch beendigter Spülung beschränkt ist. Die Aufladeluft rennt zu erzeugen und zuzuführen, geht aber auf sten der Einfachheit der Anlage.

Unter Beibehaltung des üblichen Aufnehmerdrucks nn man jedoch das Nachladen beträchtlich steigern, wenn n zwischen Zylinder und Aufnehmer eine Spülluftleiug von geeigneten Abmessungen einbaut. Das wechnde Beschleunigen und Verzögern der Luftsäule in ser Leitung ruft bedeutende Druckschwankungen am Zylindereinlaß hervor. Ist die Leitungslänge auf die Motordrehzahl richtig abgestimmt, so verläuft die Spüng unter s t e i g e n d e m Druck. Bei Beginn des Schlitzes ist der Druck am Zylindereinlaß geringer als r Aufnehmer, gegen Ende der Spülung dagegen wesentn höher. Die sanft einsetzende Spülung begünstigt die gestrebte Schichtung von Verbrennungsgasen und Spülft und die nachfolgende Drucksteigerung ergibt eine öhte Füllung, ohne den Gütegrad der Spülung zu beträchtigen.

Versuche dieser Art habe ich an einem Doppelkolbenrtor der U-Zylinderbauart, Abb. 1, durchgeführt. Die Unterschiede in der Bewegung der beiden Kolben ermögchen bekanntlich[1]) die Ein- und Auslaßschlitze in günstiger Weise zu steuern. Zuerst öffnet der voreilende Kolben *a* den Auslaß, wenn sich der Kurbelzapfen bei A.ö. befindet. Bei E. ö. gibt der nacheilende Kolben *b* die Einlaßschlitze frei. Bei A. s. wird der Auslaß, bei E. s. der Einlaß wieder geschlossen.

An der Einmündung der in ihrer Länge veränderlichen Spülluftleitung *c* wurden vom Verlauf der Spüldrucke Schwachfederdiagramme aufgenommen. Außerdem wurde der jeweilige Aufnehmerdruck $p_1$ sowie der Enddruck $p_2$ der Verdichtung im Zylinder gemessen. Diese Drücke sind in Abb. 2 in Abhängigkeit von der Länge $l$ der Leitung zwischen Aufnehmer und Zylinder dargestellt. Der Durchmesser der Leitung sowie die Drehzahlen des fremd angetriebenen Motors und des in den Aufnehmer *d* fördernden Kapselgebläses blieben dabei unverändert.

Die Enddrücke der Verdichtung steigen hiernach mit zunehmender Länge der Leitung und erreichen offenbar etwa bei $l = 2500$ mm ihren Höchstwert. Die Drücke im Aufnehmer bleiben zunächst nahezu gleich und werden erst zuletzt verhältnismäßig schnell höher. Beide Drücke würden in diesem Gebiet noch stärker steigen, wenn nicht der volumetrische Wirkungsgrad $\eta_v$ des Gebläses bei wachsendem Aufnehmerdruck beträchtlich abnehmen würde. Von einer genauen Ermittlung der Höchstwerte wurde Abstand genommen, da sie für die praktische Verwertung der Meßergebnisse nicht notwendig war.

[1]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 1302.

Zum Verständnis der Schwachfederdiagramme, Abb. 3 bis 10, sei vorausgeschickt, daß die Leitung *c* zwei hintereinander liegende Zylinderpaare I und II spült und auflädt, deren Kurbelzapfen um 180 ° versetzt sind. Die Luftsäule in dieser Leitung wird also während einer Umdrehung der Kurbelwelle zweimal beschleunigt und verzögert. Die Spül- und Ladevorgänge, E. ö. I bis E. s. I und E. ö. II bis E. s. II, beanspruchten rd. 110 ° Kurbelwinkel, die Spülpausen E. s. I bis E. ö. II und E. s. II bis E. ö. I entsprechend je rd. 70 ° Kurbelwinkel. Während Abb. 3, 5, 7 und 9 den Verlauf der Spüldrücke in Abhängigkeit vom Kolbenweg darstellen, sind in Abb. 4, 6, 8 und 10 der besseren Übersicht halber diese Drücke in Abhängigkeit vom Kurbelwinkel aufgetragen.

Der Aufladedruck, der jedesmal bei E. s. durch Verzögern der strömenden Luftsäule am Zylindereinlaß entsteht, nimmt innerhalb der Versuchsgrenzen mit zunehmender Leitungslänge $l$ zu und liegt in jedem Fall wesentlich über dem Druck im Aufnehmer. Sein Höchstwert müßte entsprechend der Kurve der Verdichtungsdrücke $p_2$, Abb. 2, bei $l = 2500$ mm zu suchen sein. Da dem Aufladedruck am andern Ende der Luftleitung der praktisch gleichbleibende, jedoch niedrigere Aufnehmerdruck gegenübersteht, so entsteht hierdurch eine pendelnde Bewegung der Luftsäule während der anschließenden Spülpause, wobei am Zylindereinlaß wechselnde Druckausschläge auftreten.

Bei sehr kurzer Leitung sind diese Druckschwankungen entsprechend klein, so daß man von Gleichdruckspülung sprechen kann. Dagegen ergeben sich schon bei $l = 940$ mm, Abb. 3 und 4, und einem Aufladedruck von 0,42 at lebhafte Schwingungen. Die Luftsäule führt während der Spülpause ziemlich genau eine Doppelschwingung aus, so daß bei Freigabe der Spülschlitze durch den Kolben *a* am Zylindereinlaß gerade eine Drucksteigerung eingetreten ist. Die Spülung beginnt mit verhältnismäßig hohem Druck. Durch das Abströmen nach dem Zylinder und gleichzeitiges Zurückpendeln der Spülluftsäule nach dem Aufnehmer hin fällt dann der Druck bis auf null, um während der restlichen Spülung wieder anzusteigen. Dieser Verlauf ist nicht günstig.

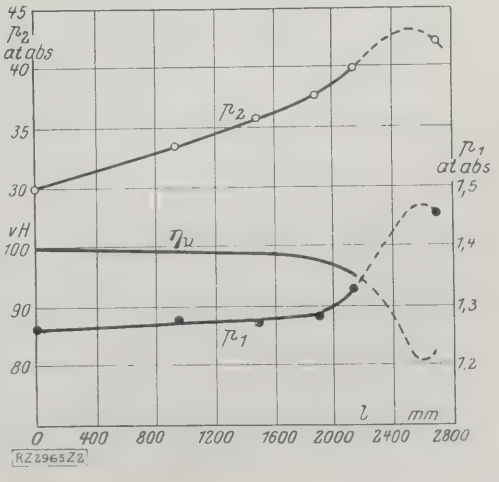
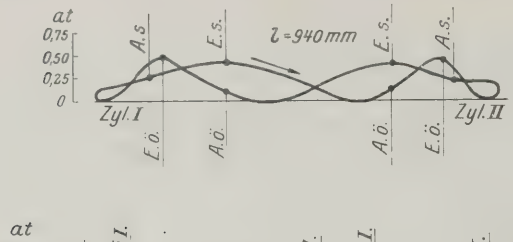



Abb. 2 Aufnehmerdruck $p_1$, Verdichtungsdruck $p_2$ und volumetrischer Wirkungsgrad $\eta_v$ in Abhängigkeit von der Länge $l$ der Spülluftleitung.



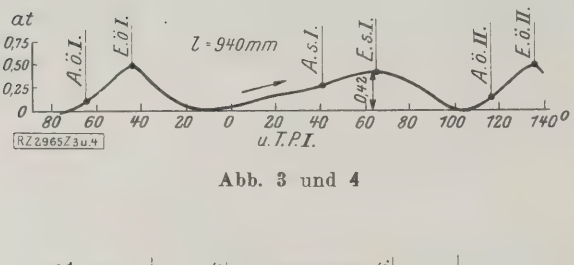




Abb. 3 und 4



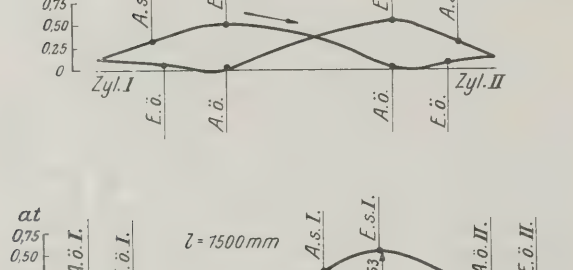




Abb. 5 und 6



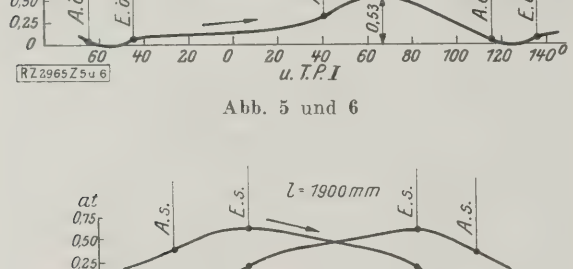
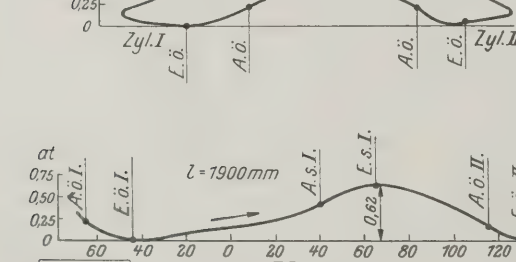




Abb. 7 und 8



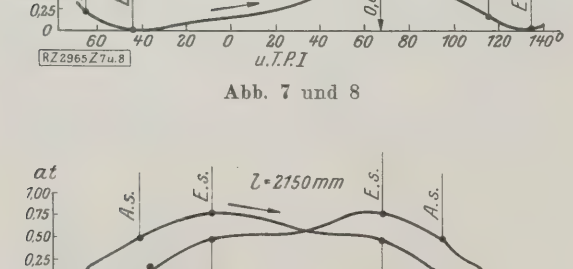




Abb. 9 und 10

**Abb. 3 bis 10**
Schwachfederdiagramme für verschiedene Längen der Spülluftleitung.

Bei $l = 1500$ mm der Leitung, Abb. 5 und 6, ste sich ein Aufladedruck von 0,53 at ein. Während der Spü pause schwingt die Luftsäule nach dem Aufnehmer z und ist bei Beginn der folgenden Spülung schon wiede im Rückpendeln nach dem Zylindereinlaß begriffen. D Spülung setzt unter steigendem Druck ein und verläu mit sehr günstigem Druck.

Unter ähnlichen Bedingungen verläuft die Spülun bei einer 1900 mm langen Leitung, Abb. 7 und 8. Der Au ladedruck steigt auf 0,62 at. Die Spülung setzt alle dings schon etwas zögernd ein, da die Luftsäule bei Öffnen der Einlaßschlitze gerade ihre Schwingung na dem Aufnehmer zu beendet hat und erst wieder in un gekehrter Richtung beschleunigt werden muß. Demen sprechend ist auch bei E. ö. so gut wie gar kein Spü überdruck gegenüber dem Zylinderinnern vorhande Bemerkenswert ist, daß $l = 1900$ mm etwa die Gren bildet, bei deren Überschreiten der Druck im Aufnehm erheblich steigt, s. Abb. 2.

Diese Erscheinung wird durch Abb. 9 und 10 erklär Der Aufladedruck steigt trotz abnehmender Gebläsele stung auf 0,77 at. Infolge der längeren Leitung ist d Luftsäule noch im Ausschwingen nach dem Aufnehm hin begriffen, wenn die Einlaßschlitze freigegeben we den. Die Umkehr der Bewegung erfolgt viel langsam als bei kurzer Leitung und die Spülung setzt infolg dessen verspätet ein. Die Aufteilung der vom Gebläs geförderten Luftmenge verschiebt sich demnach imm mehr zugunsten des Aufladens, allerdings auf Kost des Spülens. Infolge des Pendelns der Luftsäule ist d Strömung vom Aufnehmer zum Zylinder nur zu gewiss Zeiten frei, und wenn diese Zeiten sich mit den jew ligen Spülzeiten nur teilweise decken, so staut sich d Luft im Aufnehmer. Der Aufnehmerdruck steigt.

Die Versuche waren an eine bestimmte Steueru gebunden und liefern darum kein ganz einwandfrei Bild für die größte Aufladung, die man bei günstige Spüldruckverlauf erzielen kann. Schwachfederdiagram des Druckverlaufs im Zylinder lassen darauf schließe daß der Nachladewinkel von A. s. (40 ° n. T. P.) bis E. (65 ° n. T. P.) zu groß bemessen war und gegen Ende d Aufladens Luft aus dem Zylinder in die Leitung zurü geschoben wurde. Bei unmittelbar angebautem A nehmer wirkt dieser Umstand besonders ungünstig. U für jede Länge der Leitung die günstigste Dauer d Aufladens zu erhalten, müßte man den Nachladewink etwa durch Einschalten eines besondern Steuerteils, v ändern können.

Bei der Versuchsanordnung war ferner die Länge d Leitung nach oben dadurch begrenzt, daß die Dauer ei einfachen Schwingung der Luftsäule vom Zylinder na dem Aufnehmer nicht größer als die Dauer der Sp pause sein durfte, weil sonst die Spülung verspätet e setzte. Hätte sich die Spülpause über 80 ° bis 85 ° st über 70 ° Kurbelwinkel erstreckt, was möglich wäre, hätte man voraussichtlich noch bei $l = 2000$ bis 2100 se günstige Ergebnisse erzielt.

Von Einfluß auf den erreichbaren Aufladedruck auch der Durchmesser der Leitung, von dem die schwindigkeit der Spülluft und somit die den Aufla druck bestimmende Strömungsenergie abhängt. All dings bedingt eine größere Geschwindigkeit auch höheres Druckgefälle, d. h. einen etwas höheren A nehmerdruck.

Die Versuche wurden mit 800 U/min vorgenomm Um für langsamlaufende Motoren und insbesondere E zylindermotoren mit verhältnismäßig großer Spülpa brauchbare Leitungslängen zu erhalten, kann man Stelle einer einfachen Schwingung der Luftsäule z schen zwei Spülabschnitten mehrere Schwingungen, jed immer eine ungerade Zahl treten lassen. Bei Langs läufern dürfte sich während der Spülung vorübergeh Gleichgewicht in der Spülluftleitung einstellen, also Spülung unter Gleichdruck erfolgen. Der Druckanst gegen Ende der Spülung und die damit verbundene A ladewirkung bleiben trotzdem bestehen.

Ein Nachteil der beschriebenen Anordnung ist, daß man sich bei der Bemessung der Spülluftleitung auf eine bestimmte Motordrehzahl festlegen muß. Der Motor soll

volles Drehmoment nur bei dieser Drehzahl ab. Bei hmender Drehzahl fällt der Druck im Aufnehmer in- der sinkenden Spülwiderstände. Die Strömgeschwin- eit und in weit stärkerem Maß der Aufladedruck, t auch die Zylinderfüllung und das Drehmoment den herabgesetzt. Dagegen ist eine Störung der Spü- durch die dabei auftretende Verschiebung der Luft- schwingung kaum zu befürchten, da die Druckausschläge verhältnismäßig klein geworden sind, wenn die Verschiebung ein sonst schädliches Maß erreicht hat.

Erhöht man die Drehzahl über den Nennwert hinaus, so ergeben sich ähnliche Erscheinungen, wie in Abb. 9 und 10. Die Füllung steigt bis zu einer gewissen Grenze, gleichzeitig wird die Spülung schlechter. [B 2965]

---

# er den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen[1])

*Dr.-Ing. H. NIPPERT, Hildesheim*

Das bisher bekannt gewordene Schrifttum über den mungsvorgang in gekrümmten Kanälen, der in ab- hender Weise von dem im geraden Rohr erfolgt, zeigte, für die Strömungsform angenähert übereinstimmende achtungen vorliegen, während die zu erwartenden Ver- iffern je nach den von den einzelnen Forschern unter- ten Krümmern und der benutzten Versuchsanordnung voneinander abweichen. Es erschien daher in Anbe- ht der technischen Bedeutung, die der Krümmer heute Kanalelement für die Energieleitung und -verteilung ge- nen hat, lohnend, die Verlustbildung im Krümmer in ängigkeit von den sie beeinflussenden Faktoren plan- ig zu untersuchen; als Faktoren wurden erkannt:

der Ablenkungswinkel $\alpha$;
das Verhältnis Krümmungshalbmesser zur Breite oder zum Durchmesser des Kanals $\frac{r}{b}$, $\frac{r}{d}$;
die Querschnittform oder das Seitenverhältnis $h/b$ (infolge des Einflusses der Orientierung des Querschnittes zur Krümmungsebene verliert der hydraulische Halbmesser seine Bedeutung);
die Querschnittfolge (Verengung oder Erweiterung in Stromrichtung);
die Wandrauhigkeit (Verhältnis der Unebenheiten der Wandung zur Breite);
die mittlere Durchflußgeschwindigkeit;
die Zähigkeit des Mittels;
das Verhältnis Schallgeschwindigkeit zu mittlerer Durchflußgeschwindigkeit (nur bei elastischen Mitteln);
die dem Krümmer vorgeschaltete Kanalstrecke.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war in der Haupt- e die Klärung der Punkte 2, 3 und 4, in beschränktem ange die der Punkte 1, 6, 7 und 9, während die der gen weiteren inzwischen schon in Vorbereitung befind- en Untersuchungen an dem gleichen Institut vorbehalten r. Ferner versprachen Messungen der Wandungsdrücke n Verlauf der Krümmung und der Geschwindigkeitsver- ing im Endquerschnitt ergänzenden Aufschluß über den mungsvorgang.

Die Versuche wurden mit Wasser an 90°- und 180°- ellkrümmern von überwiegend rechteckigem Querschnitt n durchweg gleichbleibender Höhe durchgeführt; von mmern mit Kreisquerschnitt wurde nur ein Modell unter- t. Die Innenfläche der gußeisernen Krümmer war hinell bearbeitet. Die inneren und äußeren Seiten- de waren auswechselbar zwecks untereinander unab- iger Abänderung der Krümmungshalbmesser. Ferner der Ein- oder Austrittquerschnitt veränderlich, so daß ümmte Düsen und Diffusoren mit einem Querschnitt- ältnis $\frac{F_a}{F_e} = 0{,}5$ bis 1,5 untersucht werden konnten.

### Die Hauptergebnisse

ir kurz folgende:

a) Strömungsvorgang im Krümmer

Das im geraden Rohr gleicher Abmessung sich ein- ende Geschwindigkeitsprofil wird durch den Krümmer ndert. Das Höchstmaß der Geschwindigkeit wandert zur enwand, während sich auf der Innenseite ein Geschwin- eitsmindestmaß bildet. Die Verzerrung ist um so ker, je schärfer die Umlenkung ist.

Durch die Krümmung der Strombahnen und die von ihnen ausgelösten Fliehkräfte wird infolge des über dem Querschnitt ungleichen Energieinhaltes der einzelnen Flüssigkeitsteilchen eine Querbewegung ausgelöst, die sich der Hauptdurchflußbewegung überlagert. Sie besteht aus zwei Wirbeln, deren Achsen parallel zur Krümmerachse verlaufen. Die Rückordnung des verzerrten Geschwindigkeitsprofils und die Beseitigung der Drehbewegungen kann nur durch die Reibung in den anschließenden Kanalstrecken geschehen und braucht dazu erhebliche Längen.

Der Verlauf der manometrisch gemessenen Wandungsdrücke in der Krümmungsebene stimmt trotz der abweichenden Geschwindigkeitsverteilung fast vollkommen mit den bei idealer Flüssigkeit zu erwartenden Drücken überein, die ich durch Versuche an der Hand einer elektrischen Plattenströmung ermittelt habe. Der in Stromrichtung erfolgende Druckanstieg an der Wandung (außen: vom Eintritt bis zum Scheitel, innen: vom Scheitel bis zum Austritt) bedingt das Auftreten von Ablösungserscheinungen mit in die Flüssigkeit hinaustretenden Wirbeln, die in ihrer Größenordnung von der mittleren Durchflußgeschwindigkeit, sowie von der Größe und Kombination der inneren und äußeren Krümmungshalbmesser abhängen. Die Ablösungserscheinungen wurden durch Lichtbildaufnahmen der Bewegungen an der freien Oberfläche offener Krümmerkanäle bestätigt.

b) Verlustbildung im Krümmer

Die Gesamtverluste von einem Querschnitt vor der Krümmung bis zum Austrittquerschnitt wurden durch Messen der Durchflußzeit, die eine bestimmte Wassermenge bei gegebenem Druckabfall und Mündung ins Freie zum Durchfluß braucht, bestimmt. Hiervon wurden mittels einer in einem geraden Kanal gleichbleibenden Querschnitts gesondert ermittelten Reibungsziffer die Verluste infolge Wandreibung in den geraden Strecken und auch die Verluste in der Krümmung in Abzug gebracht, die sich unter der vereinfachenden Annahme der Gültigkeit dieser Verlustziffer auch für die teilweise verzögerte und beschleunigte Strömung ergeben. Die so erhaltenen Restverluste werden verursacht durch die Ablösungserscheinung und die Querströmung, von denen die letztere nach Messung ihrer Umfangskomponenten angenähert berechnet werden konnte.

Bei den Krümmern gleichen Ein- und Austrittquerschnitts $\frac{F_a}{F_e} = 1{,}0$ überwiegt im Bereich kleiner Krümmungshalbmesser der Verlust durch Ablösung; die Wandreibung spielt hierbei nur eine untergeordnete Rolle. Mit zunehmender Größe der Halbmesser nimmt der Ablösungsverlust schnell ab, so daß in dem Bereich $\frac{r_m}{b} > 3{,}5$ die Verluste fast ausschließlich durch Wandreibung verursacht werden. Die Querströmung ist durchweg von vernachlässigbarem Einfluß. Bei den diffusorartig erweiterten Krümmern $\frac{F_a}{F_e} > 1{,}0$ wächst die Ablösung erheblich mit zunehmender Erweiterung, bei den düsenartig verengten $\frac{F_a}{F_e} < 1{,}0$ nimmt sie mit dem Verengungsverhältnis schnell ab und verschwindet schließlich vollkommen.

Bei den Verlustziffern, die als Verhältnisse der Verlustenergie zur Geschwindigkeitsenergie der Strömung begrifflich bestimmt sind, ist zu unterscheiden, ob bei einer Veränderung der Krümmungshalbmesser Kanäle mit anschließenden geraden Strecken zwischen zwei festen Punkten betrachtet werden, oder ob lediglich die Krümmungen als solche miteinander verglichen werden; im ersteren Falle nehmen die Verlustziffern mit zunehmendem mittleren Krümmungshalbmesser schnell, dann langsamer ab, während sie im letzteren Falle nach Erreichen eines Mindestmaßes wieder ungefähr geradlinig ansteigen.

Der Einfluß der einzelnen Krümmungshalbmesser außen und innen äußert sich folgendermaßen:

[1]) Auszug aus einer am Institut für Hydromechanik der Technischen Hochschule Danzig ausgeführten und im Jahre 1927 genehmigten Dissertation; erschienen in den Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft Nr. 320; Berlin 1929, VDI-Verlag

Der Innenhalbmesser $r_i$ bedingt im Bereich kleiner Werte $\frac{r_i}{b}$ ($< 0{,}75$) große, aber mit wachsenden $\frac{r_i}{b}$ rasch fallende Verlustziffern; für größere Werte $\frac{r_i}{b}$ tritt erhebliche Senkung der Verlustziffern ein bis zum Wert $\frac{r_i}{b} = \sim 4{,}0$; darüber hinaus bringt weitere Vergrößerung keinen nennenswerten Gewinn.

Der Außenhalbmesser $r_a$ hat im Bereich kleiner Werte $\frac{r_a}{b}$ keinen großen Einfluß auf die Verlustziffern, solange im Scheitel keine Querschnittverengung durch den Innenhalbmesser eintritt, mit der eine erhebliche Verluststeigerung verbunden ist.

Die Kombination von Außen- und Innenhalbmesser beansprucht besondere Aufmerksamkeit: der Krümmer gleichbleibender Breite, $r_a = r_i + b$, der „normale Krümmer" liefert nicht den kleinsten Verlust; die günstigste Krümmerform wird vielmehr durch eine mäßige Erweiterung im Krümmerscheitel erhalten; der erzielbare Gewinn kann bis zu 35 vH betragen.

Die Verlustziffern für gekrümmte Düsen $\frac{F_a}{F_e} < 1{,}0$ weisen die geringsten Werte auf (2 bis 4 vH); sie wachsen in geringem Maße für die Krümmer gleichen Ein- und Austrittquerschnitts, $\frac{F_a}{F_e} = 1{,}0$, und nehmen erheblich zu für die gekrümmten Diffusoren, $\frac{F_a}{F_e} > 1{,}0$ (bis zu 200 vH u. m.). Ferner verschwindet bei den Düsen mit zunehmender Verengung der günstige Einfluß der passenden Kombination von Außen- und Innenhalbmesser, während er bei den Diffusoren in gesteigertem Maß in Erscheinung tritt.

Von den Krümmern mit Rechteckquerschnitt zeigen diejenigen mit einem Seitenverhältnis von $\frac{h}{b} \approx 2{,}0$ die geringsten Verluste.

Die 180 °-Krümmer weisen nur zahlenmäßige Unt schiede gegenüber den 90 °-Krümmern auf; die beobachte Gesetzmäßigkeiten sind die gleichen.

Die Verlustziffern sind nach einem Potenzgesetz v der mittleren Durchflußgeschwindigkeit abhängig, dess Exponent eine Funktion der Geschwindigkeit und Krümmerform ist. Innerhalb des Versuchsbereichs wu das quadratische Widerstandsgesetz als genügend genau funden.

Die Abhängigkeit der Verlustziffern von der Zähigk des Mittels zeigt sich ebenfalls in einem Potenzgesetz v ähnlichem Aufbau.

Die vorgeschaltete Kanalstrecke beeinflußt die Verlu bildung in dem Sinne, daß mit zunehmender Verformu des beim Eintritt in die Krümmung vorhandenen Geschw digkeitsprofils von einer rechteckigen Geschwindigkeitsv teilung zu der bekannten Turbulenzverteilung eine höhung des Verlustes bewirkt wird und mit Erreichen letzteren auch das Höchstmaß des Verlustes auftritt.

Ein Zusammenhang zwischen den Verlustziffern und d im Krümmerscheitel auftretenden Wandungsdrücken kon auf einfache Weise nur bei den „normalen Krümmern" na gewiesen werden.

Zur Verminderung der Krümmerverluste ergeben si mithin folgende praktische Forderungen: gro Innenkrümmungshalbmesser, gewisser Zuschlag zur Bre im Krümmerscheitel, möglichste Verwendung des Seit verhältnisses $\frac{h}{b} = 2{,}0$; die zur Erzielung der günstigs Krümmerform erforderliche Breite im Krümmerscheitel, wie die hierbei auftretende Verbesserung der Verlustzif kann für jeden Innenhalbmesser und für verschiedene Seit verhältnisse $\frac{h}{b}$ aus den Verlustziffern für die „norma Krümmer" angenähert errechnet werden.

Die Anordnung von Druckmeßstellen in der Krümm und in einem Bereich bis zum 1,5fachen Betrage der Kan breite vor und hinter der Krümmung ergibt Falschanzeig ist daher zu vermeiden. [N 3168

## Bruch einer Turbinendruckrohrleitung

Im April 1929 wurde in Santa Ana, im Staate Mexico, nachdem man bereits einige Lichtschwankungen festgestellt hatte, die Versorgung des von dem Elektrizitätswerk San Luis gespeisten Teilgebietes eingestellt. Als Grund dieser Störung ergab sich bei den Untersuchungen in San Luis der Bruch einer Druckrohrleitung für eine Turbine, die vor kurzem in Dienst gestellt war.

San Luis ist ein Wasserkraftwerk am Rio Suquiapa mit einer Maschinenspannung von 6600 V, die auf 13 200 V umgespannt wird. Es enthält drei Turbinen mit je einem Stromerzeuger, von denen einer 300 kW und zwei je 600 kW leisten. Die dritte Turbine wurde erst im April dieses Jahres in Betrieb genommen. Eine besondere Rohrleitung speist die Turbine von einem neuerbauten Wasserschloß. Die Rohre mit 6 mm Blechdicke und einem mittleren Rohrdurchmesser von 1,4 m sind in einzelnen Teilen zu 6 m Länge geschweißt angeliefert und an Ort und Stelle zu einer Rohrleitung zusammengenietet worden. Die Rohrleitung hat 120 m Gesamtlänge und 18 m Gefälle. Zu bemerken ist, daß Längs- und Querschweißnähte nur außen geschweißt waren und trotz Temperaturschwankungen zwischen 20 und 68 °C (unüberdecktes Rohr ohne Wasser) kein Ausdehnungsstück in der ganzen Leitung vorhanden war.

Die neue Rohrleitung war nun 10 m oberhalb des Maschinenhauses geplatzt und hatte, bevor sie geschlossen werden konnte, das ganze Maschinenhaus überschwemmt. Die Untersuchung der Bruchstelle ergab, daß das Rohr auf einer Längsnaht von 2 m und auf etwa 0,8 m der geschweißten Quernaht aufgerissen war; von einer Nietnaht waren neun Niete abgeschert. An den nur außen geschweißten Nähten betrug die Blechdicke vielfach nur 2 mm statt 6 mm.

Schon während des Einbaues waren, da die Ausdehnungsstücke fehlten, erhebliche Schwierigkeiten entstanden. Nach dem Einmauern des Endstückes traten im Rohr Spannungen auf, die einige Rundnähte zum Reißen brachten; diese Risse wurden aber sofort wieder elektrisch zugeschweißt. Die Leitung war auf Betonunterlagen gegründet, die in 6 m stand in gutem Felsgrund ruhten. Nach dem Einbau wu der Rohrkanal mit Erde und Steinen wieder überdeckt.

Etwa drei Stunden nach dem Unglücksfall waren Wassermassen aus dem Maschinenhaus ausgelaufen. Stromerzeuger I, der nur rd. 60 cm im Wasser gestan hatte, wurde zunächst vom Schmutz gereinigt und dann eigenem Strom sechs Stunden lang ausgetrocknet, so man nach 24stündiger Unterbrechung den Betrieb wi aufnehmen konnte. Stromerzeuger II war bis an die W einschließlich der unteren Teile der Wicklung, mit Sand deckt. Der neue Stromerzeuger III wurde weder abgestellt enterregt, er ist deshalb, so lange die Rohrleitung Wa hatte, gelaufen und hat wahrscheinlich auch so lange u Spannung gearbeitet, bis durch das allmählich ansteige Wasser die Erregermaschine spannungslos wurde. Klemmbrett der Maschine und die Klemmen einiger auf Boden stehender Spannungswandler waren infolge des d das Wasser entstandenen Schlusses gänzlich verbrannt. Magnetrad hatte die im Wasser enthaltenen Steine er und mit großer Wucht gegen die äußeren Wicklungsk geschleudert, wodurch die Isolation beinahe aller W lungsköpfe erheblich beschädigt wurde.

Sämtliche Ölschalter, Tirrillregler, Spannungswan Meßgeräte, Maschinen und namentlich die Maschinenl waren voll Sand. Alles wurde möglichst schnell au baut, mit Wasser abgespült und von jeglichem Schmutz reinigt. Die elektrischen Geräte tauchte man in heiße von etwa 100 °C und entfernte so jegliche andre Feuch keit. Das Ergebnis dieser Maßnahme war glänzend; Geräte, selbst die empfindlichsten, arbeiteten wieder vollen Zufriedenheit.

Nach 48stündigem Trocknen konnte man auch Stromerzeuger II mit einer Prüfspannung von 9220 V wi in Betrieb nehmen. Nur der Stromerzeuger III, der meisten gelitten hatte, wies nach mehrhundertstündi Trocknen an mehreren Stellen der Wicklung bei noch 6000 V Überschläge auf, so daß die Hochspannungswick erneuert werden mußte. [N 329

Santa Ana *M. Unterweg*

# ie Spinnzentrifuge in Theorie und Praxis

*Von Dipl.-Ing. H. SCHULMANN, Berlin*

*Vorgetragen in der Textiltagung des Vereines deutscher Ingenieure in Köln am 31. Mai 1929*

***Es wird der Versuch unternommen, an sich bekannte Kreiselgesetze auf die Konstruktion von Spinnzentrifugen anzuwenden. Ausgehend von der Erkenntnis, daß die im praktischen Betrieb vorkommenden unvermeidlichen Unausgeglichenheiten in kürzester Zeit die Zerstörung der Lager nach sich ziehen würden, wird gezeigt, daß bei Herstellung einer gewissen Präzessionsfreiheit der Topfwelle stabilierende Momente erzeugt werden, die den Störungsmomenten entgegenwirken. — Schlußfolgerungen, die sich auf den grundsätzlichen Aufbau von Spinnzentrifugen in Abhängigkeit von der Drehzahl beziehen.***

ie Voraussetzung für die große Verbreitung von Spinnzentrifugen in Kunstseidefabriken ist gegeben ch einige sehr wesentliche Vorteile des Topfspinnverens gegenüber dem älteren Spulenverfahren, Abb. 1 1 2. Diese Vorteile mögen hier durch einige Stichte, wie Ersparnis an Platz, Fabrikationswasser und eitslohn, angedeutet werden. Des weiteren braucht l kaum noch besonders nachgewiesen zu werden, daß elektrische Einzelantrieb heute den ihm gebührenden tz erobert hat. Das folgende bezieht sich daher ausließlich auf diese Art von Spinnzentrifugen.

### Aufgabenstellung

Ganz oberflächlich betrachtet handelt es sich darum, ie Welle mit einer gleichförmigen und genügend hohen hzahl zu betreiben, was bei dem heutigen Stand der ktrotechnik sehr einfach ist. In der Tat bietet auch rein elektrische Teil der Spinnzentrifuge keine nenswerten Schwierigkeiten. Man verwendet bei Einzelrieben durchweg zweipolige Motoren mit Kurzschlußfer, die je nach der gewünschten Drehzahl mit entechender Frequenz gespeist werden.

Betrachtet man aber die näheren Betriebsumstände, erkennt man bald, daß es ein Problem der Spinntrifuge sehr wohl gibt, das sich auf die Gesamtheit Antriebmaschine und Spinntopf bezieht.

Der Kernpunkt der Aufgabe ist, daß gewisse im vor nicht bestimmbare Unausgeglichenheiten im Betrieb vermeidlich sind, wobei dahingestellt sein mag, ob sie n Topf herrühren oder von Ungenauigkeiten des Kuns, Kristallbildung, Verunreinigung u. a.

Läuft eine Welle mit einer Masse $m$ um, deren werpunkt $S$ nicht auf der Drehachse liegt, so entsteht ie Durchbiegung der Welle, die einen Höchstwert erht, falls die Umdrehungszahl der Welle oder die Peile des störenden Impulses mit der sogenannten Eigenwingungszahl des Systems zusammenfällt. Der Schwerkt $S$ bewegt sich auf dem sogenannten Grundkreis. Der diese Bewegung kann sich noch eine zweite Bezungskurve lagern, z. B. eine Ellipse oder ein Kreis. letzteren Fall ergäbe sich eine epizykloidische Bahn $S$, die bei der kritischen Drehzahl in eine archimedie Spirale überginge[1]).

Wie man die bei der kritischen Drehzahl auftretenErscheinungen auch nennen mag, eigentliche Schwingen sind es nicht. Im Beharrungszustand wird die elle nur einmal durchgebogen, und dementsprechend en auch keine Schwingungsbeanspruchungen auf. n nennt bekanntlich derartige Schwingungen P s e u d o s c h w i n g u n g e n.

Die Pseudoschwingungen bei Verlagerung des werpunktes würden sich bei praktischen Konstruktionen in Beanspruchungen von Welle, Lagern und im uhigen Lauf äußern.

[1]) Vergl. *O. Föppl*, Grundzüge der technischen Schwingungslehre; Berlin 1923.

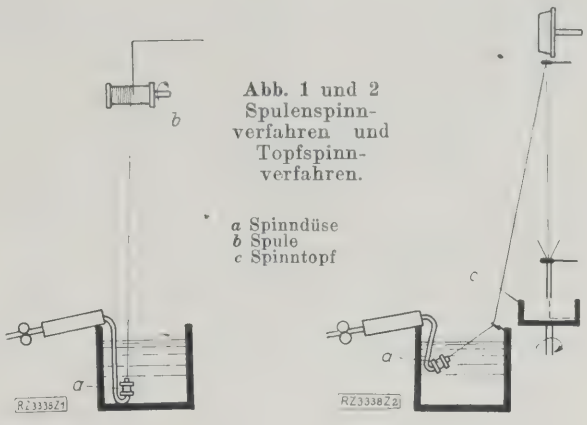



**Abb. 1 und 2** Spulenspinnverfahren und Topfspinnverfahren.

*a* Spinndüse
*b* Spule
*c* Spinntopf

### Kritische Schwingungen

Die kritischen Schwingungen selbst sind Sache der konstruktiven Auslegung. Jedenfalls spielen sie für den normalen Lauf keine ausschlaggebende Rolle. Man wird die kritische Drehzahl genügend unterhalb der normalen Drehzahl halten, und kann eine schädliche Auswirkung der ersteren vermeiden durch 1. schnelles Hochlaufen und 2. Begrenzung der radialen Schwingungen durch Anschläge.

### Anwendung der Kreiseltheorie

Einer Abweichung des Schwerpunktes von der Drehachse und deren schädlichen Wirkungen wäre nun grundsätzlich mit folgenden Maßnahmen zu begegnen:

1. die Drehachse nach dem Schwerpunkt $S$ hin zu verlegen,
2. in geeigneter Weise die Störungsmomente aufzuheben oder teilweise aufzuheben.

Der erste Punkt hängt mit Resonanzerscheinungen zusammen und ist bereits Gegenstand von Veröffentlichungen gewesen; später werde ich noch darauf eingehen.

Bei der Behandlung des zweiten Punktes kann man nun auf Grund der Eigentümlichkeit des Zentrifugenantriebes die Kreiseltheorie zu Hilfe ziehen. Bei der Betrachtung der Spinnzentrifuge muß jedoch von vornherein eine Einschränkung gemacht werden, die mit der Begriffsbestimmung des Kreisels selbst zusammenhängt. Der umlaufende Teil der Zentrifuge wird nämlich stets in mechanische Verbindung mit anderen, z. B. feststehenden Teilen gebracht werden müssen, so daß wir es hier mit einem sog. Kreiselverband zu tun haben. Ein Kreiselverband kann jedoch in seiner Gesamtheit, ähnlich wie der Kreisel selbst, behandelt werden. Zum besseren Verständnis der Vorgänge sollen nun die grundsätzlichsten der hier in Frage kommenden Gesetze kurz erörtert werden, bevor ich ihre Anwendung auf Spindelkonstruktionen darlege.

Jeder schnell umlaufende Drehkörper, der sich selbst überlassen ist, kann als Kreisel angesehen werden. Im wesentlichen ist die Kreiselwirkung gekennzeichnet durch die eigentümliche Reaktion des Kreisels bei Richtungsänderungen der Kreisel- oder der Figurenachse mit irgendeiner Winkelgeschwindigkeit. In Abb. 3 ist dieser Fall schematisch dargestellt. Der Kreisel drehe sich mit einer Winkelgeschwindigkeit $\omega_1$ um eine Achse, die in einem Rahmen reibungslos gelagert sei. Im gezeichneten Beispiel läßt man nun die Richtung der Achse mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_2$ verändern, oder anders ausgedrückt, man erteilt dem Kreisel eine Präzession mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_2$, indem der Rahmen vermittels der angedeuteten Handgriffe um die Achse $CD$ gedreht wird.

Aus der gleichzeitigen Bewegung der Massenteile sowohl um die Achse $AB$ als auch $CD$ ergibt sich eine Deviation der Massenelemente, die mit gewissen Be-

schleunigungskräften verbunden ist. Diesen Beschleunigungskräften wirkt der Trägheitswiderstand der Kreiselmasse entgegen; dadurch kommen freie Kräfte zur Wirkung, deren Moment die spezifische Kreiselwirkung hervorruft. In welcher Weise die Deviationskräfte am Kreiselumfang wirken, wenn die Kreiselachse in bestimmter Weise präzessiert, zeigt Abb. 4.

Bei einer Winkelgeschwindigkeit $\omega_1$ der Kreiselachse und einer Präzessionsgeschwindigkeit $\omega_2$ wird ein Moment $M_d = J\,\omega_1\,\omega_2$ ($J$ = Massenträgheitsmoment) erzeugt, das nach der bekannten Dreifingerregel der linken Hand die Kreiselachse in gleichsinnigen Parallelismus mit der Präzessionsachse zu bringen sucht.

Aus diesem Verhalten folgert eine sehr wesentliche Eigenschaft des Kreisels, nämlich die Widerstandfähigkeit gegen gewaltsame Richtungsänderungen, die wegen der Wichtigkeit für die später folgenden Erörterungen etwas eingehender behandelt werden soll.

An einem einfachen Modell, dem sog. Bohnenbergerschen Apparat (Kreisel, kardanisch aufgehängt mit dem Schwerpunkt in der Mitte) kann man leicht feststellen, daß ein schnell umlaufender Kreisel sich bei einem Schlage gegen die Kreiselachse ähnlich verhält, als wenn die letztere starr gelagert wäre. Die Welle wird hierbei in stabile, rasch abklingende Schwingungen versetzt, ohne daß nachher eine Veränderung der ursprünglichen Wellenrichtung eintritt.

Die wichtigste Voraussetzung für die Entwicklung des bei soeben genanntem Versuch auftretenden Gegenmomentes ist Präzessionsfreiheit, d. h. die Möglichkeit der Kreiselachse, auf Grund eines aktiven Momentes die Präzessionsbewegung auch tatsächlich auszuführen. Falls Präzessionsfreiheit nicht besteht, entfällt jede der genannten Wirkungen.

Abb. 5 zeigt, in welcher Weise das stabilierende Gegenmoment auf Grund der Kreiselwirkung erzeugt wird. Das aktive Moment $M_d$ ruft zunächst eine Drehbewegung der Figurenachse um den Winkel $\psi$ mit der Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_1 = \frac{\mathrm{d}\,\psi}{\mathrm{d}\,t}$$

hervór. Die Folge davon ist die Kreiselwirkung

$$M_1 = J_0\,\omega_0\,\omega_1 = D\,\omega_1,$$

dabei ist $J_0$ = Trägheitsmoment für die Figurenachse,
$\omega_0$ = Winkelgeschwindigkeit der Eigendrehung
und $J_0\,\omega_0 = D$ = Drall.

$M_1$ bewirkt nun eine Drehung der Kreiselachse um die Senkrechte mit einer Winkelgeschwindigkeit

$$\omega_2 = \frac{\mathrm{d}\,\varphi}{\mathrm{d}\,t},$$

ferner ist

$$M_1 = J\,\frac{\mathrm{d}^2\varphi}{\mathrm{d}\,t^2},$$

wobei $J$ = Trägheitsmoment für einen Durchmesser der Kreiselfläche.

Auf Grund dieser Präzession mit der Winkelgeschwindigkeit $\omega_2$ entsteht eine weitere Kreiselwirkung

$$M' = J_0\,\omega_0\,\omega_2 = D\,\omega_2,$$

die dem aktiven Moment $M_d$ entgegengerichtet ist.

Auf diese Weise wird bei Präzessionsfreiheit in der Ebene des Winkels $\varphi$ ein stabilierendes Gegenmoment entwickelt, das in der Ebene $\psi$ wirkt und der Kreiselachse eine hohe Widerstandfähigkeit gegen Richtungsänderungen erteilt.

In der Ebene $\psi$ wirkt daher tatsächlich nur $M = M_d - M'$ beschleunigend. Die Bewegungsgleichung für den Winkel $\psi$ lautet:

$$M_d - M' = J\,\frac{\mathrm{d}^2\psi}{\mathrm{d}\,t^2} \quad \ldots\ldots\ldots (1),$$

und für den Winkel $\varphi$:

$$M_1 = D\,\frac{\mathrm{d}\,\psi}{\mathrm{d}\,t} = J\,\frac{\mathrm{d}^2\varphi}{\mathrm{d}\,t^2}.$$

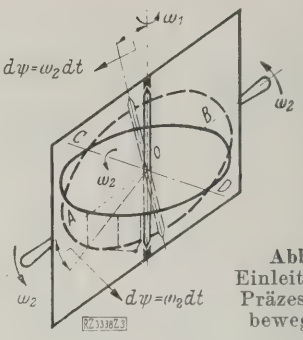



Abb. 3
Einleiten der Präzessionsbewegung.

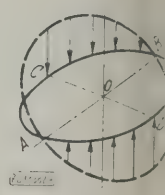


Abb. 4
Verteilung der Deviationskräfte am Umfang (sinusförmig).

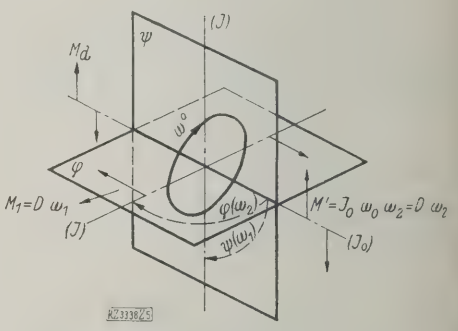



Abb. 5
Entwicklung des stabilierenden Gegenmomentes.

Durch Integration der letzten Gleichung ergibt si

$$J\,\frac{\mathrm{d}\,\varphi}{\mathrm{d}\,t} = D\,\psi + C \quad \text{oder} \quad \frac{\mathrm{d}\,\varphi}{\mathrm{d}\,t} = \frac{D}{J}\,\psi + \frac{C}{J} \ldots$$

Setzt man $\frac{\mathrm{d}\,\varphi}{\mathrm{d}\,t}$ in Gl. (1) ein und setzt $\frac{D}{J} = \omega$, so hält man:

$$\frac{\mathrm{d}^2\psi}{\mathrm{d}\,t^2} + \omega^2\,\psi = \frac{M_d}{J} - \frac{D\,C}{J^2} \ldots\ldots$$

Diese Gleichung stellt eine stabile, harmonische Schw gung dar.

Bei der Auflösung der Gleichung können nun z Fälle unterschieden werden:

1. $M_d$ ist gleichbleibend und
2. $M_d$ ist kurzzeitig (Stoß).

Durch Integration und Einsetzen der Grenzwerte er man für den Fall 1:

$$\psi = \frac{M_d}{J\,\omega^2}\,(1 - \cos\omega\,t) \quad \text{und} \quad \varphi = \frac{M_d}{J\,\omega^2}\,(\omega\,t - \sin\varphi\,t)$$

und für den Fall 2:

$$\psi = \frac{\omega_a}{\omega}\cos\omega\,t \quad \text{und} \quad \varphi = \frac{\omega_a}{\omega}\sin\omega\,t;$$

dabei ist

$$\omega_a = \frac{\mathrm{d}\,\psi}{\mathrm{d}\,t} = \frac{M_d\,\mathrm{d}\,t}{J}.$$

Die Kreiselachse beschreibt bei Fall 2 einen K mit der Öffnung $\frac{\omega_a}{\omega} = \frac{M_d\,\mathrm{d}\,t}{D}$. Je größer der Drall genüber der Bewegungsgröße des Stoßes ist, um kleiner ist der Öffnungswinkel.

Das Ergebnis obiger Rechnung ist demnach:

1. Bei vorhandener Präzessionsfreiheit entwickelt anhaltendes Störungsmoment ein stabilierendes genmoment.
2. Unter der gleichen Voraussetzung der Präzess freiheit gilt dies auch von einem kurzzeitig wir den Störungsmoment oder Stoß.

Praktisch von Wichtigkeit ist, daß die Verhältn hinsichtlich des stabilierenden Gegenmomentes un

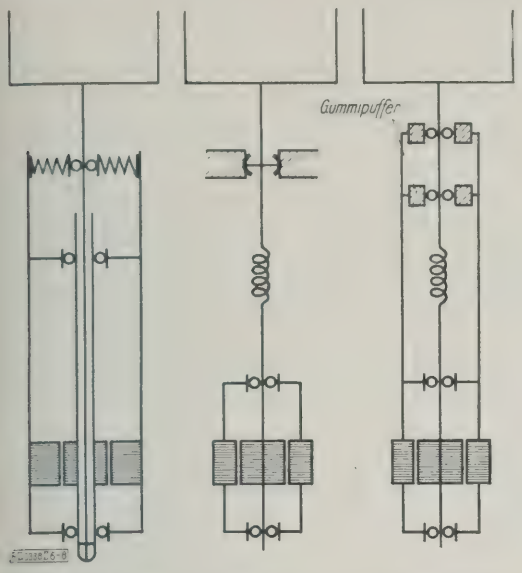



Abb. 6 bis 8. Spinnzentrifugen mit geteilter Welle.

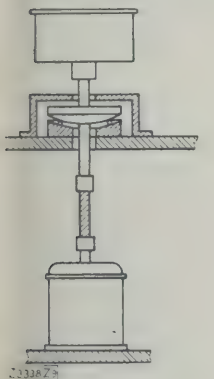


Abb. 9
Spinnzentrifuge mit nachgiebiger Kupplung.

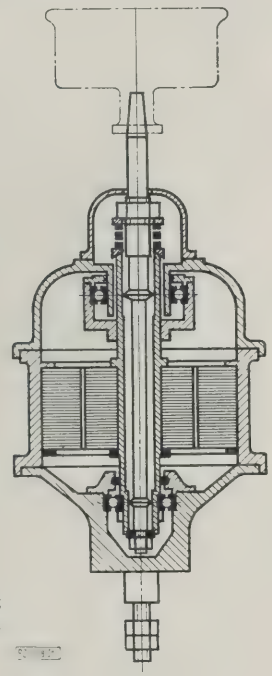


Abb. 10
Spinnzentrifuge mit Hohlwelle.

instiger werden, je größer der Drall $D_0 = J_0 \omega_0$, also e Eigengeschwindigkeit und das Trägheitsmoment des nlaufenden Teils ist.

### Anwendung der entwickelten Theorie

Es ist eingangs erwähnt worden, daß man einer Abeichung des Schwerpunktes von der geometrischen chse begegnen kann, indem man die Drehachse durch n Schwerpunkt legt, oder richtiger, indem man die rehachse in die sogenannte Schwerpunktshauptachse rlegt, die im allgemeinen mit der geometrischen Achse inen Punkt gemeinsam hat.

Es ist nun richtig, daß ein Drehkörper, falls er um ne seiner drei Schwerpunktshauptachsen (freie Achsen) nläuft, keine Lagerkräfte erzeugt, und man könnte die ager in diesem Fall ohne weiteres fortfallen lassen.

Genaue Einstellung in die „freie Achse" ist aber aktisch nicht möglich. Selbst unter der Annahme, daß e Drehachse durch den mittleren Schwerpunkt $S$ der opfmasse geht oder daß eine resultierende Fliehkraft cht besteht, werden doch noch Lagerdrücke erzeugt, d zwar auf Grund des Momentes, das von den Zentrlgalkräften der einzelnen Massenelemente erzeugt wird. Die Ursache der mangelnden Einstellung in die „freie Achse" ist darin begründet, daß die Topfwelle bei jeder Konstruktion mehr oder weniger von außen her mechanisch geführt werden muß und somit grundsätzlich höchstens eine gewisse Annäherung der Drehachse an die „freie Achse" möglich ist.

Hier tritt nun das Kreiselgesetz helfend in Erscheinung. Wir haben gesehen, daß bei gewissen Voraussetzungen (Präzessionsfreiheit) störende Momente sofort Gegenmomente auslösen, d. h. wir können sehr wohl von der „freien Achse" abweichen, ohne befürchten zu müssen, daß das hierdurch zur Wirkung kommende Störungsmoment in voller Höhe auf die Lager einwirkt. Eine allzu große Abweichung der Drehachse von der geometrischen Mittellinie, selbst nach der „freien Achse" zu, ist vom spinntechnischen Standpunkt sogar nicht einmal erwünscht. Sobald sich der Topf nämlich nicht mehr um die geometrische Achse dreht, tritt ein Schlagen des Topfes auf. Praktisch würde die Verlagerung der Drehachse für den Spinnvorgang dasselbe bedeuten wie eine Abweichung des Spinntrichters von der Mittellinie eines zentrisch umlaufenden Topfes unter gleichzeitiger Abweichung der Auf- und Abbewegung des Trichters von der Senkrechten.

Durch konstruktive Maßnahmen, insbesondere durch Auswertung der Kreiseleigenschaften, kann man nun ein praktisch zentrisches Laufen der Spindel selbst bei erheblichen Ungleichheiten erreichen, wobei die Lager, wie bereits erwähnt, keineswegs in dem Umfang belastet werden, wie es der möglichen Abweichung der Drehachse von der „freien Achse" entspräche.

Eine weitgehende Präzessionsfreiheit läßt sich nun z. B. dadurch erzielen, daß man die gesamte Maschine kardanisch und möglichst reibungsfrei aufhängt, wobei man nicht übersehen darf, daß ein Teil des stabilisierenden Kreiselmomentes dazu verwendet werden muß, um den nicht drehbaren Teil der Maschine zum Mitmachen der Präzessionsbewegung zu beschleunigen.

Zweckmäßigerweise muß nun die Präzessionsfähigkeit so eingerichtet werden, daß einerseits die Entstehung von stabilisierenden Momenten nicht gehindert, anderseits aber die Präzessionsbewegung, etwa durch elastische Mittel, gedämpft wird. Beim Entwurf einer Spindel muß man erwägen, daß mit der leichteren Präzessionsmöglichkeit die Lager weniger belastet werden, was jedoch auf Kosten des Spinnvorganges geht. Man muß hier jeweils den geeigneten Mittelweg mit Hilfe von Versuchen finden.

### Praktische Beispiele

Man unterscheidet grundsätzlich zweierlei Arten von Spindeln: Solche mit starrer Verbindung zwischen Motor und Topf und mit elastischer Abstützung der ganzen Maschine, zweitens solche mit einem nachgiebigen Verbindungsglied zwischen den genannten Teilen.

In Abb. 6 bis 8 sind einige Spindeln mit nachgiebiger Verbindung zwischen Antrieb- und Topfwelle schematisch dargestellt.

Abb. 6 zeigt, daß die Topfwelle sowohl eine mit elastischen Mitteln gedämpfte Präzessionsfreiheit aufweist, als auch eine gewisse Einstellbarkeit in die „freie Achse" gestattet. Es wird praktisch von größter Wichtigkeit sein, die elastischen Mittel zweckmäßig zu bestimmen; sie dürfen weder zu weich noch zu hart sein. Hier sind praktische Versuche von ausschlaggebender Bedeutung.

Grundsätzlich kann von der Spindel nach Abb. 7 dasselbe gesagt werden wie für die vorhergehende. Rein konstruktiv ist beachtenswert die Einschaltung einer Schraubenfeder zwischen Antrieb- und Topfspindel. Es kann nicht geleugnet werden, daß dieser Maschinenteil sich bei zweckmäßiger Ausbildung durchaus bewährt hat. Man kann unschwer erkennen, daß die Topfwelle sowohl eine Präzessionsbewegung ausführen als auch in radialer Richtung ausweichen kann. Allerdings muß dabei vorausgesetzt werden, daß die Lagerung der Topfwelle federnd abgestützt wird.

Die Ausführungsart nach Abb. 8 deckt sich fast vollkommen mit der nach Abb. 7. Wegen der vermehrten Lagerführung der Welle und der mehrfachen Abfederung

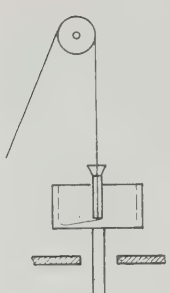


Abb. 11
Biegsame Stabwelle.

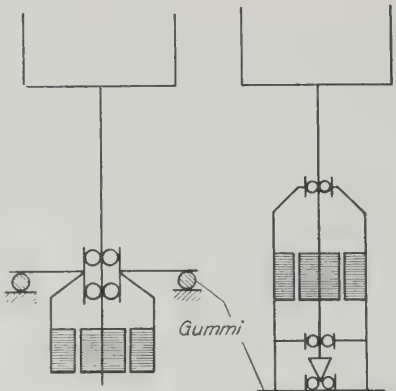



Abb. 12 und 13
Spinnzentrifugen mit starrer Welle.

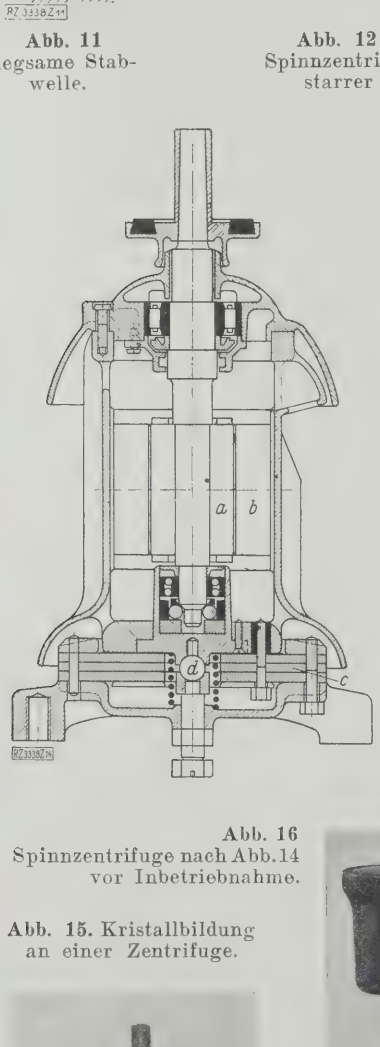



Abb. 14
Ausführungsbeispiel der Spinnzentrifuge nach Abb. 13 im Schnitt.

*a* Anker
*b* Ständer
*c* Gummistützung
*d* Kugelstütze

Abb. 16
Spinnzentrifuge nach Abb. 14 vor Inbetriebnahme.

Abb. 15. Kristallbildung an einer Zentrifuge.

sind jedoch die werkstattmäßigen Forderungen zweifellos verschärft. Abarten dieser Gruppe zeigen Abb. und 10.

Der Konstrukteur der Spindel nach Abb. 9 gin davon aus, eine Schwingungsfähigkeit der Topfwelle u einen Punkt zu ermöglichen, der tunlichst in der Näh des Topfschwerpunktes liegen soll. Infolgedessen sollte ei Stillstehen des Topfschwerpunktes oder des Topfes selbs im Raume erreicht werden. Schon aus der Veränder lichkeit des jeweiligen Topfschwerpunktes durch Top wechsel, ungleichmäßiger Beschaffenheit des Werkstoffe des Topfes, des Spinnkuchens auf der einen Seite un der konstruktiven Festlegung der Schwingungsbahn au der andern Seite folgt aber, daß dieser gewünscht Erfolg nicht eintreten konnte. Jedoch läßt sich auc hier eine gewisse Präzessionsfreiheit erkennen, die alle dings nicht mit einer geeigneten elastischen Rückfüh rung verbunden ist.

Bei der Bauart nach Abb. 10 wird die innere bieg same Welle infolge des Anziehens der unteren Mutte mitgenommen und so die Innenwelle mittels einer Kuge scheibe und Feder mit der Außenwelle in Reibungsschlu gebracht. Die Möglichkeit der Einstellung in die „fre Achse“ und Präzessionsfreiheit sind vorhanden. Dies wird von der oberen Kugelscheibe, die unter Federdruc steht, gedämpft. Allerdings ist hier die Dämpfung s wohl von ruhender als auch gleitender Reibung abhäng und daher nicht so wirksam wie Gummi- oder Fede dämpfung.

Den Versuch einer Zwischenlösung zwischen g teilter und starrer Welle zeigt Abb. 11. Der federnd g lagerte Motor ist mit dem Topf mittels einer biegsam Stabwelle verbunden. Eine gewisse Präzessionsmöglic keit ist, ähnlich wie bei den nun folgenden Spindeln n starrer Welle, vorhanden. Die Schwerpunkteinstellu ist aber hier nur unvollkommen, da das Widerstan moment der biegsamen Stabwelle für jede Biegungsebe anders ist.

Bei den Spinnzentrifugen starrer Bauart, Abb. 12 u 13, ist zunächst beachtenswert, daß mit dem Fehlen v nachgiebigen Verbindungsteilen zwischen Motor u Topfwelle zweifellos eine höhere Sicherheit gegen I triebstörungen verbunden ist. Dabei kann die To welle eine Präzessionsbewegung, verbunden mit der E wicklung von stabilierenden Gegenmomenten, ausführ allerdings nur unter Mitnahme des Motorgehäuses, mittels der Lager mit dem drehenden Teil verbund ist. Dabei wird ein Teil des Gegenmomentes in schleunigungsarbeit des nicht umlaufenden Teils v wandelt. Bei geeigneter Abfederung ist man aber der Lage, diese Beschleunigungsarbeit so klein zu stalten, daß der weitaus größte Teil des stabilieren Gegenmomentes nutzbar verwendet wird. Abb. 14 ze den Aufbau der in Abb. 13 dargestellten Bauart.

### Weitere Fragen des Spinnzentrifugenbaues

Von der Genauigkeit und Werkstoffbeschaffenh der Lager hängt der störungsfreie Betrieb in hoh Maße ab. Die Lager müssen imstande sein, rund se Monate ohne Nachschmieren einwandfrei zu laufen.

Bei einer zweckmäßig entworfenen Spindel muß verlässig verhindert werden, daß herunterfließe Säure ins Motorinnere gelangen kann. Der ob Lagerdeckel ist daher in entsprechender Weise aus bilden, Abb. 14. Öffnungen im Gehäuse, die eine lei tere Abführung der entwickelten Wärme bewir sollen, werden gleichzeitig gegen herunterfließende F flüssigkeit überdeckt. Es wird ferner durch geeig Abdichtungen unter allen Umständen verhütet, daß säu haltige Luft an die Lagerteile, wie Kugeln, Rollen u gelangen kann. Das Kriechen der Salze, die auf talle und Isolationen zersetzend einwirken, kann mittels eines entsprechenden Anstrichs praktisch ver dern. Besonders begünstigt wird die Kristallbildung den kälteren Jahreszeiten, Abb. 15 und 16. In Ver dung damit muß noch darauf aufmerksam gemacht v den, daß eine weitere Quelle von Ungleichheiten

ührungsgemäß in der zuweilen ungenauen Einstellung es Spinntrichters begründet ist. Diesem Übelstande ersuchten verschiedene Konstrukteure dadurch abzuelfen, daß sie den Trichter feststehend anordneten und en Topf einer Auf- und Abbewegung unterwarfen. n Rahmen dieser Arbeit sei jedoch davon abgesehen, uf diese Bauarten besonders einzugehen.

**Begrenzung der Umlaufzahl**

Verschiedene Firmen sind bestrebt, die Drehzahl der pindel auf 10 000 U/min und darüber hinaus zu steigern, hne daß es den Elektrizitätsfirmen bisher im allgeeinen möglich war, an der Entwicklung im notwenigen Umfange mitzuarbeiten. Einer Steigerung der rehzahl über 8 bis 10 000 U/min stehen aber schon rein pinntechnisch erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Es itt z. B. beim Anspinnen, d. h. bevor das Fadenende am opf haftet, ein Schlupf des Fadenknäuels auf, und so ird der Faden in diesem Zustand weniger gezogen. euer Faden kommt nun mit unverminderter Geschwinigkeit nach, so daß sich der Spinntrichter bei größeren bzügen des Fadens leicht verstopfen kann. Gestaltet an nun den Trichter im Durchmesser größer, so wird er Kuchen ungenau. Mittels einfacher Erhöhung der otorgeschwindigkeit ist also eine Erhöhung der Erzeuung nicht ohne weiteres zu erzielen. Ob lediglich eine öhere Zwirnung von Vorteil wäre, scheint auch keineswegs eindeutig festzustehen. Schließlich sei hierbei auf ie hohen Beanspruchungen des Werkstoffs des Topfes ingewiesen. Es ist die Frage, ob bei den zur Zeit verwendeten Werkstoffen eine Steigerung der Drehzahl über 10 000 U/min möglich ist.

**Spindel mit starrer oder geteilter Welle?**

Es dürfte wohl das richtigste sein, unter Anpassung an die theoretischen Erkenntnisse möglichst einfache Bauarten zu wählen, womit allen Teilen, sowohl dem Hersteller als auch dem Verbraucher, am besten gedient ist. Im Zusammenhang damit verdienen die gezeigten Ausführungen mit starrer Welle hervorgehoben zu werden. Bei Drehzahlen über 8 bis 10 000 U/min dürfte sich aber wegen der erhöhten Anforderungen die theoretisch zweifellos bessere Bauart mit geteilter Welle günstiger verhalten.

**Schluß**

Leider ist unsere Industrie im allgemeinen noch nicht, wie es z. B. in Amerika der Fall ist, von der Erkenntnis durchdrungen, daß die innigere Zusammenarbeit zwischen dem Erzeuger und dem Verbraucher beiden Teilen erheblichen praktischen Nutzen bringt. Es soll nicht verkannt werden, daß einzelne Firmen mit Recht eine gewisse Verschlossenheit wahren, jedoch kann man in dieser Beziehung in der Kunstseidenindustrie eine zweifellos übertriebene Ängstlichkeit beobachten. Nicht allein zum Nutzen der betreffenden miteinander arbeitenden Firmen, sondern auch zum Besten des allgemeinen Fortschrittes wäre es zu begrüßen, wenn hier eine Wandlung einträte und im Wege des Austausches von Erkenntnissen und Erfahrungen eine gegenseitige Befruchtung Platz greifen würde. [B 3338]

## Ein neuer Schlepphaken mit selbsttätiger Auslösung

Die beim Verholen großer Schiffe auftretenden Trossenige bedeuten oft eine große Gefahr für kleine Schlepper, sbesondere, wenn diese Kräfte seitlich angreifen und ein eigen des Schleppers zur Folge haben. Es ist mitunter unöglich, den Schlepphaken bei gefährlicher Krängungsge des Schiffes rechtzeitig auszulösen, weil die Zugkräfte eist ruckhaft und plötzlich einzusetzen pflegen. Die häugen Unglücksfälle durch Kentern des Schleppers sind daher eniger auf schlechte Führung des Schiffes, als vielmehr auf ie Unzulänglichkeit des Schleppgerätes zurückzuführen.

Eine gute Lösung der Frage stellt nun der nach der auart *Schramm-Dittmer* entworfene Schlepphaken dar, er sich im Augenblick der Gefahr selbsttätig auslöst. Der chlepphaken, Abb. 1, ist auf einem halbkreisförmigen Bügel leitend angebracht und um einen Bolzen *a* drehbar gelagert. ine Kupplung *b*, die sich am freitragenden Ende des akens befindet, verhindert ein Umklappen des Hakens um iesen Drehpunkt, solange keine Gefahr besteht. Wird die upplung gelöst, so kippt der Haken um und gibt die chlepptrosse frei. Die Selbsttätigkeit des Schleppgerätes uß also im Auslösen dieser Kupplung bestehen.

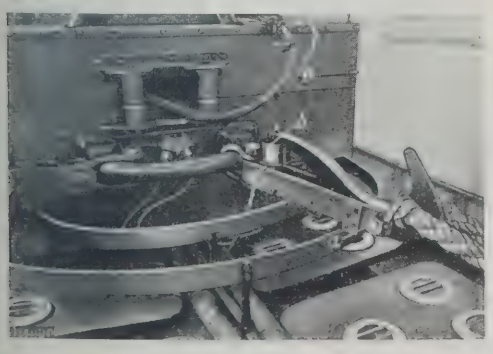


**Abb. 1**
Anordnung des Schlepphakens.
*a* Gelenkbolzen für den Schlepphaken *b* elektrisch auslösbare Kupplung, die mit selbsttätiger Auslösung den Schlepphaken freigibt

Als Ausgangspunkt hierfür dient die Neigung des Schiffes, bei der die Kentergefahr eintritt. Man baut nun, am besten im Ruderhaus, eine kreisförmig gebogene Quecksilberröhre ein, auf der man die jeweilige Neigung des Schiffes feststellen kann. In der Glasröhre sind verstellbare Platinkontakte eingeschmolzen und mit einer Schwachstrombatterie verbunden. Stellt man nun diese Kontakte entsprechend der vorher zu bestimmenden Neigungsgrenze des Schiffes ein, so überträgt sich der über das Quecksilber empfangene Strom mittels einer elektrischen Leitung nach der Auslösevorrichtung. Hier bringt er die vorhergenannte Kupplung, in der sich zwei Zünddrähte und ein leicht erhitzbarer Stoff befinden, zum Glühen und vernichtet sie im Bruchteil einer Sekunde. Der Schlepphaken kippt infolge des auf ihn wirkenden Trossenzuges um und gibt die Schlepptrosse frei.

Der Vorteil dieses Schleppgerätes liegt darin, daß der Schiffsführer infolge der beseitigten Kentergefahr seine Aufmerksamkeit ganz auf die eigentlichen Schleppmanöver richten kann. Außerdem kann er unabhängig von der rein selbsttätigen Wirkungsweise des Gerätes mittels eines am Führerstand befindlichen Kontaktes den Haken auslösen.

Die Anlage des Schleppgerätes, von dem sich ein Modell auf der Ausstellung „Bauten der Technik" in Danzig befand, ist von der See-Berufsgenossenschaft und dem Germanischen Lloyd geprüft und hat sich bereits in der Praxis bewährt. [M 3387] *Brühl*

## Warmbehandlung von Flugzeugteilen

Beim Warmbehandeln geschweißter Flugzeugteile aus Chrom-Molybdän-Stahl (0,25 bis 0,35 C, 0,4 bis 0,6 Mn, 0,04 P, 0,045 S, 0,8 bis 1,1 Cr, 0,15 bis 0,25 Mo) in üblichen Härteöfen und Kühlbädern der Naval Aircraft Factory hat *H. C. Kneer*, Philadelphia, festgestellt, daß die Flugzeugteile im Härteofen während des Glühens, beim Herausnehmen aus dem Ofen und im Kühlbad in verschiedenen Richtungen beansprucht werden. Man hängt daher die zu behandelnden Teile in einen feuerfesten Rahmen, der senkrecht von unten in den Härteofen eingeführt wird. Während der Warmbehandlung werden Temperatur und Ofenatmosphäre selbsttätig geregelt. Das Kühlbad wird unter den Ofen gefahren und der Rahmen mit den Flugzeugteilen unmittelbar senkrecht in das Ölbad getaucht. („The Iron Age" 29. August 1929 S. 519*) [N 3528 g] *Gw.*

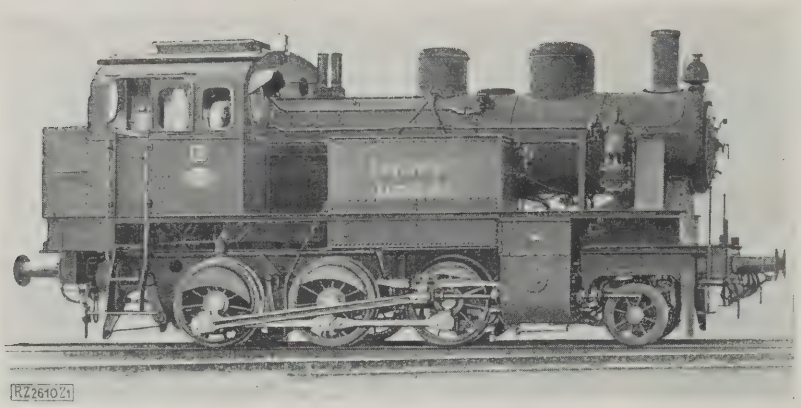



**Abb. 1**
1 C-Tenderlokomotive mit Caprottisteueru
*Krauß & Co., A.-G., München.*

| | | |
|---|---|---|
| Spurweite | 1435 | mm |
| Zylinder-Dmr. | 450 | „ |
| Kolbenhub | 550 | „ |
| Treibrad-Dmr. | 1200 | „ |
| Laufrad-Dmr. | 800 | „ |
| Fester Radstand | 3200 | „ |
| Gesamter Radstand | 5700 | „ |
| Dampfüberdruck | 12 | at |
| Heizfläche, feuerberührt einschl. Überhitzer | 99 | m² |
| Rostfläche | 1,6 | „ |
| Wasservorrat | 6 | m³ |
| Brennstoffvorrat | 1,7 | t |
| Leergewicht | 41,5 | „ |
| Dienstgewicht | 54 | „ |
| Reibungsgewicht | 42 | „ |
| Zugkraft $\frac{0{,}6\,p\,d^2\,s}{D}$ | 6650 | kg |

# Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive

*Von Oberingenieur Dipl.-Ing. WILHELM BAUER, München*

*Die Gründe, die zur Wahl der Caprottisteuerung für die von Krauß & Co., München, gebaute Lokomotive geführt haben: Häufiges Anfahren und Halten sowie viele Leerfahrten. — Neuartige Anordnung der Steuerung: Der Antrieb ist in die Mitte verlegt trotz außen liegender Zylinder. — Die dampftechnischen Unterscheidungsmerkmale der Caprottisteuerung gegenüber den andern Steuerungen in bezug auf die Füllungen und die Völligkeit des Dampfschaubildes. — Versuchsfahrten und Betriebsergebnisse: wesentliche Dampfersparnisse, namentlich bei häufigem Anfahren und Fahren auf schwach geneigten Strecken. — Die Verbreitung der Caprottisteuerung.*

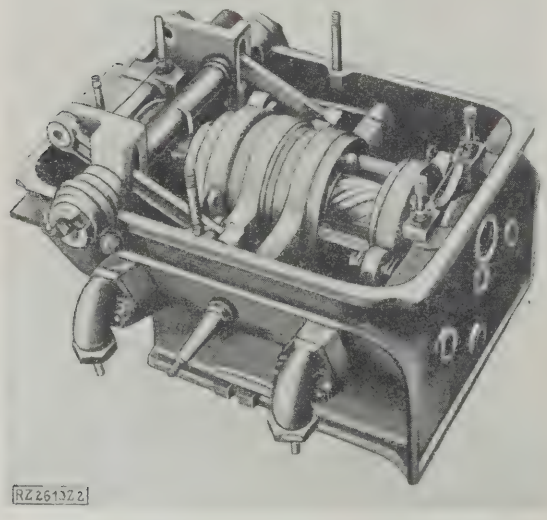
Vor kurzem lieferte die Lokomotivfabrik Krauß & Co. A.-G., München, an die Augsburger Lokalbahn, A.-G., eine 1 C-Heißdampf-Tenderlokomotive ab, die mit Caprottisteuerung ausgerüstet ist, Abb. 1. Zur Wahl dieser Steuerung hat die Eigenart des Lokalbahnbetriebes geführt. Das häufige Anfahren im Strecken- und Verschiebedienst erfordert große und zugleich wirtschaftliche Füllungen, die vielen Leerfahrten ebensolche kleinste Füllungen. Bei den üblichen Steuerungen sind aber gerade kleine Füllungen für den besondern Zweck unvorteilhaft. Es wurde daher, gestützt auf die Erfolge bei andern Ba verwaltungen, statt der Heusingersteuerung die Capr steuerung gewählt.

### Die Caprottisteuerung[1])

verläßt die bisher allgemein angewandte äußere Steuer vollkommen und erreicht bei einfacher Übertragungsw die größte Völligkeit des Dampfdiagrammes für alle lungen. Die in Abb. 2 und 3 sichtbaren, seitlich her stehenden senkrechten Stößel *a* und *b* betätigen die Zylinder angeordneten Ventile unmittelbar. Die Kur scheibe *c* dient zum Öffnen, die Scheibe *d* zum Schli des Einlaßventils. Der Auslaß wird nur von der volls dig getrennten Nockenscheibe *e* gesteuert.

Infolge dieser Trennung von Einlaß und Auslaß k man die Verdichtung für alle Füllungen auf einer vorhe stimmbaren, dem Zweck der Lokomotive angepaßten H unverändert halten. Die Füllung wird verändert, indem beiden l o s e auf der Nockenwelle *f* angeordneten Ein nocken *c* und *d* gegeneinander verdreht werden. Die Noc welle ist zu diesem Zweck mit einem mehrgängigen S gewinde versehen, auf dem zwei Muttern in verschiebba

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 66 (1922) S. 287.



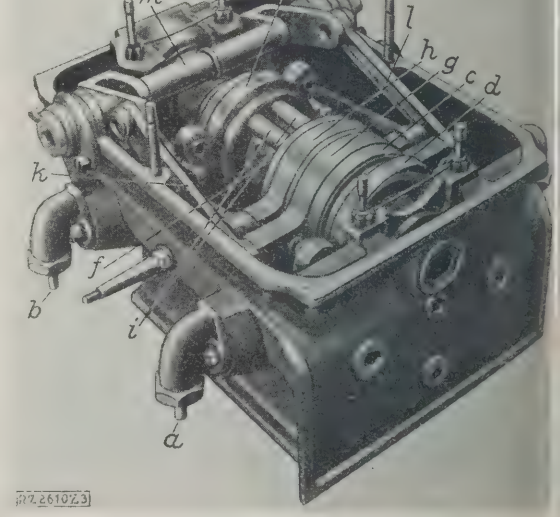




**Abb. 2 und 3. Der Getriebekasten für die Caprottisteuerung, Deckel abgehoben.**
**Abb. 2. Steuerung für Vorwärtsfahrt** **Abb. 3. Steuerung für Rückwärtsfahrt, voll ausgeleg**

*a* Ventilstößel zum Einlaß *b* Ventilstößel zum Auslaß *c* Nockenscheibe zum Öffnen des Einlasses *d* Nockenscheibe zum Schließen des Einlasses *e* Nockenscheibe zum Öffnen und Schließen des Auslasses *f* Nockenwelle mit Steilgewinde *g*, *h* Gleitringe *i* Verbindungstangen zwischen Nocken und Gleitringen *k*, *l* Hebelgestänge zur Füllungsverstellung und Umsteuerung *m* Welle für *k* und *l*

Kuppelachse
Kegelräder
schräge Übersetzung
Nockenwelle mit Kegelräderantrieb
Steuerhandrad
Kettenübertragung zur Füllungsverstellung und Umsteuerung
mit Kettenzahnrad $h$ festverbundener doppelarmiger Hebel, der fest auf Welle $i$ ($m$ in Abb. 2 und 3) sitzt
Verbindungsstangen der Hebel $g$ beider Zylindersteuerungen
Ventilstößel
Einlaßventil
Auslaßventil

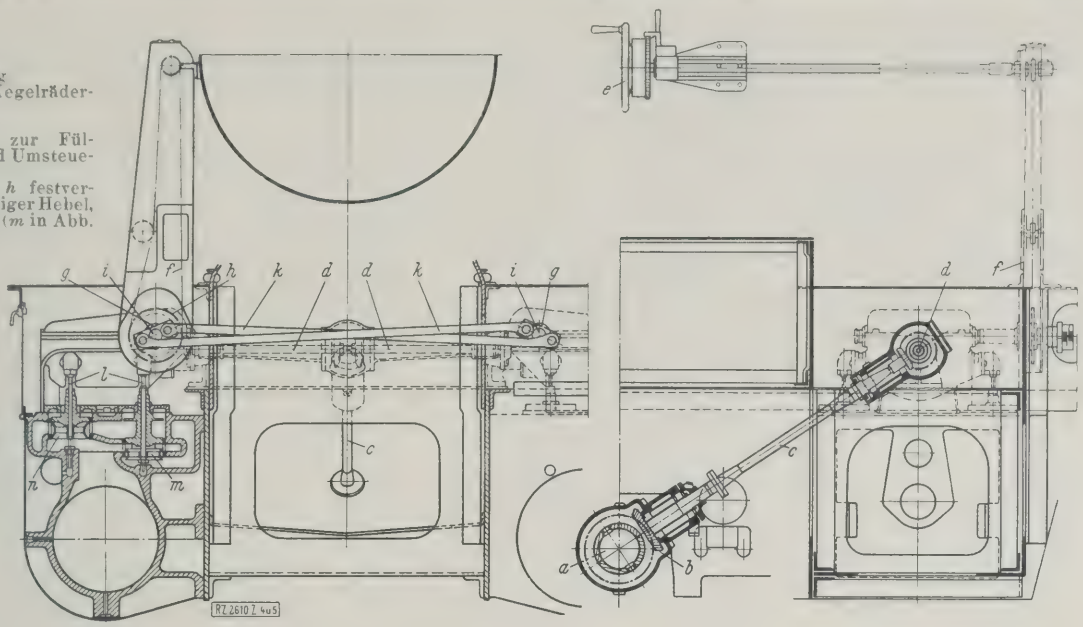



**Abb. 4 und 5** Der Antrieb der Caprottisteuerung bei der Krauß-Lokomotive

aber nicht verdrehbaren Gleitringen $g$ und $h$ laufen. Verschiebt man die Muttern, so verdrehen sie sich auch und gleichzeitig die mit ihnen mittels Stangen $i$ starr verbundenen Nockenscheiben, wodurch die steuernden Kanten gegenseitig verschoben werden. Die erwähnten Gleitringe sind durch Hebelgestänge $k$, $l$ mit der Welle $m$ verbunden. Alle der Bewegung und der Abnutzung unterworfenen Teile sind im Getriebekasten gegen Staub und Feuchtigkeit geschützt angeordnet, laufen dauernd im Öl und kommen mit Dampf garnicht in Berührung.

### Die Caprottisteuerung an der Krauß-Lokomotive

Während noch bei der auf der Seddiner Ausstellung gezeigten von der Hanomag gebauten Lokomotive mit Caprottisteuerung der Antrieb von einer außenliegenden Gegenkurbel abgeleitet war, ist bei der Krauß-Lokomotive trotz außenliegender Zylinder der Antrieb in die Mitte der Maschine verlegt, Abb. 4 und 5. Hier wird die Nockenwelle $d$ ($f$ in Abb. 3) von der ersten Kuppelachse $a$ angetrieben, Übersetzung 1:1. Um für beide Zylinder im Interesse der Vorratshaltung ganz gleiche Getriebekasten verwenden zu können, werden die Nockenwellen in entgegengesetzter Richtung angetrieben. Füll- und Ablaßstutzen sind an den Gehäusen vorgesehen.

Eine vollkommen starre Verbindung zwischen der Kuppelachse und dem Antrieb der querliegenden Nockenwelle ist wegen des Federspieles der Kuppelachse nicht möglich. Es mußte daher der untere Teil der schrägen Welle $c$ mit einer Nut zur Längsverschieblichkeit ausgeführt werden. Auch der obere Anschluß an die Nockenwelle darf wegen des seitlichen Spiels der Achse nicht starr sein.

Vom Handrad im Führerstand aus wird die Steuerung über den Kettenantrieb $f$ bedient, und zwar beide Zylinderseiten in der Weise, daß die gekreuzten Stangen $k$ die mit den Umsteuerwellen $i$ fest verbundenen Hebel $g$ miteinander kuppeln. Die Stangenverbindung statt Ketten ist hier möglich, da sich die Umsteuerwellen, also die Hebel, nur um etwa 60° zu drehen brauchen. Eine Drehung des Handrades um etwa 320° genügt, um die Steuerung von der größten Füllung vorwärts auf die gleiche Stellung rückwärts umzulegen, was gerade im Verschiebedienst sehr vorteilhaft ist. Dabei ist der Kraftaufwand sehr gering.

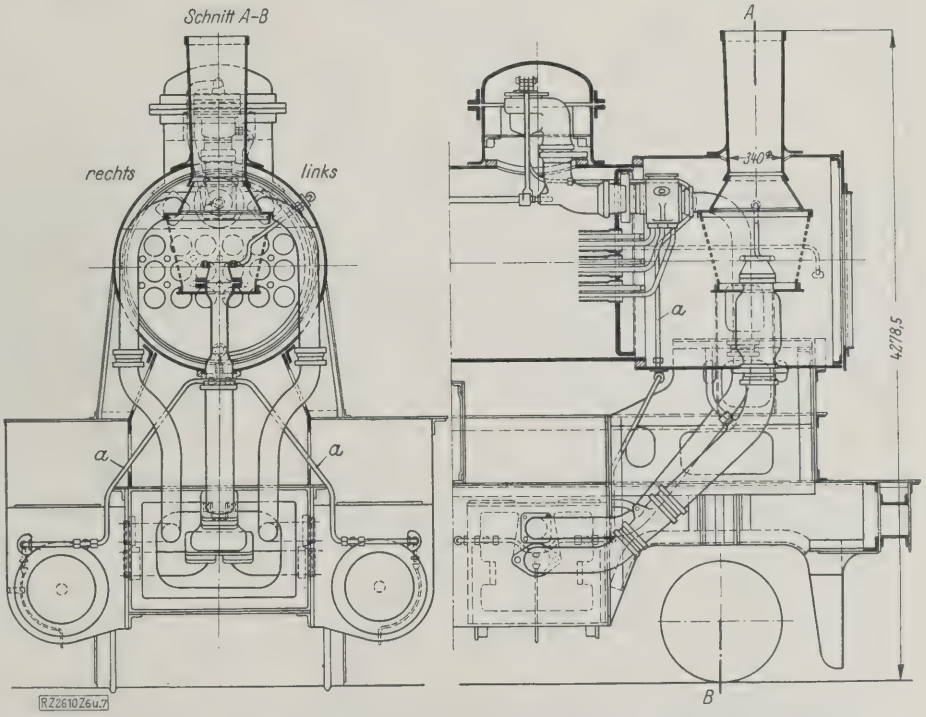
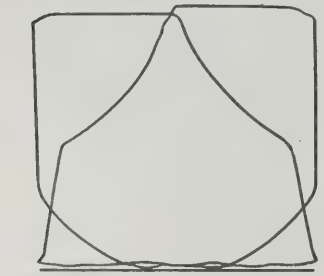


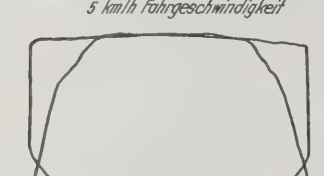

**Abb. 6 und 7.** Die Anordnung der Dampfzuleitungen $a$ der Krauß-Lokomotive.

Die Ein- und Auslaßventile werden hier durch den Dampfdruck selbst auf ihren Sitz gepreßt. Bei geschlossenem Regler liegen die Ventile infolge ihres Eigengewichtes in der tiefsten Stellung und berühren die Stößelstangen nicht. Damit beim Öffnen des Reglers die Ventile nicht hart auf ihren Sitz aufschlagen, wurde der Ventilregler mit einem kleinen Hilfsventil versehen. Beim Öffnen des Reglers wird zuerst dieses Ventil gelüftet, durch die Rohrleitung $a$, Abb. 6 und 7, tritt Dampf unter die Steuerventile, die dadurch langsam angehoben und an ihren Sitz gepreßt werden. Erst dann öffnet sich das große Regler-

RZ 2610 Z 8 30 v.H. Füllung
30 km/h Fahrgeschwindigkeit



RZ 2610 Z 9 52 v.H. Füllung
5 km/h Fahrgeschwindigkeit



RZ 2610 Z 10 80 v.H. Füllung
20 km/h Fahrgeschwindigkeit

**Abb. 8 bis 10**
Die bei den Versuchsfahrten gewonnenen Dampfschaulinien mit der Krauß-Lokomotive mit Caprottisteuerung.

ventil und läßt den Dampf in die Einströmkammer der Zylinder eintreten.

Die Ventilspindeln sind in Labyrinthdichtungen geführt. Bei Leerfahrten, also bei geschlossenem Regler, sind die beiden Kolbenseiten über die in ihrer tiefsten Lage befindlichen offenen Ventile hinweg dauernd miteinander verbunden. Dabei kann sich die Steuerung in beliebiger Lage befinden. Es konnte daher auf Druckausgleicher und Luftsaugventile verzichtet werden.

### Betriebsergebnisse

Auf den Strecken der Isartalbahn, A.-G., München, und der Augsburger Lokalbahn, A.-G., wurden mit der Lokomotive eingehende Probefahrten gemacht. Die Verwendung der in sich geschlossenen Steuerkasten vereinfacht den Zusammenbau wesentlich. Mittels dünner Stahlblechbeilagen unter den Kappen konnten Fehler der Steuerung leicht ausgeglichen werden.

Die Caprottisteuerung ergibt bereits bei sehr kleinen Füllungen große Ventilerhebungen im Vergleich mit andern Steuerungen, Zahlentafel 1.

**Zahlentafel 1**

Ventilerhebungen der Heusingersteuerung mit Lenz-Ventilen und der Caprottisteuerung.

| Füllung . . . . . vH | 5 | 10 | 15 | 25 | 45 | 57 | 80 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ventilhub bei Heusingerantrieb in mm . . . . . | 1,5 | 4 | 7 | 10 | 13 | 16 | 21 |
| Ventilhub bei Caprottisteuerung in mm . . . . . | 9,5 | 10,5 | 15 | 17 | 17 | 17 | 17 |

Dank dieser vorteilhaften Eigenschaft und gleichzeitig großen Einlaßöffnungen konnten mit der Lokomotive Züge auf langen schwachen Steigungen mit einer Füllung von 10 bis 12 vH gefahren werden, wo Lokomotiven mit Heusingersteuerung bereits 20 vH und mehr Füllung brauchen. Bei den Probefahrten konnte die Dampftemperatur bis nahe an 400 ° gesteigert werden, ohne daß die Ventile irgendwelche Lässigkeit gezeigt hätten. Da bei der Caprottisteuerung an keiner Stelle Dampf mit geschmierten Steuerungsteilen in Berührung kommt, kann die Temperatur ohne Rücksicht auf Verkokung des Schmieröls gewählt werden.

Die in Abb. 8 bis 10 wiedergegebenen Dampfschaulinien wurden bei den Probefahrten gewonnen. Ihre Überlegenheit gegenüber anderen Steuerungen liegt namentlich im Bereich der häufigst gebrauchten kleinen Füllungen. Leider war es bei den Probefahrten nicht möglich, den Kohlen-, Wasser- und Schmierölverbrauch festzustellen. I sei aber auf die Ergebnisse der Versuchsfahrten n Caprottilokomotiven auf andern Bahnen verwiesen, so England[2]) und in Amerika[3]). Die österreichischen Bunde bahnen haben mehrere Lokomotiven zum Teil nachträgli mit Caprottisteuerung ausgerüstet und gegenüber Lokom tiven mit Lenz-Ventilsteuerung auf Bergstrecken 12 vH u auf Flachlandstrecken, wo also mit kleineren Füllung gefahren werden konnte, 24 vH Kohlenersparnis festgestel

Mit Caprottisteuerung, die erst seit etwa sieben Jahr bekannt ist, sind bis jetzt etwa 100 Lokomotiven ausg rüstet, und zwar hat man sie vielfach erst in umzubauen Lokomotiven eingebaut. [B 2610]

[2]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 526 und 974.
[3]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 4 S. 142.

## Hochdrucklokomotiven „Schmidt“ und „Winterthur“

### Zuschrift

Die Bemerkung von Dr.-Ing. *Brown* in seinem Aufsa in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 5 S. 156, daß die an der Hochdruc lokomotive Winterthur gemessenen Verbrauchzahlen d niedrigsten sind, die je an einer Dampflokomotive gemess wurden, sowie die Zuschrift von *O. H. Hartmann* in Bd. 73 (1929) Nr. 29 S. 1037, in der die Verbrauchzahl der Schmidt-Hochdrucklokomotive angegeben werden, ve anlassen mich zu der nachfolgenden Mitteilung:

Bei den Meßfahrten mit der von Fried. Krupp gebaut Zoelly-Krupp-Niederdruck-Turbinenlokomotive wurden Sommer 1928 und im Winter 1929 umfangreiche Meßfahrt auf den Strecken der Reichsbahn ausgeführt. Bei diesen Me fahrten, die jetzt abgeschlossen und ausgewertet sind (ei gehender Bericht wird von andrer Seite veröffentlicht) wur bei 80 km/h Geschwindigkeit und 1200 bis 1300 PS Leistu am Zughaken ein Kohlenverbrauch von 0,75 kg/PSh, bezog auf die Nutzleistung am Zughaken, gemessen. Gegenül den Zahlen von etwa 1 kg/PSh, wie sie *Brown* angibt u 0,91 kg/PSh, wie sie *Hartmann* angibt, stellt die oben nannte Verbrauchzahl einen außerordentlich günstig Wert dar. Es sei hier noch bemerkt, daß die Zahl 0,75 k PSh den Mittelwert aus einer großen Anzahl von V suchen darstellt, also die Lage der Verbrauchkurve über Zughakenleistung angibt und dementsprechend mit d Werten, die *Nordmann* in Z. Bd. 72 (1928) S. 1922, Abb. Kurve $a_2$ für die Schmidt-Hochdrucklokomotive angibt, vergleichen ist.

Nach dieser Feststellung ist es klar, daß die niedrigs Verbrauchzahlen an der Zoelly-Krupp-Turbinenlokomot gemessen wurden, wodurch die Frage, welche von den Ho drucklokomotiven „Schmidt“ oder „Winterthur“ sparsar ist, die so schwer zu entscheiden ist, da die beiden Lo motiven nach ganz verschiedenen Verfahren untersucht w den, wesentlich an Bedeutung verliert.

Essen *R. Loren*

### Erwiderung

Der Vergleich zwischen dem Kohlenverbrauch 1 PSh, bezogen auf die Nutzleistung, am Zughaken Zoelly-Krupp-Turbinenlokomotive und den Hochdrucklo motiven „Schmidt“ und „Winterthur“ ist m. E. abweg denn die Turbinenlokomotive von Krupp arbeitet mit K o n d e n s a t i o n, wozu recht teure und verwickelte Einri tungen für das Niederschlagen des Abdampfes und zur Z erzeugung für die Feuerunterhaltung notwendig sind, w rend die beiden Hochdrucklokomotiven Auspuffmaschi mit selbsttätiger Feueranfachung sind.

Kassel-Wilhelmshöhe *O. H. Hartman*

### Rückäußerung

Erfordert die Erweiterung des Wärmegefälles nach un durch die Kondensation zusätzliche Einrichtungen, so nicht vergessen werden, daß auch die Erweiterung nach o durch Druck- und Temperaturerhöhung recht umständli und teure Einrichtungen erfordert, wie der *Schmidts* Zweidruckkessel mit mittelbarer Beheizung (also eigent Dreidruckkessel) und doppelter Überhitzung ohne weite erkennen läßt. [D 3449

Essen *R. Loren*

# Aus neueren Versuchen mit Zement, Zementmörtel und Beton

*Von OTTO GRAF, Stuttgart*

*Jede Stoffprüfung soll so durchgeführt werden, daß die Ergebnisse mit ausreichender Zuverlässigkeit auf die Wirklichkeit übertragen werden können. Die Abnahmevorschriften, hier des Zements, sind unter dieser Bedingung fortlaufend im Auge zu behalten. — Für die Gestaltung des Betons sind einfache Richtlinien notwendig. Die Grundlagen für solche Richtlinien sind schon vorhanden. Weitere Versuche, die im Gange sind, sollen die Grenzwerte für die zahlenmäßigen Forderungen erkennen lassen.*

n dieser Zeitschrift, Bd. 68 (1924) S. 853, habe ich über die Entwicklung der Eigenschaften der Zemente berichtet. Dabei war hervorzuheben, daß die Zemente in bezug auf die Geschwindigkeit der Erhärtung (nach em Abbinden in üblicher Zeit) und hinsichtlich der größe der Druckfestigkeit eine fortschreitende Verbesserung aufweisen. Die Vertiefung der Erkenntnisse ber die Eigenschaften der Zemente und des Betons rmöglicht eine weitgehende Ausnutzung der Zemente. azu muß bei der Abnahme eine Prüfung der Zemente ach den Normen und ein fortlaufender Nachweis der etonfestigkeiten im Baubetrieb stattfinden. Den maßebenden Einfluß zeigt die Betonprüfung, jeweils nach en Erfordernissen im Bauwerk abgestimmt.

### Zementprüfung

Bei der Auslese der Zemente nach der Normenrüfung allein ist zu beachten, daß die Entwicklung der igenschaften der Zemente durch das Prüfverfahren der ormen gemessen wird. Dieses Verfahren ist seit fünf ahrzehnten im wesentlichen unverändert geblieben und eckt die heutigen Bedürfnisse nicht mehr ausreichend.

Die deutschen Normen für einheitliche Lieferung nd Prüfung von Portlandzement, Eisenportlandzement nd Hochofenzement verlangen, daß erdfeucht angemachter Mörtel aus einem Gewichtsteil Bindemittel und rei Gewichtsteilen eines bestimmten, genau vorgeschriebenen Sandes nach bestimmter Verarbeitung und ehandlung Druck- und Zugfestigkeiten liefert, die ber gewissen Mindestwerten liegen. Die Größe der rlangten Festigkeitswerte zeigt, ob das Bindemittel en Mindestforderungen im Sinne der Normen entpricht. Diese Bestimmung ist für den Zementverbrauer nicht das wichtigste. Daß die deutschen Portlandemente, Eisenportlandzemente und Hochofenzemente en Normen entsprechen, war in früheren Jahren und t auch heute selbstverständlich. Die Zementprüfung ird weniger deshalb veranlaßt, weil Bedenken hinchtlich der Mindestfestigkeiten vorliegen, sondern rwiegend, weil festgestellt werden soll:

1. ob die Normenfestigkeit der Zemente einer beimmten Fabrik stets um einen gewissen Betrag über en Mindestwerten bleibt, in engen Grenzen schwankt der größere Unregelmäßigkeiten zeigt,

2. welche Zemente im Beton unter sonst gleichen mständen die höheren Festigkeiten liefern und ob die berlegenheit regelmäßig im Sinne des unter 1. Gesagten t erwarten ist.

Die übliche Anwendung der Zementprüfung hat zur oraussetzung, daß die Festigkeit des Betons und der örtel, die bei Bauausführungen hergestellt werden, nter sonst gleichen Verhältnissen unmittelbar mit der Normenfestigkeit veränderlich ist, z. B. daß Zement mit $K_n = 600$ kg/cm² gegenüber Zement mit $K_n = 300$ kg/cm² das Doppelte an Druckfestigkeit auch im Beton liefere. Diese Voraussetzung ist bei vielen Zementen als zutreffend gefunden worden, wenigstens mit der Annäherung, die hier überhaupt zu erwarten ist. Aber es finden sich auch Ausnahmen, d. h. es gibt Zemente, die mehr oder minder geringere Betonfestigkeiten liefern, als die Normenfestigkeit erwarten läßt. Da ich wiederholt Gelegenheit hatte, solche Ausnahmen zu beobachten, dürfte es angezeigt sein, aus diesen Versuchen Ergebnisse hier mitzuteilen. Fälle, die praktisch bedenkliche Folgen hatten, blieben selten; weniger ausgeprägte Abweichungen von mittleren Verhältnissen wurden mit der in neuerer Zeit einsetzenden weiteren Untersuchung öfters festgestellt.

Zahlentafel 1 zeigt, wie die Festigkeiten von weich angemachten Mörteln mit gemischtkörnigen Sanden durchaus nicht mit den Festigkeiten der erdfeucht angemachten Mörtel gleichlaufen. Die Verhältniszahlen betragen

für die Normenfestigkeiten 671 : 369 : 342 = 1 : 0,55 : 0,51,
„ „ gemischtkörnigen, weich angemachten Mörtel
1 : 2 666 : 202 : 172 — 1 : 0,30 : 0,26,
desgl. 1 : 4 294 : 58 : 49 = 1 : 0,20 : 0,17.

Der Unterschied wurde größer mit zunehmendem Wasserzementfaktor. Dieses Ergebnis gibt Anlaß, bei Gußbetonbauten, überhaupt bei Beton, der mit viel Wasser angemacht wird, nicht außer acht zu lassen, daß es Zemente gibt, die unter solchen Umständen weniger leisten, als die Normenprüfung erwarten läßt. Weitere Beispiele enthält Zahlentafel 2. Ein besonders krasser Fall begegnete mir im vergangenen Jahr. Aus den zugehörigen Versuchen, die Klarstellung brachten, seien einige Zahlen genannt:

| Zement | $a$ | $l$ | $g$ |
|---|---|---|---|
| Normenfestigkeit $K_n$ . . . | = 570 | 546 | 546 kg/cm², |
| flüssig angemachter Mörtel 1 : 4, $w = 0{,}88$, $K_{28}$ . . . | = 186 | 154 | 46 „ . |

Die Versuche lassen erkennen, daß Veranlassung vorliegt, in gewissen Fällen neben der jetzigen Normenprüfung, die sich auf erdfeucht angemachte Mörtel stützt, die im Baubetrieb nie oder höchst selten vorkommen, Prüfungen mit weich und flüssig gemachtem Mörtel unter Verwendung von gemischtkörnigen Sanden vorzunehmen, die wirklichen Verhältnissen nahekommen.[1])

Damit sollen keineswegs die großen Fortschritte verkannt sein, welche die deutschen Zementerzeuger zu verzeichnen haben und die erst in jüngster Zeit in

[1]) *Graf*, „Tonindustriezeitung" Bd. 51 (1927) S. 1564.

**hlentafel 1.** Festigkeit verschieden angemachter Mörtel.

| | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ment | Normendruckfestigkeit $K_n$ 28 | Würfel mit gemischtkörnigem Sand Wasserzementfaktor $w$ | | | Druckfestigkeit kg/cm² | | |
| | | 1:4 erdfeucht | 1:2 weich | 1:4 weich | 1:4*) erdfeucht | 1:2**) weich | 1:4**) weich |
| D | 671 | 0,39 | 0,41 | 0,66 | 581 | 666 | 294 |
| B | 369 | 0,37 | 0,47 | 0,75 | 311 | 202 | 58 |
| R | 342 | 0,37 | 0,47 | 0,75 | 256 | 172 | 49 |

*) 1 Tag in feuchter Luft, 27 Tage in Wasser von 15 bis 20° C.
**) 1 Tag unter feuchten Tüchern, 6 Tage in Wasser von 15 bis C, 21 Tage trocken in einem Raum mit 15 bis 20° C Lufttemperatur.

**Zahlentafel 2.** Festigkeit von Mörtel mit verschiedenen Zementen.

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Zement | Normenprüfung der Zemente | | | Mörtel aus 1 Gewichtsteil Zement und 3 Gewichtsteilen Rheinsand*) | | | |
| | | Druckfestigkeit kg/cm² | | | | Druckfestigkeit kg/cm² (Raumgewicht g/cm³) | |
| | $w$ | 7 Tage | 28 Tage | $w$ | $g$ mm | 7 Tage | 28 Tage |
| S | 0,33 | 341 | 549 | 0,63 | 230 | 102 (2,14) | 223 (2,04) |
| N | 0,33 | 309 | 451 | 0,65 | 230 | 111 (2,15) | 224 (2,03) |
| H | 0,31 | 233 | 432 | 0,61 | 232 | 62 (2,16) | 159 (2,04) |
| P | 0,35 | 221 | 405 | 0,65 | 228 | 59 (2,16) | 136 (2,02) |

*) Vom Rheinsand fielen durch das Sieb mit 900 Maschen auf 1 cm² | mit 1 | 3 | 7 mm Lochdurchmesser
7.3 | 72,9 | 84,3 | 100 vH

bezug auf Größe der Festigkeit und auch in bezug auf die Geschwindigkeit der Erhärtung des Portlandzements wieder recht Erfreuliches zu verzeichnen haben. Die Ingenieure machen eben ihre Wünsche geltend, damit den Bedürfnissen der Praxis möglichst gefolgt wird.[2])

Unter diesen Wünschen darf man nicht vergessen, daß führende Ingenieure immer wieder aufmerksam machen, daß das Schwinden des Betons, also die Raumverminderung beim Austrocknen, noch mancherlei Sorgen bereitet. Wenn es gelingt, Zemente zuverlässig zu liefern, die neben hoher Zugfestigkeit[3]) wenig schwindenden Beton entstehen lassen, würde dieser Fortschritt als besonders wichtig zu verzeichnen sein.

### Kornzusammensetzung des Betons

Die Untersuchungen mit Beton, vor allem zur Erlangung von Beton mit bestimmten Festigkeiten, konnte ich in den letzten Jahren vornehmlich auf Eigenschaften ausdehnen, die bislang eine planmäßige Verfolgung nicht erfahren haben: Biegefestigkeit, Abnutzwiderstand, Schwinden und Quellen, Wasserdurchlässigkeit, Widerstand gegen chemischen Angriff.

*Fuller* und *Thompson*[4]) haben ihren Druckversuchen entnommen, daß Kiesbeton die höchsten Festigkeiten liefere, wenn er gemäß dem in Abb. 1 und 2 dargestellten gestrichelten Linienzug zusammengesetzt werde. Hiernach soll die Körnung bis $^1/_{10}$ D, also bis $^1/_{10}$ der oberen Korngrenze des Betons, rd. $^3/_{10}$ bis $^4/_{10}$ der trockenen Bestandteile des Betons, einschließlich des Zements, umfassen. Für die Stufung der Körnung bis $^1/_{10}$ D ist eine Parabel gewählt.

Diese auch heute noch wichtigen Feststellungen lassen sich im Baubetrieb nur selten ohne weiteres anwenden, weil der für den Baubetrieb zweckmäßige Gehalt an groben Bestandteilen veränderlich zu wählen ist; in Stampfbeton können mehr grobe Zuschläge aufgenommen werden als im Eisenbeton; zu Eisenbeton mit vielen und eng verlegten Eiseneinlagen ist Beton mit mehr Mörtel notwendig als für massige Eisenbetonkörper mit weitmaschiger Bewehrung. Dazu tritt selbstverständlich die Rücksicht auf die Beschaffenheit der natürlichen Vorkommen, auch auf die Beschaffungs- und Beförderungskosten.

Diese Sachlage gab Veranlassung, nachzuprüfen, was praktisch als grobe Zuschläge zu gelten hat. Die Erfahrung lehrte, daß die Grenze etwa bei der Körnung zu suchen ist, die durch das 7 mm-Rundlochsieb (etwa gleichwertig mit dem 5 mm-Maschensieb) fällt. Wenn im Eisenbeton die Grundmasse aus den Körnern bis 7 mm gewählt wurde, ließen sich — soweit ich das verfolgen konnte — unter Zusatz veränderlicher Mengen der groben Stücke (Kies, Schotter je nach Möglichkeit bis 12, 25 und 40 mm usf. reichend) alle Erfordernisse durchführen.

Weiterhin war zu untersuchen, inwieweit die Menge der groben Zuschläge unter den gewählten Bedingungen Einfluß nimmt. Aus diesen Untersuchungen stammt Zahlentafel 3[5]). Unter Beibehaltung des Mörtels wurden diesem wachsende Mengen Schotter oder Kies zugesetzt. Die Druckfestigkeit änderte sich dabei nicht erheblich, solange die Mörtelmenge ausreichte, die groben Stücke zu umschließen. Diese Feststellung erschien wichtig, da sich damit nicht bloß die geschilderte Art der Betonzusammensetzung als geeignet erwies (Trennung des Sandes durch das 7 mm-Rundlochsieb und Gestaltung des Betons durch Veränderung der Menge des Groben, das auf diesem Sieb liegen blieb), sondern vor allem, weil sich damit die Festigkeit des Mörtels in erster Linie als maßgebend herausstellte. Damit wurden die Maßnahmen, den Beton sachgemäß zusammenzusetzen, wesentlich vereinfacht. Die Kornzusammensetzung der groben Teile war von untergeordneter Bedeutung; die Zusammensetzung des Mörtels (0 bis 7 mm) war in erster Linie maßgebend.

[2]) Der Ausschuß für die Neubearbeitung der Zementnormen wird die hier erörterten Feststellungen weiter verfolgen.
[3]) *Spangenberg*, „Beton und Eisen" Bd. 26 (1927) S. 16.
[4]) Proceedings of the American Society of Civil Engineers Bd. 33 (1907) S. 222.
[5]) Vergl. *Graf*, „Armierter Beton" Jahrg. 7 (1914) S. 197 u. f.

**Zahlentafel 3**
Einfluß der Menge der groben Zuschläge.

| Stampfbeton aus Portlandzement, Rheinsand von 0 bis 7 mm und Kalksteinschotter von 7 bis 40 mm. (Zt, Sd, Sch) | | | Weich angemachter Beton aus Portlandzement, Rheinsand von 0 bis 7 mm und Rheinkies von 7 bis 25 mm. (Zt, Sd, K) | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Zusammensetzung in Raumteilen | Druckfestigkeit kg/cm² | Zt in 1 m³ Beton kg | Zusammensetzung in Raumteilen | Druckfestigkeit kg/cm² | Zt in 1 m³ Beton kg |
| 1 Zt 2 Sd | 360 | 730 | 1 Zt 2 Sd | 311 | 650 |
| 1 Zt 2 Sd 1 Sch | 379 | 570 | 1 Zt 2 Sd 2 K | 313 | 390 |
| 1 Zt 2 Sd 2 Sch | 399 | 470 | 1 Zt 2 Sd 3,5 K | 294 | 310 |
| 1 Zt 2 Sd 4 Sch | 405 | 340 | 1 Zt 2 Sd 5 K | 270 | 250 |

### Kornzusammensetzung der Mörtel im Beton

Von diesen Feststellungen ausgehend, ist durch zahlreiche Versuche mit verschiedenen Zementen und verschiedenen Sanden (Flußsande, Moränensande, Quetschsande) die Zusammensetzung der Mörtel gesucht worden, die unter sonst gleichen Umständen die höchste Festigkeit liefert. Dabei zeigte sich, daß die Kornzusammensetzung des Mörtel und der Sande, die unter sonst gleichen Verhältnissen (Zementgehalt, Konsistenz usf.) die höchste Festigkeit ergibt, für Sande verschiedener Kornform zwar verschieden ist, daß aber die Kornzusammensetzung des Gemisches aus Zement und Sand bei gleicher Kornform unverändert gewählt werden kann. Für Flußsande fand sich daß die Druckfestigkeit der Mörtel, die dem ausgezogenen Linienzug 5, Abb. 3, folgen, nahe der höchst erreichbaren liegt. Mit Moränensanden liegt die Linie der Kornzusammensetzung für die Mörtel höchster Festigkeit etwas tiefer für Quetschsande höher, für langsplitterige nahe der Linienzug 7. Weiter ließ sich den Versuchen entnehmen daß die zweckmäßige Zusammensetzung der Sande vom Zementgehalt der Mörtel abhängt, derart, daß es sich empfiehlt, die Kornzusammensetzung der Mörtel unabhängig vom Mischverhältnis zu wählen. Wenn demnach Mörtel aus Flußsand gemäß dem Linienzug 5, Abb. hergestellt werden, so muß der Sand bei kleinerem Zementgehalt des Mörtels mehr feine Teile enthalten, und zw

| Körnung | 0 bis 0,2 | 0,2 bis 1 | 1 bis 3 | 3 bis 7 m |
|---|---|---|---|---|
| bei 1 Gewichtsteil Zement und 3 Gewichtsteilen Flußsand . . . . . | 0 | 13,3 | 40 | 46,7 |
| bei 1 Gewichtsteil Zement und 6 Gewichtsteilen Flußsand . . . . . | 12,5 | 11,7 | 35 | 40,8 |

Die Ergebnisse in Abb. 4, für Mörtel 3 bis 9, na Abb. 3, bestätigen das Gesagte für Flußsand (Rheinsan Mörtel, nach den Linien 3 bis 9, Abb. 3, zusammengeset in gleicher Konsistenz verarbeitet, lieferten Druckfest keiten nach Abb. 4. Mörtel 5 erwies sich am besten, abhängig vom Zementgehalt.

Mit Mörteln aus doppelt gebrochenem Basaltquetssand wurde bei Stufung nach den Linien 5 bis 10, Abb ähnlich verfahren. Abb. 5 zeigt, daß hier Mörtel 6 Erlangung höchster Festigkeit vorzuziehen ist.

Wenn Beton mit Flußsand und Kies derart hergestellt wird, daß der Mörtel 5, Abb. 3, und der Kies gleichmäßig gestuft sind, so finden sich bei 40 vH und 60 Mörtelgehalt des Betons die in Abb. 1 gezeichneten Linienzüge. Die Linie für Beton mit 40 vH Mörtel entspricht einem Beton mit dem praktisch geringstmöglichen Mörtelanteil. Der Vergleich mit der Linie nach *Fuller* und *Thompson* zeigt, daß unsere Linie des Kiesbetons höchste Festigkeit im Gebiet der feinen Körner tiefer verläuft. Die gleiche ist aus Abb. 2 zu entnehmen. Wird Beton mit 60 vH gutem Mörtel hergestellt, so gelten die entsprechend bezeichneten Linienzüge in Abb. 1 und 2.

Aus solchen Erwägungen empfehle ich, dem wichtigsten Teile des Betons, dem Mörtel, und dabei der Zusammensetzung des Mörtels die besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Welche Zusammensetzung des Mörtels in der Regel die höchsten Festigkeiten liefert, ist nach dem Gesagten bekannt.

Der ausführende Ingenieur muß beurteilen, wie den Erfordernissen zu entsprechen ist. Als Anleitung können die Leitsätze des Baukontrollausschusses des Deutschen

[9]) „Zement" Bd. 17 (1928) S. 1464.

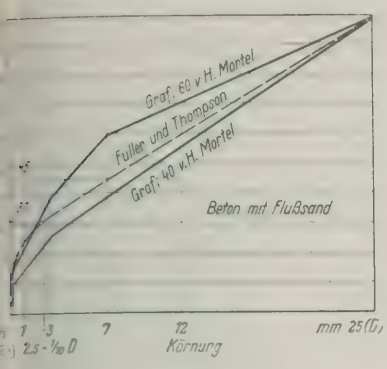



Abb. 1

Abb. 1 und 2
Kornzusammensetzung.

Abb. 1. Beton 0 bis 25 mm
„ 2. „ 0 „ 40 mm

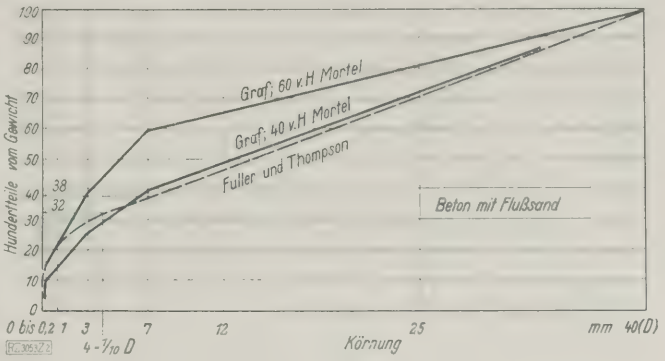



Abb. 2

Abb. 4 und 5. Druckfestigkeit für Mörtel nach Abb. 3.

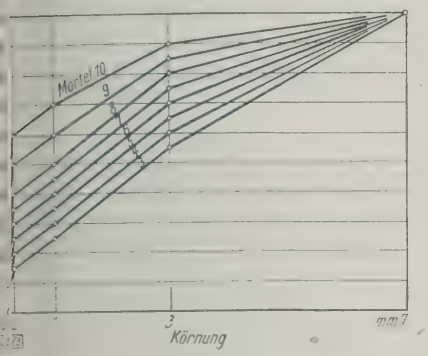



**Abb. 3**
Kornzusammensetzung der Mörtel, die in erster Linie zu den Versuchen benutzt wurden.

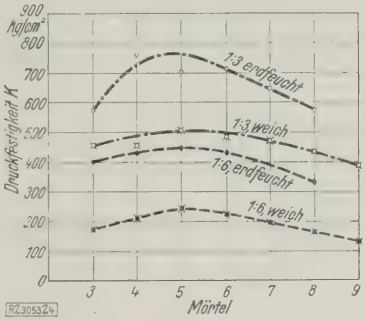



**Abb. 4**
12 Monate alte Mörtel.
Lagerung: 14 Tage feucht, 1½ Monate an der Luft, dann unter Wasser.

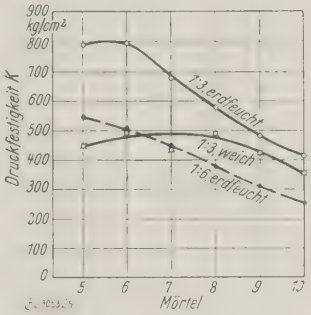



**Abb. 5**
Mörtel 5 bis 10 mit Basaltsand im Alter von 6 Monaten.
Lagerung: 14 Tage unter feuchten Tüchern, dann an der Luft.

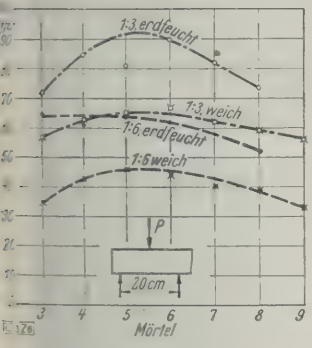



**Abb. 6**
12 Monate alter Mörtel.
Lagerung: 14 Tage feucht, 1½ Monate der Luft, dann unter Wasser.

**Abb. 6 und 7**
Biegefestigkeit für Mörtel nach Abb. 3.

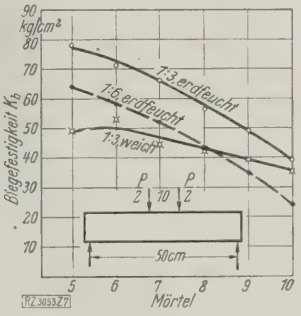



**Abb. 7**
Mörtel 5 bis 10 mit Basaltsand im Alter von 2 Monaten.
Lagerung: 14 Tage unter feuchten Tüchern, dann an der Luft.

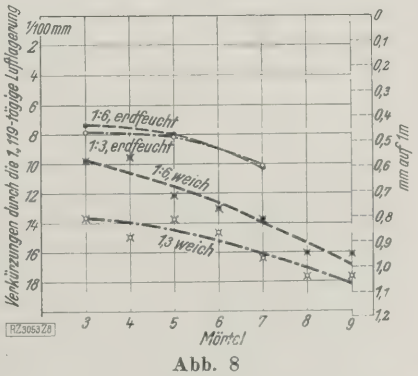



**Abb. 8**
Schwinden von rd. 170 mm langen Prismen aus Mörtel verschiedener Kornzusammensetzung (Abb. 3).

Eton-Vereins dienen; in diesen ist über gute, über noch brauchbare und über ungeeignete Sande entschieden. Um die Anwendung dieser Leitsätze zu unterstützen, sind in Stuttgart Zusammenstellungen der erforderlichen Geräte gemacht worden, und zwar derart, daß nach Möglichkeit Gegenstände verwendet werden, die in Eisenwarenhandlungen käuflich sind[7]).

### Steinmehle

Die Beurteilung der Mörtel nach den empfohlenen Siebkurven läßt sich auch durchführen, wenn es sich um den Zusatz von Traß oder andern Steinmehlen, auch von Lehm oder Ton handelt.

Wenn den Mörteln, die zu wenig Feines aufweisen, Steinmehle zugegeben werden, so steigt die Festigkeit; sind sie vornherein genügend feine Teile vorhanden, so fällt die Festigkeit durch weitere Zusätze[8]). Diese Feststellungen gelten für Mehle, die übliche Kornform haben (rundliche Geschiebekörner, einfache Splitter). Weisen die Mehlkörner außerordentliche Gestalt auf (Kieselgurwaben, Glimmerblättchen), so sind die Steinmehle nur in sehr geringen Mengen als Zusatz angängig[9]). Über den Einfluß der Gestalt der groben Bestandteile ist früher wiederholt berichtet worden, so daß hier eine Erörterung unterbleiben kann[10]).

### Biegefestigkeit

Das bisher über Beton Gesagte ist zunächst aus Druckversuchen gewonnen worden. Wie schon bemerkt, ist in neuerer Zeit verfolgt worden, inwieweit diese Erkenntnisse auch gelten, wenn es sich um andre Eigenschaften handelt.

Bei der Biegefestigkeit des Betons erwies sich die Mörtelfestigkeit ebenfalls als ausschlaggebend. Mörtel 5, Abb. 3, der für Flußsandmörtel als geeignet für Mörtel höchster Festigkeit gelten kann, ergab — im ganzen

[7]) „Beton und Eisen" Bd. 28 (1919) S. 99.
[8]) „Zement" Bd. 17 (1928) S. 1500.
[9]) „Zement" Bd. 17 (1928) S. 1501.
[10]) „Bauingenieur" Bd. 7 (1916) S. 398.

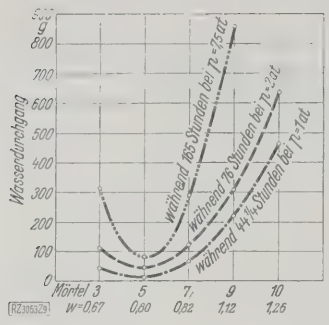



**Abb. 9**
Wasserdurchlässigkeit von Mörteln verschiedener Kornzusammensetzung.
Weich angemachte Mörtel aus 1 Gewichtsteil Portlandzement und 6 Gewichtsteilen Rheinsand.

genommen — auch die höchste Biegefestigkeit, Abb. 6. Mit doppelt gebrochenem Basaltquetschsand wurde Mörtel 5 oder 6 der höchstwertige, Abb. 7, wieder in Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Druckversuche.

### Weitere Eigenschaften

Beim Schwinden und Quellen lieferten die Mörtel, die bei gleicher Konsistenz den geringsten Wasseranspruch hatten, die kleinsten Längenänderungen, Abb. 8[11]). Auch diese Ergebnisse führen zu der Empfehlung, die Mörtel mit Flußsand möglichst nach Linie 5, Abb. 3, zu gestalten und sie nicht feiner zu wählen als notwendig.

Die Abnutzung blieb selbstverständlich für die groben Mörtel kleiner als für die feinen. Es gelang in neuerer Zeit wiederholt, Mörtel zu schaffen, die nicht mehr Abnutzung aufweisen als gute Granite.

Die Wasserdurchlässigkeit stellte sich mit Flußsand nach Linie 5, Abb. 3, am kleinsten ein, vergl. Abb. 9[12]). In bezug auf den Widerstand gegen chemische Angriffe erscheinen die Beobachtungen noch nicht ausreichend, um ein zusammenfassendes Urteil geben zu können. Versuche sind im Gang.

[11]) „Zement" Bd. 17 (1928) S. 1634.
[12]) „Zement" Bd. 17 1928) S. 1665.

### Beton für den Straßenbau

Beton besonders guter Beschaffenheit ist für die B tonstraßen notwendig. Es gibt Betonstraßen, die a gezeichnet genannt werden und die den Erwartungen e sprochen haben. Wir hatten Veranlassung, für sehr v schiedene Verhältnise zu untersuchen, wie aus den in tracht kommenden Gesteinen und Zementen Beton hol Widerstandfähigkeit gegen Druck, Schlag, Abnutzu und mit geringem Schwinden zu schaffen ist. Dabei fa sich stets, daß die Kornzusammensetzung nach den erört ten Versuchsergebnissen zu wählen ist. Die Menge groben Stücke soll tunlichst groß sein; die Konsistenz Betons sollte so steif sein, daß die sachrichtige Verarb tung mit dem zur Verfügung stehenden Gerät eben no zu gewährleisten ist, weil die groben Stücke das Schw den mindern, der größere Wasserzusatz aber das Gegen bewirkt. Das Gestein wird nach den Grundsätzen gewäl die für Straßenbaustoffe gelten unter Beachtung des U standes, daß die Steine mit kleiner Dehnungszahl Schwinden mehr hindern als Steine größerer Nachgieb keit, u. a. auch der Gesteinaufbau Einfluß nimmt[13]).

*

Die heutigen Erkenntnisse über die Eigenschaften Betons haben in führenden Zementwarenfabriken erfo reiche Anwendung gefunden. Auch im Baubetrieb ist fe zustellen, daß der Zusammensetzung des Betons mehr So falt gewidmet wird als früher. Die Durchführung Maßnahmen, welche die fortlaufend gleiche, als geeig befundene Zusammensetzung des Betons begleiten müss kann mit Maschinen verbürgt werden, die gleichb bende Sortierung der Stoffe, regelmäßiges Messen der M gen, gutes Mischen, Beförderung ohne Entmischung betriebsicher ermöglichen[14]). [B 3053

[13]) Z. Bd. 68 (1926) S. 413.
[14]) Z. Bd. 73 (1929) Heft 23 S. 782; Bautechnik Bd. 7 (1929) S. 908

## Prüfung von Seildrähten durch Zug- und Biegeversuche

Die auffällige Erscheinung, daß Drahtseile im Vergleich zu andern Konstruktionsteilen eine sehr geringe Lebensdauer aufweisen, läßt immer wieder die Frage nach ihrer Ursache entstehen und nach einem Prüf- und Abnahmeverfahren suchen, das möglichst schon am Draht erkennen läßt, ob der Werkstoff sich bei der Betriebsbeanspruchung gut oder schlecht verhalten wird. Die üblichen Abnahmevorschriften enthalten nur einfache mechanische Versuche (Zugversuche, Hin- und Herbiegeversuche und Verwindeversuche mit Drähten) die nicht der Beanspruchung im Betriebe entsprechen, wenn auch vielfach die Ansicht besteht, daß gute Ergebnisse des Drahtes bei diesen Versuchen ein gutes Verhalten der Drahtseile im Betriebe gewährleistet.

*G. Sachs* und *H. Sieglerschmidt*[1]) berichten über eine Untersuchung, bei der die Drähte ähnlich wie im Betriebe über Rollen großen Durchmessers bis zum Bruch gebogen werden (Biegerollenversuche[2]) und versuchen zwischen den Ergebnissen dieser Dauerversuche und denen der normalen Abnahmeversuche (Zugversuch, Hin- und Herbiegeversuch), Beziehungen und Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Die Versuche wurden mit 0,5 bis 3 mm dicken Drähten aus verschiedenen Werkstoffen — Kupfer, Bronze, Aluminium, Duralumin, Elektron, Elektrolyteisen, Stahl, je in hartem und weichem Zustande — ausgeführt.

Bei den Biegerollenversuchen und den technologischen Hin- und Herbiegeversuchen wurde der Einfluß der zusätzlichen Zugbelastung der Drähte und des Verhältnisses zwischen Krümmungshalbmesser und Drahtdurchmesser untersucht. Ersterer war beim Biegerollenversuch im allgemeinen nicht wesentlich bis zu Zugbelastungen von etwa ein Zehntel der Drahtfestigkeit; nur bei dünnen, harten Drähten trat schon früher eine Abnahme der Biegezahlen ein. Auffallend war eine Zunahme der Biegezahlen bei weichem Kupferdraht mit der Zugbelastung bis zu ein Viertel der Dr festigkeit. Beim Hin- und Herbiegeversuch um die üblic kleinen Biegehalbmesser vermindern bereits die klein Zugbelastungen die Biegezahlen. Mit zunehmendem Kr mungsverhältnis zwischen Drähten und Rolle oder D wuchsen die Biegezahlen nach dem gleichen Gesetz beide Versuchsarten bis auf Biegungen nach sehr klei Halbmessern, die wegen nicht nachprüfbarer Zufälligke bei der Versuchsausführung nicht zu empfehlen sind.

Die Beziehungen der Biegezahlen zu den beim Zug such ermittelten Werkstoffeigenschaften sind sehr undu sichtig. Während noch bei scharfer Krümmung eine ziehung zur Einschnürung beim Zugversuch besteht, die Zuziehung des Elastizitätsmoduls als Vergleich noch d licher wird, kann bei mittleren und schwachen Krümmun kein für alle Werkstoffe gültiger Zusammenhang mit il Festigkeitseigenschaften festgestellt werden. Es scheint, beim Biegen um große Krümmungshalbmesser (Biegerol versuch) mehr die Festigkeit, beim Hin- und Herbiege such hingegen die Formänderungsfähigkeit des Drahtes schlaggebend für die Biegefähigkeit ist.

Bei der Darstellung der Biegezahlen in bezug auf Verhältnis Festigkeit zu Elastizitätsmodul ließen sich Ergebnisse besser einordnen, und es ergab sich für fache Metalle, daß die Biegezahl beim Biegerollenver sowohl von diesem Verhältnis als auch von der Biege beim Hin- und Herbiegeversuch abhängig ist, während Kohlenstoffstählen dies nur annähernd zutrifft. Die fasser kommen zu dem Schluß, daß der Biegerollenver für die meisten Nichteisenmetalle nichts Neues bietet, während für Stahldrähte (Seildrähte) die Erkenntnisse aus Biegerollenversuch einen Aufschluß über das Verhalten Betriebe geben, der durch andre Prüfungen nicht zu erla ist. Hierzu sei bemerkt, daß für das Verhalten der Dr im Seil beim Betrieb bekanntlich neben den Drahtei schaften auch noch die Machart des Seiles und die B spruchung der Drähte bei der Seilherstellung von Ein sind. [N 335

Berlin-Dahlem *Fi*

[1]) „Metallwirtschaft" Bd. 8 (1927) S. 129.
[2]) Z. Bd. 71 (1927) S. 517. ferner Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 417.

# R U N D S C H A U

## *Verkehrstechnik*

### Verkehrsprobleme der Gegenwart

Bericht über die Verkehrstagung in Danzig am 21. Juni 1929 gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure

Die Verkehrstechnik ist infolge der stürmischen Entwicklung des Verkehrs heute zu einer Bedeutung aufgerückt, in der sie einer immer stärkeren wissenschaftlichen Durchdringung bedarf. Der Ingenieur kann die konstruktiven Aufgaben nur richtig erfassen, wenn ihm die Richtung der Verkehrsbedürfnisse und die Wege zur geeignetsten Lösung der brennenden Verkehrsfragen bekannt sind. In dieser Erkenntnis hat der Verein deutscher Ingenieure in Verbindung mit der Deutschen Gesellschaft für Bauingenieurwesen das Verkehrswesen zum ersten Male zum Gegenstand einer Tagung bei seiner Hauptversammlung gemacht. Die Vorsitzenden, Geh. Baurat Prof. Dr.-Ing. *de Thierry*, Berlin, (Deutsche Gesellschaft für Bauingenieurwesen) und Obering. Dipl.-Ing. *Wolff*, Hamburg, (Verein deutscher Ingenieure) gaben einen Überblick über die von der Technik, Wissenschaft und Wirtschaft gemeinsam zu lösenden Aufgaben und mahnten die großen Verkehrsverwaltungen, die Vertreter zur Tagung entsandt hatten, zur Zusammenarbeit.

Der erste Vortragende, Prof. Dr.-Ing. *Pirath*, sprach über

**„Verkehrsprobleme der Gegenwart"[1]).**

Als Grundfragen, die zu lösen sind, bezeichnete er die technischen, verkehrs- und betriebswirtschaftlichen Grundlagen der einzelnen Verkehrsmittel, das Verkehrsaufkommen nach Art und Richtung des Verkehrsbedürfnisses, Erfassung des Verkehrsbedürfnisses durch das zweckmäßigste Verkehrsmittel, Zusammenarbeit der Verkehrsmittel, Freizügigkeit des Betriebs- und Verkehrspersonals sowie der Förderungsmittel und schließlich die ständige Forschung im Verkehrswesen.

Ein Merkmal der neuesten Verkehrsmittel ist, daß sich das Anlagekapital für den Verkehrsweg einerseits und das Fahrzeug anderseits erheblich gegenüber den alten Verkehrsmitteln verschiebt: Hier (Eisenbahn, Schiffahrt) hohe Verkehrswegkosten, niedrige Fahrzeugkosten, dort (Kraftwagen, Flugzeug) umgekehrt, Abb. 1 bis 3. Der Kraftbedarf für die Gewichteinheit ist mit den neuen Verkehrsmitteln erheblich gestiegen, Abb. 4. Der Vorzug der größeren Reisegeschwindigkeiten macht sich erst bei großen Reiseentfernungen bemerkbar, dann aber beträgt z. B. bei 1000 km die Zeitersparnis des Flugzeuges gegenüber der Eisenbahn 40 bis 50 vH.

Die Selbstkosten für die Beförderungseinheit (Pers.-km und 1 tkm) hochwertiger Güter liegen auch auf weite Entfernungen für Flugzeug und Kraftwagen noch bedeutend über denen der übrigen Verkehrsmittel. Allen gemeinsam ist, daß die verfügbare Ladefähigkeit nur mit mindestens 50 vH ausgenutzt wird. Hier gerade dürfte bei mehrerer Zusammenarbeit ein volkswirtschaftlicher Gewinn zu erzielen sein. Von wesentlichem Einfluß auf die wirtschaftliche Anpaßfähigkeit der verschiedenen Verkehrsmittel ist das Verhältnis der festen zu den veränderlichen Kosten. Dieses Verhältnis ist bei künstlichen Wasserstraßen und Kraftwagen besser als bei der Eisenbahn und im Flugverkehr, Abb. 5.

Die Verkehrsgüter lassen sich in drei Gruppen teilen: geringwertige, mittelwertige und hochwertige. Zu dieser Unterscheidung und auch zur entsprechenden Verteilung auf die Verkehrsmittel führten zwangläufig deren bautechnische, verkehrs- und betriebswirtschaftliche Grundlagen. Der Luftverkehr hat wohl vornehmlich hochwertige Güter zu befördern. Von der gesamten Beförderungsmenge z. B. der Eisenbahn entfallen 76 vH auf geringwertige, 19,5 vH auf mittelwertige und 4,5 vH auf hochwertige Güter. Für die Seeschiffahrt betragen diese Zahlen 80, 18,5 und 1,5 vH.

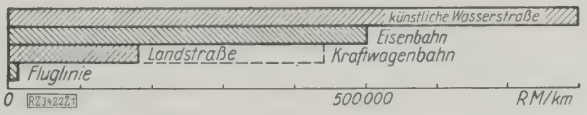



**Abb. 1**
Anlagekosten des Verkehrsweges für 1 km Streckenlänge

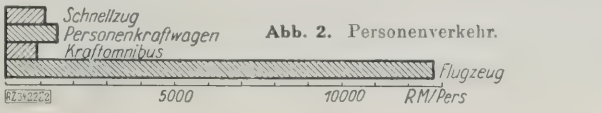



**Abb. 2.** Personenverkehr.

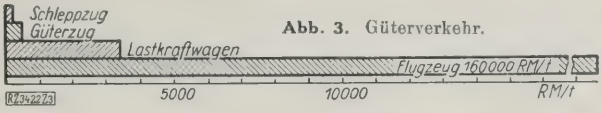



**Abb. 3.** Güterverkehr.

**Abb. 2 und 3**
Beschaffungskosten des Fördermittels, bezogen auf die Einheit des Fassungsvermögens und der Tragfähigkeit.

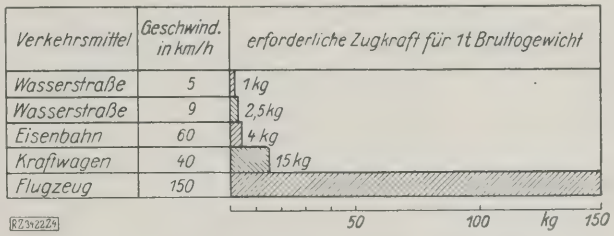



**Abb. 4**
Kraftbedarf der Verkehrsmittel auf waagerechter Bahn.

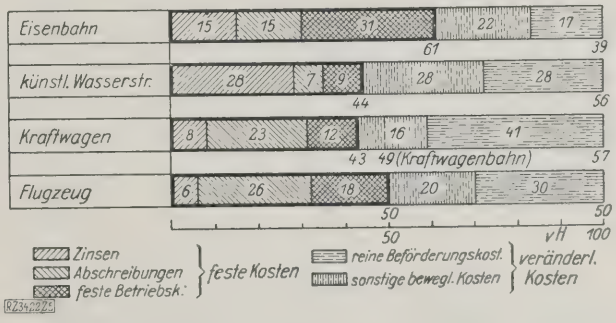



**Abb. 5**
Wirtschaftliche Anpaßfähigkeit der Verkehrsmittel an die Verkehrsgröße.

Der Gedanke, auf Grund dieser Trennung die Verkehrsarbeit planmäßig auf die Verkehrsmittel zu verteilen, um den Wettbewerb zu vermeiden, würde einer Zwangsbewirtschaftung gleichkommen und demnach ungesund sein. Der Verkehr ist durch das jeweils zweckmäßigste Verkehrsmittel zu befriedigen. Diese Forderung kann aber nur von großen, allgemeinen Gesichtspunkten erfüllt werden.

Im Anschluß- und Übergangsverkehr tritt der Wettbewerb nicht so stark in Erscheinung, mehr aber dort, wo sie ein gemeinsames Feld haben, wo sie sich überdecken. Hier ist die Schaffung gesunder Grundlagen für den Wettbewerb erforderlich. Als erste Voraussetzung dafür gilt ein gerechtes und gleichmäßiges Verantwortungsbewußtsein der Verkehrsunternehmen, um Eigenwirtschaftlichkeit zu erzielen. Die mittelbare oder unmittelbare Unterstützung durch Mittel der öffentlichen Hand darf nur unter diesen Gesichtspunkten erfolgen. Die wissenschaftliche Forschung

[1]) Der Vortrag ist in der „Verkehrstechnischen Woche" Bd. 23 (1929) Nr. 35 und 36 erschienen. Vergl. a. Forschungsergebnisse des Verkehrswissenschaftlichen Instituts für Luftfahrt an der Technischen Hochschule Stuttgart. Herausgeg. von Dr.-Ing. *C. Pirath*. München-Berlin 1928. R. Oldenburg.

muß sich eingehend der Aufgabe widmen, die verkehrs- und betriebstechnischen Eigenarten der Verkehrsmittel und deren Entwicklungsmöglichkeiten zu erkennen und vorausschauend die Gesamtentwicklung des Verkehrswesens zu fördern.

Während die Ausführungen *Piraths* die großen Gesamtaufgaben des Verkehrswesens behandelten, griff der Vortrag von Prof. *Faßbender*, Berlin,

**„Die Hochfrequenztechnik im Dienste der Verkehrssicherung“**[2])

ein Einzelgebiet heraus.

Vornehmlich hat sich die Luftfahrt dieses Hilfsmittel dienstbar gemacht, neuerdings mit der Einführung des sogenannten Rahmen-Eigenpeilers. Der Vorgang ist kurz so, daß die vom Zielhafen ausgesandten Peilzeichen am schwächsten gehört werden, wenn sie senkrecht die Ebene des Rahmens treffen. Fliegt also das Flugzeug in diesem Falle senkrecht zur Rahmenebene, so ist es auf das Ziel gerichtet. Die Abtrift durch Wind ist dabei zu berücksichtigen. Eine Zukunft in der Verkehrssicherung besonders bei Nebel haben vielleicht die ultraroten Strahlen, womit die englische Marine schon erfolgreiche Versuche macht. Wie weit ihre Eigenschaft, den Nebel zu durchdringen, praktisch auch für Luftfahrzeuge (Landung im Nebel) und andre Verkehrsmittel nutzbar gemacht werden kann, wird zukünftigen Forschungsarbeiten vorbehalten bleiben. Weitgehend wird die Hochfrequenztechnik im Eisenbahnsicherungswesen benutzt; u. a. sind von der AEG, von C. Lorenz, A.-G., und Siemens & Halske, A.-G., derartige Verfahren ausgearbeitet worden.

Eine sehr wertvolle Ergänzung brachten in der Aussprache zu diesem Vortrag die Ausführungen von Reichsbahnrat Dr.-Ing. *Apel*, indem er besonders die Versuche der drahtlosen Befehlsübermittlung im Verschiebedienst erwähnte. Dabei ist als Antenne eine etwa 2 km lange Leitung längs der Verschiebegleise verlegt. Mittels Empfangseinrichtung auf der Lokomotive kann der Führer die Befehle des Verschiebeleiters hören ohne gegensprechen zu können. Um auch das zu ermöglichen, macht man neuerdings Versuche mit ultrakurzen Wellen von 3 m Wellenlänge, auch um sich zwischen Spitze und Ende sehr langer Züge, wie in Amerika, zu verständigen.

Anschließend an die Vorträge nannte Ob.-Ing. *Wolff* die Ziele des Vereines deutscher Ingenieure zur Förderung des Verkehrswesens. Innerhalb des Vereins soll demnach eine Fachgruppe für das Verkehrswesen gebildet werden. Über den Aufgabenkreis der wissenschaftlichen Verkehrsinstitute und bestehenden Vereinigungen des Verkehrswesens hinaus gibt es noch viele Fragen, die nur in gemeinsamer Arbeit gelöst werden können. Dies durch Heranziehung außenstehender Verkehrsfachleute, Wissenschaftler und Praktiker zu erreichen, ist das Ziel der bezeichneten Fachgruppe. Auch Geheimrat *de Thierry* brachte in seinem Schlußwort zum Ausdruck, daß sich diese Anregung, in die Tat umgesetzt, befruchtend in der Lösung der alle betreffenden schwebenden Fragen auswirken wird.

[M 3422] *Rothhaas*

[2]) Der Vortrag wird in dieser Zeitschrift erscheinen.

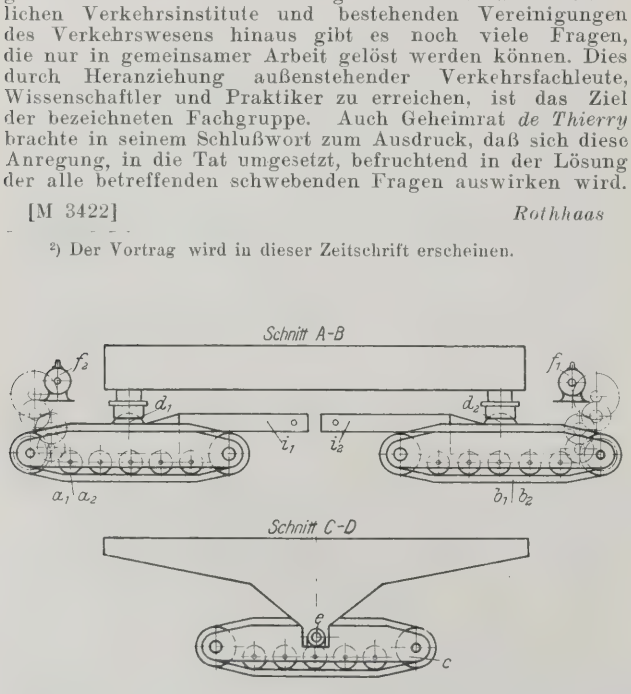



**Abb. 6 bis 8**
Schema der Fünfraupenanordnung eines Lübecker Eimerkettenbaggers.

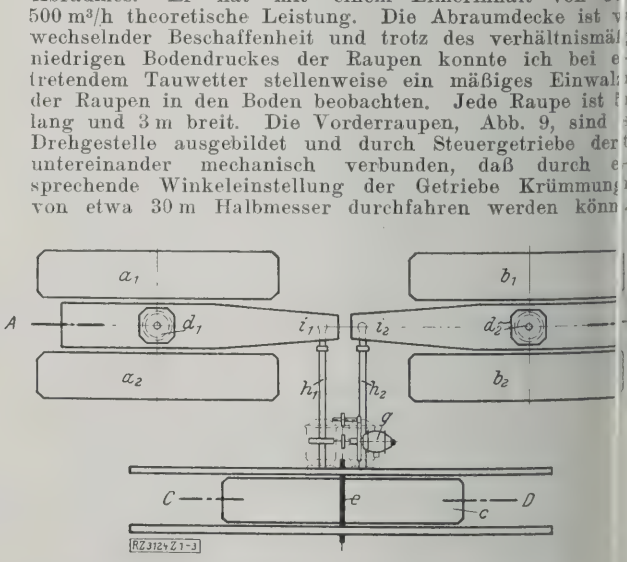
# *Lager- und Ladevorrichtungen*

## Die neuere Entwicklung der Raupenkettenbagger

Unter Verfolgung vollkommen neuer konstruktiver G sichtspunkte gegenüber den früheren Zweiraupenbagge ist in den letzten Jahren die Lübecker Maschinenbau-Gese schaft zu den sogenannten „Mehrfachraupen“ überg gangen, eine gleichmäßigere Verteilung des Bagge gewichtes bei unebenem Gelände gestatten und auch in bez auf die Lenkung erhebliche Vorteile aufweisen. Bei der Fün raupenanordnung, Abb. 6 bis 8, ruht der Bagger auf d Vorderseite auf zwei Drehgestellen mit je zwei Raupe auf der Ballastseite auf einer einzelnen Raupe. Jed Drehgestell wird durch einen besonderen Motor angetriebe der mit seinem Vorgelege unmittelbar auf dem Drehgest sitzt. Die vorderen Drehgestelle haben in gleicher Wei wie die Zweischienen-Drehgestelle der Gleisbagger d gleichen Firma eine Kugelpfanne, auf der der Oberte des Baggers ruht und die es ermöglicht, daß das Dre gestell sich mit den beiden Raupen nach allen Richtung bewegen und sich den Bodenverhältnissen anpassen kan Im Gegensatz hierzu ist die hintere Raupe um eine waag rechte, im Baggergestell fest verlagerte Achse in sen rechter Richtung schwenkbar. Das Fahren in Krümmu gen wird nun dadurch ermöglicht, daß die beiden vorder Drehgestelle gleichzeitig mittels einer Spindelanordnu durch einen besonderen Motor verstellt werden, so daß vollständig in der Hand des Baggermeisters liegt, die A der Krümmung (Innen- oder Außenkurve) zu bestimme Da sich die Drehgestelle nach allen drei Richtungen b wegen können, ist das Antriebschneckenrad ebenfalls einer Kugel gelagert, so daß sich die Spindeln den B wegungen der Drehgestelle anpassen können. Für d hintere Einzelraupe ist bei der Fünfraupenanordnung i allgemeinen ein besonderer Antrieb nicht erforderlich.

Bagger, die ein geringeres Betriebsgewicht habe brauchen nicht auf fünf Raupen abgestützt zu werden, so dern es genügen insgesamt drei Raupen, von denen a der Leiterseite zwei und auf der Ballastseite eine Rau angeordnet wird. Die Raupe auf der Ballastseite wi in gleicher Weise wie beim Fünfraupenbagger um ein waagerecht liegenden Zapfen pendelnd angeordnet. D beiden vorderen Achsen schwingen ebenfalls um ein waagerechten Zapfen; dieser ist jedoch nicht fest a Baggergestell verlagert, sondern ruht in einer groß Gabel, die sich mittels eines senkrechten Zapfens Wagengestell drehen kann, ähnlich wie die Vorderwal einer Straßenwalze.

Diese Lübecker Mehrfach-Raupenbagger sind in letzt Zeit in zahlreichen Ausführungen fertiggestellt word Mitte März 1929 hatte ich Gelegenheit, im Rheinisch Braunkohlenbezirk in der Nähe von Liblar zwei derarti Eimerkettenbagger im Betriebe zu besichtigen. Ein Dr raupen-Eimerkettenbagger arbeitet auf der Grube „Donati der Rheinischen A.-G. für Braunkohlenbergbau und Brike fabrikation und dient ausschließlich zur Beseitigung Abraumes. Er hat mit einem Eimerinhalt von 30 500 m³/h theoretische Leistung. Die Abraumdecke ist v wechselnder Beschaffenheit und trotz des verhältnismäß niedrigen Bodendruckes der Raupen konnte ich bei e tretendem Tauwetter stellenweise ein mäßiges Einwal der Raupen in den Boden beobachten. Jede Raupe ist lang und 3 m breit. Die Vorderraupen, Abb. 9, sind Drehgestelle ausgebildet und durch Steuergetriebe der untereinander mechanisch verbunden, daß durch e sprechende Winkeleinstellung der Getriebe Krümmung von etwa 30 m Halbmesser durchfahren werden könn



Zwei Doppelraupen (mit Einzelantrieb) auf der Eimerseite, in Kugelpfannen abgestützt; Einzelraupe auf der Ballastseite (ohne Antrieb), in Gabel verlagert. — Lenkung der Doppelraupen durch mechanische Verstellung der vom Motor angetriebenen Spindeln.

$a_1$, $a_2$, $b_1$, $b_2$ Raupen auf der Eimerleiterseite — $c$ Hinterraupe auf der Ballastseite — $d_1$, $d_2$ Kugelpfannen
$e$ Gabellagerung für $c$ — $f_1$, $f_2$ Antriebmotoren der Doppelraupen mit Getriebe und Schneckengetriebe — $g$ Motor zur Raupensteuerung mit Zahnradvorgelege
$h_1$, $h_2$ Steuerspindeln — $i_1$, $i_2$ Lenker der Doppelraupen

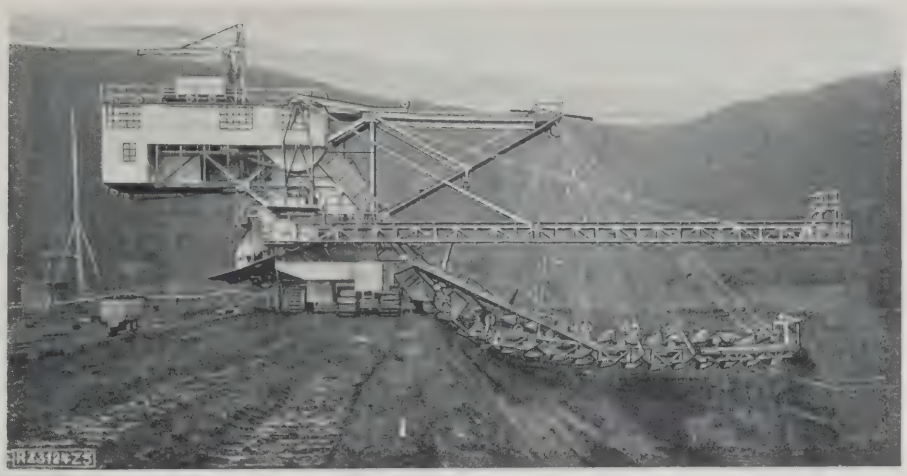
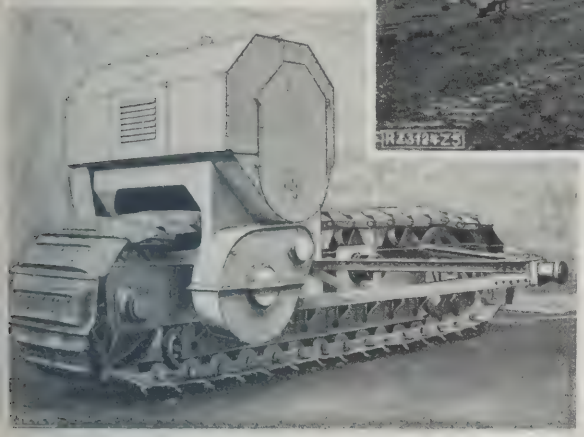


**Abb. 9** (unten)
Vorderraupe (auf der Eimerseite) des Dreiraupenbaggers mit Einzelantrieb (Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft).



amit der Führer jederzeit über die Fahrbewegung unterchtet ist und dem Bagger einen bestimmten Weg vorhreiben kann, wurde im Führerhaus eine Anzeigevorrichng eingebaut, die von den Raupen mechanisch angetrieben ird. Die Eimer geben das Fördergut an den Schüttichter ab, und von dort gelangt es durch eine zweiteilige, it Druckluft betriebene Schüttklappe in die 5 m³ fassenn Selbstentladewagen.

Zur Steuerung des Baggers sind Druckknöpfe angeacht, die in übersichtlicher Weise mit den entsprechenn Bezeichnungen auf einer Tafel im Führerstand befestigt nd. Der Führer wird auf diese Weise von jeder körperchen Arbeit entlastet, er kann sein volles Augenmerk if den Fördervorgang richten und übt eine mehr beaufchtigende Tätigkeit aus. Außer dem Baggerführer ist ch ein Schmierer für die Maschinenanlagen tätig, der itigenfalls als Baggerführer Dienst tun kann, ferner noch n Klappenschläger und zwei Bedienungsleute für die Abrtigung der Selbstentladewagen.

Bei der Kabeltrommel zur Stromzuführung ist zu erähnen, daß die Führungsrollen durch Spindeln zwangufig verschiebbar angeordnet sind, damit beim Fahren des ggers ein gleichmäßiges Auf- und Abwickeln des Kabels reicht wird. Der Antrieb wird mittels Ketten von der nteren Einzelraupe aus auf die Trommel übertragen.

Eine weitere neuzeitliche Raupenbaggeranlage mit fünf upen befindet sich auf der benachbarten Roddergrube in r Nähe von Brühl (Bez. Köln), deren Konstruktion dadurch merkenswert ist, daß der Bagger mit einem 26 m langen rderband ausgestattet ist, Abb. 10. Die Anlage dient in r Hauptsache zur Gewinnung von Braunkohlen, jedoch ch zur getrennten Gewinnung von Zwischenmitteln (z. B. schen der Kohle eingelagerten Tonschichten). Für diesen nderzweck ist die Eimerleiter mit fünf Knickpunkten verhen, außerdem ist das oberste Stück der Eimerleiter um n verschiebbar. Dank dieser Anordnung besteht die Mögkeit, die Zwischenmittel in jeder Höhenlage abzubaggern. nschließlich der Winde für Heben und Senken der oberen merleiter sind insgesamt sieben Leiterwinden vorhanden, b. 11.

Die geförderte Braunkohle wird durch einen normalen chüttrichter in Kettenbahnwagen abgezogen. Für diese gen ist eine selbsttätig arbeitende Anhalt- und Abstoßrrichtung am Schüttrumpf angebracht. Zur Betätigung ser Vorrichtung und ebenso der Schüttklappe dient Druckt, die von einem auf dem Bagger aufgestellten Luftverchter erzeugt wird.

Damit zwecks guter und gleichmäßiger Beladung der ulenwagen die Kettenbahngleise stets in gleicher Lage zn Schüttrumpf gehalten werden, ist auf der Rückseite

**Abb. 10**
Arbeitsweise des Lübecker Fünfraupenbaggers auf der „Roddergrube" mit 26 m langem Förderband zur Gewinnung von Zwischenmitteln. Weiterförderung der Kohle mittels Kettenbahn.

| | |
|---|---|
| Eimerinhalt | 250 l |
| Schüttzahl in 1 min | 28 |
| Theoretische Leistung | 420 m³/h |
| Baggertiefe bei 45° Leiterneigung und gestrecktem Planierstück | 16,5 m |
| Eimerkette | 4-teilig |
| Fahrgeschwindigkeit des Baggers | 4 m/min |
| Dienstgewicht | rd. 230 t |

Motorleistungen:

| | | |
|---|---|---|
| Hauptmotor | | 120 PS |
| Fahrmotoren | je | 30 „ |
| Kompressormotor | | 30 „ |
| Steuermotor | | 15 „ |
| Hubmotoren | je | 10 „ |
| Motor zum Verschieben der Eimerleiter | | 15 „ |
| Motor für die Spannvorrichtung am Unterturas | | 10 „ |
| Antriebmotor für das Förderband | | 20 „ |

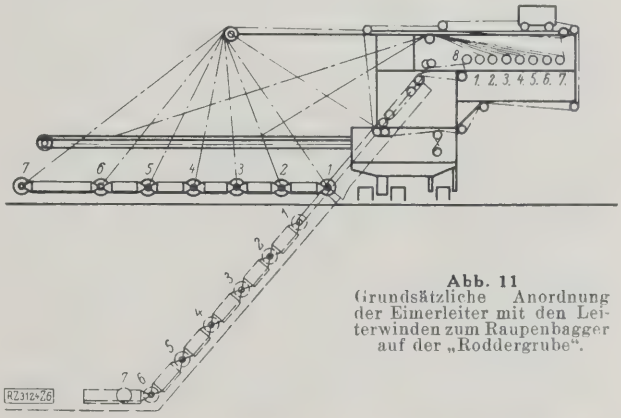



**Abb. 11**
Grundsätzliche Anordnung der Eimerleiter mit den Leiterwinden zum Raupenbagger auf der „Roddergrube".

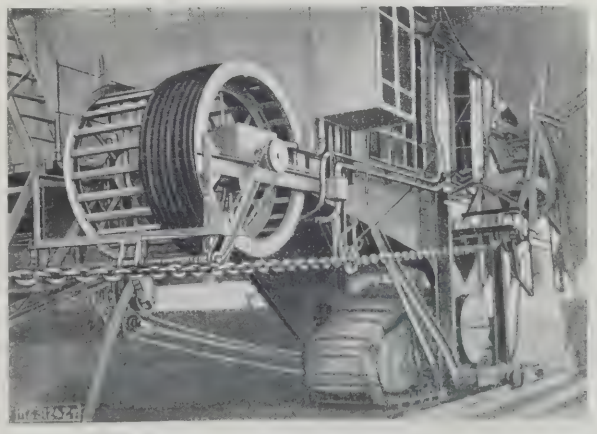


**Abb. 12**
Kabelaufwickelvorrichtung des Fünfraupenbaggers auf der „Roddergrube".

des Baggers eine Gleisrückvorrichtung angeordnet. Das Grubenwagengleis ist mit einer dritten Schiene versehen, an welcher die Rückvorrichtung angreift. Die Kabelaufwickelvorrichtung zeigt Abb. 12. Soll der Bagger nun ein Zwischenmittel gewinnen, so wird das durch die Eimerkette gewonnene Erdreich mittels einer im Schüttrumpf eingebauten Wechselklappe auf ein kurzes Querförderband befördert, das das Fördergut auf das um 180 ° schwenkbare 26 m lange Band weiterleitet, Abb. 10. Mittels dieses Bandes kann das Zwischenmittel in den ausgekohlten Tagebau zurückgefördert werden.

Außer einem fest angeordneten Ballastkasten ist auf dem Dache des oberen Gerüstes noch ein verfahrbarer Gewichtkasten vorhanden, der durch Seilzüge einen Gewichtausgleich schafft, und zwar für die verschiedenen Stellungen des Bandes und der Eimerleiter. Wegen des verhältnismäßig hohen Betriebsgewichtes von etwa 230 t fährt der Bagger auf der Leiterseite auf zwei Doppelraupen und auf der Ballastseite auf einer einfachen Raupe. Jede Raupe ist 4 m lang und fast 1 m breit. Der Bagger kann durch Krümmungen bis zu etwa 40 m Halbmesser fahren.

Die beiden beschriebenen Raupenbagger der Lübecker Maschinenbau-Gesellschaft haben sich im angestrengten Dauerbetriebe bewährt, auch im Mitteldeutschen Braunkohlenrevier sind ebenfalls mehrere ähnliche Anlagen in Betrieb gekommen oder in der Aufstellung begriffen. Einer Entwicklung dieser Bauart zu größeren Abmessungen stehen nach Lösung der grundsätzlichen Aufgabe keine Hindernisse mehr entgegen. [M 3124]

Dresden Dr.-Ing. *W. Franke*

## *Werkzeugmaschinen*

### Plan- und Oberflächenschleifmaschine[1])

Ein von der Lumsden Machine Co., Gateshead, gebautes Schleifwerk, Abb. 13 und 14, arbeitet mit einem Schleifrad von 447 mm Dmr. Der größte Tischvorschub beträgt 2390 mm, die Verschiebung des Schleifkopfes auf dem Querbalken 815 mm. Man kann eine Fläche von 2850 × 1270 mm² bestreichen. Das kräftig verrippte Bett hat eine flache und eine V-Bahn. Der Querbalken wird in senkrechter Richtung mittels eines besonderen Motors verstellt; der Schleifkopf ist in zylindrischer Führung verschiebbar. Die Schleifspindel ist an ihrem unteren Ende in Kugel- und Rollenlagern gelagert, während ihr oberes Ende mittels einer nachgiebigen Kupplung mit dem Hauptantriebmotor verbunden ist.

Der Tisch und der Schleifsupport am Querbalken werden hydraulisch mittels Druckzylinder und Kolben verschoben, wobei das Drucköl von einer in Kugellagerung laufenden Umlaufpumpe erzeugt wird. Mittels eines Hebels läßt sich die Tischgeschwindigkeit ändern oder ganz abstellen. Elektromagnete lösen die einzelnen Bewegungen aus. Mittels des Hebels *a*, Abb. 14, lassen sich in den Hebelstellungen 1, 2 und 3 die Tischverschiebung, die Verschiebung des Schleifkopfes am Querbalken und die gleichzeitige Verschiebung von Tisch und Schleifkopf einrücken.

Außer dem gewöhnlichen Vorschub des Schleifkopfes am Querbalken lassen sich auch Sprungvorschübe von z. B. 25, 50, 100, 200 und 400 mm quer über das Werkstück einstellen.

Die selbsttätigen Schalter werden mittels Druckknöpfe eingeschaltet, die von dem Umsteuermechanismus und den Scheiben für den Sprungvorschub betätigt werden. Der Strom für Druckknöpfe wird durch einen Schalter geregelt, der für den nicht gebrauchten Druckknopf entweder den Strom unterbricht oder ihn kurzschließt. Für das Umsteuern des Tisches sind drei Druckknöpfe vorgesehen, von denen der Elektromagnet für den Vorschub, das Steuerventil und die Festklemmvorrichtung des Schleifkopfes betätigt werden. Die Steuerscheiben für den Sprungvorschub werden von zwei Druckknöpfen betätigt, die auf die Elektromagnete für das Steuerventil und die Festklemmung wirken. Der Magnet für den Vorschub kann durch einen besonderen Druckknopf ausgelöst werden.

Frankfurt a. M. [M 3362] *Weil*

[1]) „Machinery" (London) Bd. 34 (1929) Nr. 867 S. 242.

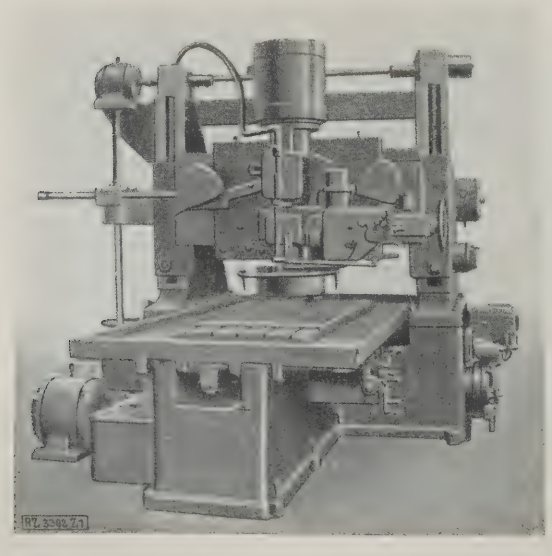


**Abb. 13 und 14**
Plan- und Oberflächenschleifmaschine mit hydraulischem Vorschub.

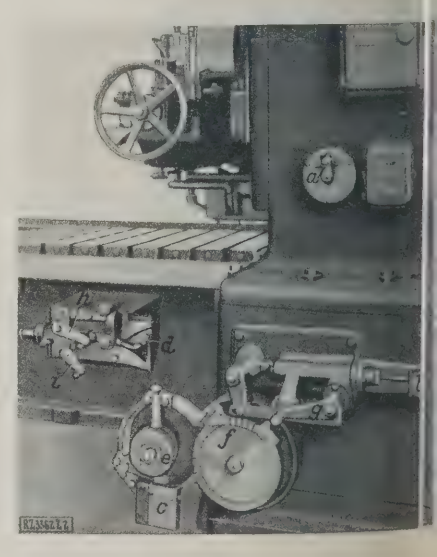


**Abb. 14**
Steuerseite der Maschine.

*a* Steuerhebel für die Vorschubbewegungen
*b* Umsteuerung der Querbewegung des Schleifkopfes
*c* Druckknopfsteuerung für die Sprungvorschübe
*d* Druckknöpfe für das Betätigen des Elektromagnets
*e* Kurvenscheiben für Sprungvorschübe
*f* Verstellbare Anschläge für die Umsteuerung des Quervorschubes
*g* Hebel für die Handumsteuerung des Quervorschubes
*h* Hebel für die Handumsteuerung der Tischbewegung
*i* Hebel für Ein- und Ausrücken sowie Geschwindigkeitsänderung der Tischbewegung

## *Wasserversorgung*

### Die Entlüftung von Wasserleitungen

Für den Durchfluß des Wassers durch eine Rohrleitung von bekannter Beschaffenheit der Innenwandung kann man die von der Rohrlichtweite und dem Leitungsgefälle abhängige Durchflußmenge mit den bekannten Druckverlust-Tabellen[1]) ohne weiteres ermitteln. Das Durchflußgesetz ist für reines Wasser unveränderlich; die Berechnung wird aber in vielen Fällen dadurch verwickelt, daß zugleich mit dem Wasser Luft und andre Gase, die sich entweder aus dem Wasser ausscheiden oder von außen in die Leitung eindringen, zu fördern sind und daß diese Gase anderen Fließgesetzen unterworfen sind, als das Wasser.

Das Eindringen von Gasen in geschlossene Wasserleitungen bedeutet eine große Gefahr für den Bestand der Rohre und die Fähigkeit, das Wasser zu fördern, und die Erfahrung lehrt, daß weitaus die meisten Rohrbrüche, Betriebstockungen und Leitungszerstörungen, vor allem in Gefälleleitungen irgendwelcher Art, auf die mangelhafte Entlüftung der Wasserleitungen zurückzuführen sind. Man sollte daher der Entlüftung von Wasserleitungen mehr Aufmerksamkeit als bisher widmen.

Die Entlüftung einer Wasserleitung ist nur unter Überdruck möglich, d. h. die in einer Rohrleitung befindliche Luft kann nur dann aus ihr entweichen, wenn sie bei dieser Gelegenheit in einen Zustand geringeren Drucks übergeht. Wenn man die Entlüftungen von Druckleitungen normalerweise als Anbohrungen der Rohre auf den Leitungshöhepunkten mit aufgesetzten selbsttätigen oder von Hand bedienten Luftauslaßventilen konstruiert, so muß man sich darüber klar sein, daß diese nur dann ihren Zweck sicher erfüllen werden, wenn das Wasser während des Luftabflusses ganz oder nahezu in Ruhe steht, daß sie aber versagen müssen, wenn die Luft während des Betriebes, d. h. bei ständig in der Leitung vorwärtsfließendem Wasser abgelassen werden soll. In diesem Falle wird nämlich die vorwärtsfließende Wassersäule unter allen Umständen einen Teil der Luftblase an der Luftaustrittsöffnung vorbei hinter sich herziehen und infolgedessen die Entlüftung mehr oder weniger verhindern. Man wird daher gut tun, die wichtigeren Kulminationsentlüftungen einer Wasserleitung stets

[1]) Vergl. „Gas- und Wasserfach" Bd. 71 (1928) S. 658.

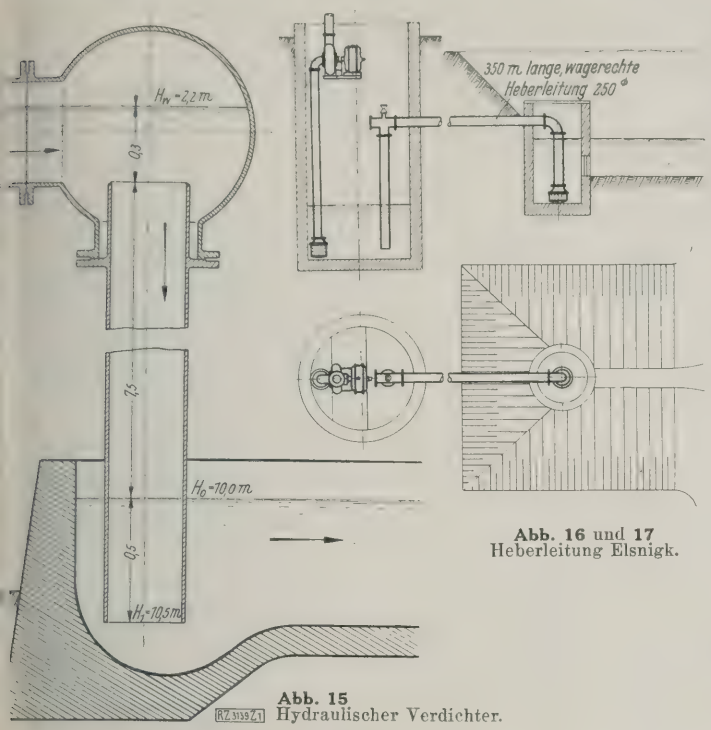



Abb. 16 und 17
Heberleitung Elsnigk.



Abb. 15
RZ 3139 Z.1 Hydraulischer Verdichter.

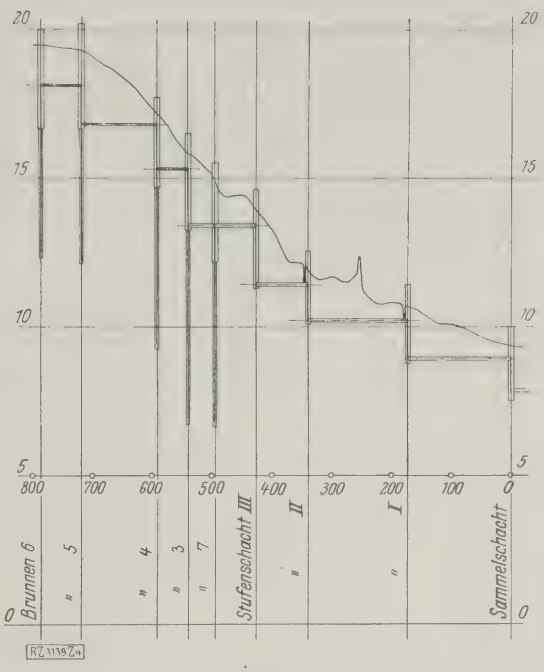



Abb. 18
Stufenheberleitung Ostritz.

n mehr oder weniger große Windkessel aufzubauen, die ß genug sind, um die ankommenden Luftblasen vollständ- aufzunehmen und, während das Wasser unter dem Luft- me wegfließt, ungestört abblasen zu lassen. Die gleiche kung mit noch größerer Betriebsicherheit wird man er- chen, wenn man diese Art der Entlüftung als oben offe- Standrohr ausführt, mit dem Ausguß der Zuleitung an- ernd in der Höhe der dem normalen Betriebe ent- echenden Drucklinie und dem Abfluß aus der Sohle des tandrohrs. Für sehr lange Rohrleitungen kann die Ein- schaltung solcher Standrohre an günstigen Geländestellen ch den Vorteil einer zweckmäßigen Unterteilung mit er- ter Betriebsicherheit gegen das Leerlaufen bei Rohr- chen und gegen Druckschwankungen mit wechselnder Wasserentnahme mit sich bringen.

Aus einer Unterdruckleitung kann die Luft nur entfernt rden, wenn man sie mechanisch absaugt, oder wenn man i in einem oder mehreren aufeinanderliegenden hydrauli- en Verdichter in den notwendigen Überdruckzustand komprimiert. Ein hydraulischer Verdichter, Abb. 15, ist ein ifaches, senkrechtes Fallrohr, dem das Wasser mit freiem piegel, d. h. mit über dem Zuflußwasserspiegel liegendem uft- oder Gasraum zufließt, und in dem Gas und Wasser gleich abwärts, d. i. in einem Zustand höheren Druckes ließen. Das Gas wird in das im Fallrohr senkrecht ab- rts fließende Wasser auf folgende Weise eingesogen: Am allrohreinlauf stellt sich infolge der Strahlverengung Un- druck ein, der das Wasser an die Rohrwand ansaugt, so da sich in der Mitte des Rohrquerschnittes ein Hohlraum det, in den das Gas von der Wasseroberfläche her in Wirbeltrichtern eingeschlürft und in erbsengroße Bläschen gerissen wird.

Der hydraulische Kompressor ist ein brauchbares techni- hes Mittel, um Gase innerhalb einer im übrigen mit asser gefüllten Rohrleitung aus einem Unterdruckzustande weit zu verdichten, daß sie schließlich unter Überdruck Freie abgeblasen werden können, und eine mit sachgemäß struierten Verdichterfallrohren ausgerüstete Unter- kwasserleitung wird sich so lange sicher und störungs- selbsttätig entlüften, wie das Gefäll für die Kom- sionsarbeit vorhanden ist und die für eine Durchfluß- hwindigkeit des Wassers im Fallrohr von mindestens s notwendige Wassermenge in der Rohrleitung fließt.

### Beispiele

Das gilt zunächst für alle Heberleitungen, deren Kon- ktionsbedingungen ich beim Bau der Weistritz-Tal- re gefunden und über die ich seitdem mehrfach berichtet [2]).

Abb. 16 und 17 zeigen eine Heberleitung von 350 m Länge 250 mm l. W., die den Pumpbrunnen der Zuckerfabrik Elsnigk (Anhalt) seit 1924 während jeder Kampagne aus einem benachbarten Grubenbruchteich mit Wasser versorgt. Dabei liefert die Förderarbeit der Fabrikpumpe die für die Wasserförderung in der Heberleitung nötige Vorflut, während der Brunnenspiegel sich mit dem 350 m entfernt liegenden Teichspiegel ausgleicht, sobald die Pumpe einige Zeit stillsteht. Wenn dann die Pumpe wieder anläuft, so beginnt ohne weiteres der Wasserdurchfluß durch die Heberleitung aufs neue, wobei zunächst das während der Arbeitspause angesammelte Gas durch das Kompressorfallrohr im Pumpbrunnen ausgestoßen wird, bis nach wenigen Minuten die Leitungsentlüftung durchgeführt ist und das Wasser nur noch vereinzelte Gasblasen mitführt.

Die in Abb. 18 schematisch dargestellte Stufenheberleitung wurde im Frühjahr 1928 für die Brunnenwasserfassung der Stadt Ostritz i. S. mit fünf Rohrbrunnen als Wasserspendern und sieben Heberstufen in rd. 800 m Gesamtlänge ausgeführt. Die Leitung arbeitet, seitdem die Fallrohrabmessungen der vorher unbekannten, sehr geringen Brunnenergiebigkeit angepaßt sind, durchaus störungslos. Das aus dem Brunnenwasser sich ausscheidende Gas, hauptsächlich Kohlensäure, wird bei dieser Anordnung durch die Kompressorfallrohre von einer Heberstrecke in die andre gefördert, bis es aus dem Fallrohr im Endschachte der Wasserfassung ins Freie entweichen kann. Diese Möglichkeit, den Abfluß aus hochliegenden Quellfassungen mittels Heberleitungen zu bewirken, eröffnet neue Wege für die Praxis der Quellfassungen mit dem Erfolg einer wesentlichen Verbilligung der Baukosten, weitgehender Aufspeicherungsmöglichkeit des Wassers im Quellgelände selbst und Vermeidung der Gefahr von Wasserverlusten[3]).

Ein Beispiel für den unmittelbaren Anschluß einer solchen Quellfassung an ein Wasserleitungs-Rohrnetz ohne Zwischenschaltung einer Quellwasser-Sammelstube zeigt Abb. 19, wo dargestellt ist, wie man an eine aus einer hochliegenden Quellfassung mit Ableitung, Hochbehälter und Stadtrohrnetz bestehende Wasserleitung eine tiefer liegende Zusatzwasserfassung durch eine Stufenheberleitung anschließen kann, mit dem gleichen Stufenheber in beiden Wasserableitungen unmittelbar im Anschluß an die Fassungsanlage. Das Hebersaugrohr muß bei diesen Ableitungen stets so tief in die Wasserfassung eintauchen, daß unter keinen Umständen Luft in die Leitung eingesogen werden kann, und das Heberende muß so tief liegen, daß das in der Heberleitung sich ausscheidende und durch die Kompressorfallrohre bis zum Heberende geförderte Gas mit Überdruck durch ein selbsttätiges Entlüftventil abgeblasen werden kann. Dabei kann die Zusatzwasserfassung tiefer liegen, als der Hochbehälter der Wasserleitung; nur muß dann der Rücklauf des Wassers aus dem Rohrnetz nach der Quellfassung in der Nacht durch eine über dem Hebersaugrohr angebrachte Ven-

[2]) Journ. f. Gas- u. Wasservers. Bd. 63 (1920) S. 22: „Gas- und Was- ." Bd. 70 (1927) S. 468.

[3]) Vergl. a. Deutsche Licht- und Wasserfachzeitung 1929 Nr. 6.

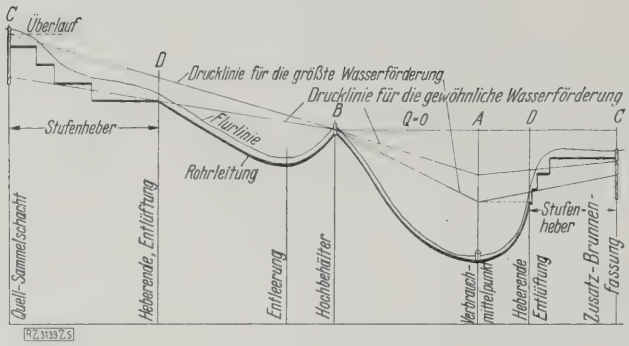



**Abb. 19**
Wasserleitung mit Quellfassung und tiefer liegender Zusatzwasserfassung.

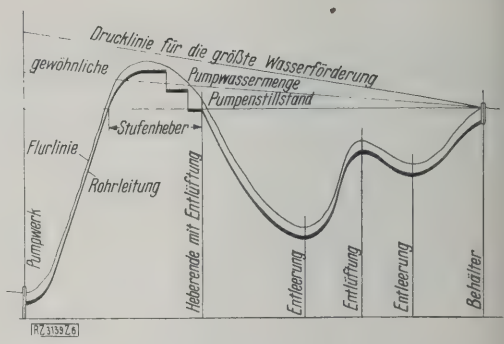



**Abb. 20**
Stufenheber zur Entlüftung einer Leitungskulmination.

filkugel verhindert werden. Durch eine solche Anordnung wird die Möglichkeit geschaffen, Zusatzfassungen für ein Wasserwerk zu bauen, die nur bei Wasserknappheit oder großem Verbrauch im Rohrnetz in Tätigkeit treten, während der Wasserstand sich in den Lieferungspausen jedesmal wieder erholt.

Derartige Stufenheber zur störungslosen Leitungsentlüftung ohne besondere Betriebsmittel wird man also vorteilhaft in Druckleitungen an allen Stellen einbauen, wo die örtlichen Verhältnisse die Möglichkeit ergeben, daß zeitweilig oder dauernd Luft oder andre Gase in die Rohrleitung eindringen oder sich aus dem Wasser ausscheiden. Solche Leitungsstellen sind außer den Rohrstrecken dicht hinter hochliegenden Wasserfassungsanlagen, Abb. 18 und noch ganz besonders alle Kulminationen von Druckleitun die von Quellen oder Pumpwerken gespeist werden, so sie höher liegen als die zum Ortsrohrnetz gehörigen H behälter, in die die Zuleitungen ausgießen, Abb. 20. ist dabei völlig gleichgültig, ob die Leitungskulminatio als offene Wasserstollen ausgeführt werden, in die die unmittelbar eingesogen wird, oder ob die betreffenden R strecken geschlossen sind und hier das im Wasser enth tene Gas sich ausscheidet und durch vereinzelte Luftbla die vom Wasserbezugsort herankommen, allmählich bis schädlichen Mengen vermehrt wird. [M 313

Borna, Bez. Leipzig. Dipl.-Ing. *A. Vog*

# *Kleine Mitteilungen*

### Umbau von Wanderrostfeuerungen in Kohlenstaubfeuerungen

Das Kraftwerk des Tilmanstone-Bergwerks, dessen Dampfbedarf von 18 bis 23 t/h drei Wasserrohrkessel mit Unterschubfeuerung und drei Flammrohrkessel sowie ein Wasserrohr- und zwei Flammrohrkessel als Aushilfe deckten, wurde kürzlich durch zwei 570 m²-Wasserrohrkessel ergänzt. Diese hatten ursprünglich Wanderrostfeuerungen und verdampften je 11,3 t/h bei 14 at. Um ihre Dampfleistung auf je 18 t/h Regel- und 20,5 bis 22,5 t/h Höchstleistung zu steigern, baute man sie auf Kohlenstaubfeuerung um.

Den Platz für die größeren Brennkammern schuf man, indem man die Kessel durch Verlängern der Stahlstützen um rd. 3,6 m höher legte. Die Brennkammerwände wurden mit Wasserrohren von 82,5 mm Außendurchmesser ausgekleidet, die oben und unten in Wasserkammern münden. Diese sind an den Wasserkreislauf des Kessels angeschlossen. Ferner ergänzte man die fünf Trommeln des ursprünglichen Kessels durch eine Schlammtrommel an der tiefsten Stelle des Kreislaufs und verband sie durch äußere Rohre mit den unteren Wassersammlern des Feuerraumes und der hinteren Untertrommel.

Eine Rohrreihe, die von der Schlammtrommel längs der geneigten hinteren Feuerraumwand zur vorderen Untertrommel führt, nimmt viel Wärme auf und würde bei unmittelbarem Anschluß an die Untertrommel den Kreislauf stören. Man hat daher im Innern dieser Trommel gebogene Rohrstücke angebracht, die diese Rohrreihe unmittelbar mit der vierten Reihe des vorderen Rohrbündels verbinden. Weitere Rohre führen von der Oberkammer der Vorderwand längs der Decke zur vorderen Obertrommel. An der Decke befinden sich auch die zwei Brenner, die aus je einer Kohlenmühle gespeist werden. Mit dieser Feuerung wurden beim Verfeuern von Kohlengrus 79,2 vH Wirkungsgrad erreicht.

Gegenwärtig beträgt der Dampfbedarf des Bergwerkes 27 bis 36 t/h; trotzdem ist die wöchentlich verfeuerte Kohlenmenge nicht größer als vorher. Die Bedienungsmannschaft des Kesselhauses konnte von 26 auf 17 Mann verringert werden. („The Iron and Coal Trades Review“ 6. September 1929 S. 321*) [N 3552 a] *Le.*

### Ermüdungsversuche an Kesseltrommeln

Im Laboratorium der Babcock & Wilcox Co. in Barberton werden zur Zeit Versuche über die Festigkeit von Kesseltrommeln für hohe Drücke durchgeführt. Hochdrucktrommeln üblicher Größe werden hierbei dauernd von 0 bis 110 at, d. h. um 50 vH über den Betriebsdruck, belastet und entlastet, wodurch man die Wechsel der Beanspruchungen im Betrieb nachahmt. Jede Trommel muß, wie die Versuche ergeben haben, 150 000 solche Belastungswechsel ohne Bruch aushalten, was für die mittlere Lebensdauer e Kessels ausreicht. Eine mittels elektrischer Schweiß ausgebesserte Trommel wurde erst nach mehr als 400 Belastungswechseln undicht. Die Ermüdungsfestigkeit e geschweißten Naht hängt aber sehr von der Güte Schweißarbeit ab. Während der Versuche zeigten sich den Kesseln Anfressungen, die aber die Ergebnisse n beeinflußten. („Iron Age“ 5. September 1929 S. 611*) [N 3552 b] *Sch*

### Amerikanischer Verschiebedienst

Bedeutung und Umfang des Verschiebedienstes auf a rikanischen Bahnen erhellen am besten daraus, daß bei großen Bahnen im Mittel ein Sechstel des gesamten Br stoffbedarfs der Lokomotiven auf den Verschiebedienst fällt. Der Kohlenverbrauch der Lokomotiven beträgt bei rd. 30 kg/km. Man rüstet daher die neuen Verschi lokomotiven fast stets mit wirtschaftlichen Neuerun wie Überhitzern, Speisewasservorwärmern, Nicholsons Feuerbüchs-Wasserkammern, Dampfumsteuerung, Rauchk merreglern, vereinzelt sogar mit Stokern aus. Auch we man, um sparsamer zu arbeiten, die Steuerungen mit schränkter Höchstfüllung bei entsprechend vergröße Zylinderdurchmesser häufig an, da erfahrungsgemäß Führer beim Verschieben die Steuerung ausgelegt las Die Verschiebelokomotiven müssen die ankommenden Z ungeteilt über Eselsrücken drücken können, die oft, w auch nur kurze, Steigungen bis zu 30 vT aufweisen.

Auf dem Verschiebebahnhof Portmouth der Norfolk Western-Bahn laufen täglich 2500 Wagen ein, größten in Zügen von 75 Wagen und 6750 t. Um diese Züge den Eselsrücken zu drücken, braucht man Zugkräfte 58 500 kg. Hierzu genügen selbst die 1 D - D 1 - Lok tiven, die die Züge bringen, nicht. Man hat sich län Zeit damit geholfen, daß man für den Verschiebedienst 1 D - D 1 - Lokomotiven eine 1 D-Lokomotive zum Nachs gab. Seit März 1928 hat man die Tenderdrehgestelle ein 1 D - D 1 - Lokomotiven mit Zusatzmaschinen versehen, deren Hilfe sie nun Züge von über 9000 t verschieben. andere Bahnen haben Verschiebelokomotiven mit Zu maschinen ausgerüstet. Die Kessel reichen für diese größerung aus, da die hohen Beanspruchungen stets kurze Zeit auftreten und mit jedem ablaufenden W abnehmen. („Railway Age“ Bd. 86 (1929) S. 1197) [N 3552 c]

### Holz- und Stahlschwellen im Eisenbahnoberbau Englands

Der jährliche Bedarf an Schwellen für rd. 83 000 Eisenbahngleis in Großbritannien beträgt 4 Mill. Stück Erhaltung der Gleise kostet jährlich 240 Mill. ℳ. Bis Kriege bezog man Tannenholzschwellen aus den Baltis

ldern. Als nach dem Kriege diese Schwellen teurer wur-
, versuchte man es mit Stahlschwellen, um vor allem heimische Eisenindustrie zu unterstützen. Nach Ver-
hen der Great Western-Bahn sind die Anlagekosten der hlschwellen um rd. 330 ℳ/km höher, bei den Erneue-
gskosten stellen sich indessen Holzschwellen um 0 ℳ/km teurer. („The Engineer", 6. September 1929 251) [N 3552 d] *Ro.*

### Eine neue Schonerjacht

Die bei Denny & Bros., Dumbarton, erbaute Dreimast-
nerjacht „Sunbeam" ist nach neunmonatiger Bauzeit jetzt
ihrem Besitzer übernommen worden. Das von *Watson*,
sgow, entworfene Fahrzeug hat bei 59,74 m Länge, 9,14 m
ite und 6,33 m Seitenhöhe 661 t Vermessungsinhalt. Das
iff ist mit Quarterdeck und versenkter Back gebaut, hat
ien ausladenden Klippersteven und ein weit überhängen-
Jachtheck, das als Segelgatt dient. Im Mittelschiff liegen
n Schlafkammern und ein Speisesaal, auf dem Hauptdeck
ein Deck- und Rauchsalon mit Laube. Die Offiziere
anen im Achterschiff, die 18 Mann starke Mannschaft
er der Back.

Als Hilfsmaschine dient ein im Achterschiff eingebauter
rzylinder-Zweitaktmotor der Atlas-Diesel-Gesellschaft,
kholm, der dem Schoner auf der Probefahrt bei 500 PS
11 Kn Geschwindigkeit erteilte; der Inhalt der Öl-
ker reicht für 8000 km Fahrtstrecke aus. Die drei
ten haben die übliche Schonertakelung mit Breitfock,
Segel werden mittels sechs elektrischer Winden von
k aus bedient. („Shipbuilding and Shipping Record"
eptember 1929 S. 274*) [N 3552 e] *Bl.*

### Die Gewinnung von Heliumgas

Im April 1929 gab es in den Vereinigten Staaten drei
agen zur Gewinnung von Heliumgas[1]): bei Fort Worth,
as, Amarillo, Texas, und Dexter, Kansas. Hiervon war
die Anlage in Dexter im. Betrieb, während die vom
eau of Mines erbaute Anlage in Amarillo bisher noch
it gearbeitet hat. Im Geschäftsjahr 1928 wurden
950 m³ Heliumgas gewonnen, wovon das Heer die eine
fte, die Marine die andre übernahm. In der Zeit vom
uli bis 1. November 1928, den ersten vier Monaten des
chäftsjahres 1929, wurden rd. 47 500 m³ erzeugt. Das
lumgas wird in Stahlflaschen oder in Tankwagen mit drei Hochdruckbehältern befördert; doch ist die Beförderung im Hochdruckbehälter wirtschaftlicher.

Die beiden geplanten Starrluftschiffe der Marine[2]) werden Heliumgas als Traggas erhalten. Man schätzt, daß man jährlich für ein Luftschiff von rd. 185 000 m³ Gesamtinhalt 370 000 m³ Heliumgas brauchen wird, wovon noch rd. 257 500 m³ nach Ablauf des Jahres vorhanden sind. Bevor man jedoch das Heliumgas in Luftschiffen wieder verwenden kann, muß es gereinigt werden, etwa viermal in einem Jahre. Anlagen hierfür befinden sich für die Marine in Lakehurst, für das Heer in Scott Field; außerdem hat man für das Heer eine fahrbare Reinigungsanlage gebaut.

In Pittsburgh hat das Bureau of Mines mit Erfolg Versuche angestellt, Tiefseetaucher mit einem Gemisch von Sauerstoff und Helium, statt mit Luft zu versorgen. Die Taucher sollen bei Verwendung dieses Gemisches in größerer Tiefe behaglicher arbeiten und bedeutend schneller wieder in Luft von gewöhnlichem Druck zurückkehren können. („Mechanical Engineering" September 1929 S. 663*, „Engineering" 30. August 1929 S. 251) [N 3552 f] *Gw.*

### Ganzmetall-Luftschiff ZMC-2

Im Auftrage der amerikanischen Marine hat die Detroit Aircraft Corp. ein Ganzmetall-Luftschiff gebaut, dessen gasdichte Hülle aus 0,24 mm dickem Alclad-Blech, einer vergütbaren Aluminiumlegierung mit aufgewalzter Aluminiumschicht[1]), besteht. Auch das Gerippe, das nicht durch Drähte versteift ist, sowie andere Teile sind aus Alclad hergestellt. Das Luftschiff ist mit zwei 220 PS-Wright-Whirlwind-Motoren mit Luftkühlung ausgerüstet, die seitlich an der Gondel an Streben aufgehängt sind; es hat kein eigentliches Höhen- und Seitensteuer, sondern auf dem hinteren Drittel des Rumpfes sind acht gleichmäßig über den Umfang verteilte, gleich durchgebildete Steuerflächen befestigt, von denen die beiden oberen und unteren die Seitensteuer, die beiden mittleren das Höhensteuer ersetzen. Die Abmessungen des Luftschiffes betragen: 45,6 m Länge, 16 m größter Durchmesser, Luftverdrängung der Alclad-Hülle 5660 m³ und der beiden mit Luft gefüllten Gashüllen für den Druckausgleich 1415 m³, 4040 kg Leergewicht, 1515 kg Nutzlast, 100 km/h Geschwindigkeit, 1600 km Fahrtbereich bei Windstille. Als Traggas dient Helium. („The Iron Age" 31. August 1929 S. 453*, Aviation 31. August 1929 S. 474*) [N 3552 g] *Gw.*

[1]) Z. Bd. 63 (1919) S. 469 und 593.

[2]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 19 S. 658.
[1]) Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 294.

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Kompressorlose Dieselmotoren und Semidieselmotoren.** Von *. Seiliger.* Berlin 1929, Julius Springer. 296 S. m. 0 Abb. und 50 Zahlentaf. Preis 37,50 ℳ.

Das letzte Buch eines dreibändigen Werkes über Dieselmaschinen. Nach einleitenden Betrachtungen über eine Einteilung der Verbrennungsmotoren nach der Phase des in den Zylinder eingeführten Brennstoffes bringt Verfasser eingehende Berechnungen des Arbeitsprozesses unter Berücksichtigung des Wärmeaustausches mit der Wand und des zeitlichen Verlaufs der Verbrennung. Die einzelnen Stufen des Verbrennungsvorganges — Einführung und Zerstäubung des Brennstoffes, seine Mischung mit der Luft und die Verbrennung selbst — werden untersucht.

Der Einfluß des Baues von Glühkopfmotoren auf die Entwicklung der kompressorlosen Dieselmaschine wird gezeigt. Die Grenzlinien zwischen beiden sind verwischt; die Vorkammermotoren bilden den Übergang. Die Angaben des Verfassers über das Vorkammerverfahren sind zum Teil auch neueste Forschungsergebnisse überholt. Die verschiedenen Bauarten werden an der Hand zahlreicher guter Abbildungen beschrieben und ihre Versuchsergebnisse zusammengestellt. Mit einer Zusammenfassung und einem Ausblick auf die weitere Entwicklung der Dieselmotoren schließt das Buch.

Über Dieselmaschinen ist in den letzten Jahren in Büchern und Zeitschriften viel geschrieben worden. Dennoch werden Werke, die auf einem Sondergebiet tiefer in die Dinge eindringen, stets das Interesse der Fachwelt finden. Es ist deshalb zu begrüßen, daß *Seiliger* in seinem Werke den derzeitigen Stand von Theorie und Praxis der Kompressorlosen Maschine kritisch umreißt und sich bei seinen Ausführungen fast durchweg auf neueste Forschungen und Betriebserfahrungen stützt. Er bringt für Motorenbau und Wissenschaft viele Anregungen.

[ 3001] Dr.-Ing. *Klüsener*

**Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, Lfg. 277. Psychotechnische Methoden im Verkehrswesen.** Von *Bernhard Herwig.* Berlin-Wien 1928, Urban & Schwarzenberg. 124 S. m. 46 Abb. Preis 10 ℳ.

Der Verfasser bespricht in sehr ansprechender, klarer und kritischer Weise die verschiedenen psychotechnischen Prüfverfahren im Verkehrswesen, von *Münsterberg* beginnend bis zu den neuesten vervollkommneten der Deutschen Reichsbahn. Wenn er auch als Eisenbahnfachmann sein Augenmerk hauptsächlich auf die Ausbildung der Eisenbahn- und Straßenbahnangestellten richtet, so streift er doch die der Flugzeugführer und Postbeamten.

Trotz der vielfachen Einführung der psychotechnischen Eignungsprüfung in die Praxis besteht noch immer ein Meinungsstreit zwischen ihren Befürwortern und Gegnern. Es darf nicht verkannt werden, daß in der Mehrzahl der Fälle durch die Prüfung ungeeignete Elemente ausgeschaltet und erhebliche Ausbildungskosten erspart werden. Aber manche Eigenschaften, wie Liebe zum einmal gewählten Beruf einerseits und Charakterfehler anderseits, können durch sie nicht restlos erfaßt werden. Mangelnde Aufmerksamkeit, eine Folge der Monotonie der Arbeit eines Triebwagenführers, hat schon oft zu schweren Unfällen geführt. Es ist ein großer Unterschied, ob jemand frisch zu einer Prüfung kommt, von der er weiß, daß sie ausschlaggebend für seinen Lebensberuf ist, oder ob er später infolge äußerer Einflüsse lustlos seine Arbeit leistet. Hier eine Lösung zu finden, wäre eine dankbare Aufgabe für den Psychotechniker. [E 3448] *C. W.*

**Atlas der letzten Linien der wichtigsten Elemente.** Von *Fritz Löwe.* Dresden und Leipzig 1928, Theodor Steinkopff. 44 S. m. 2 Abb. und 16 Taf. Preis 12 ℳ.

Der Atlas stellt eine wertvolle Bereicherung der schon bekannten Atlanten von Spektren und Tabellen von Wellenlängen dar. Er will dem Spektralanalytiker unmittelbar

dienen und beschränkt sich darauf, die für diesen beachtenswertesten letzten Linien von 44 wichtigen Elementen anzugeben. Die Spektren sind somit nicht vollständig wiedergegeben, sondern nur bruchstückweise: bei 28 Elementen ist ein, bei 16 sind zwei verschiedene Bruchstücke des Spektrums aufgenommen worden. Die Bruchstücke sind so gewählt worden, daß sie das jeweils interessanteste Gebiet des betreffenden Spektrums enthalten; weitaus die meisten stammen aus dem ultra-violetten Gebiet. Vor allem wurden die Elemente berücksichtigt, die ein günstiges, leicht lesbares Spektrum aufweisen. Weitaus die meisten sind typische Metalle.

Als besonders glückliche Erweiterung gegenüber älteren Atlanten ist anzuführen, daß die Spektren für verschiedene Konzentrationen unmittelbar untereinander dargestellt sind. Auf die Wellenlängenskala folgen, eingerahmt zwischen 2 Spektren für trockene Kohle, die Spektren für Lösungen des betreffenden Elementes mit 1, 0,1, 0,01 und 0,001 vH Gehalt. Es handelt sich meist um salzsaure Lösungen. In Tafeln ist die Lage der wichtigsten letzten Linien auf eine Dezimale genau in Verbindung mit der *Kayserschen* Bezeichnung der Stärke angegeben. Ferner enthält das Buch eine sehr vollständige Literaturübersicht.

Der vorliegende Atlas ist dazu berufen, die zunehmende Verbreitung der spektralanalytischen Methoden wesentlich zu fördern. [E 2864] *E. Honegger*

**Manufatti Stradali.** Von Ing. *E. Miozzi.* Mailand 1929, Ulrico Hoepli. 150 Tafeln. Preis 60 L.

Der Verfasser gibt auf 150 zeichnerisch sehr gut ausgeführten Tafeln Bauwerke des Straßenbaues wieder in der Absicht, Unterlagen für Studien und Grundlagen für eine Normung der Bauwerke zu schaffen. Die Vorlagen bilden eine wertvolle Hilfe für alle angehenden und in der Praxis stehenden Ingenieure, die mit dem Straßenbau zu tun haben. Allerdings sind die wiedergegebenen Bauwerke großenteils für heutige Verhältnisse nur in Gebirgsgegenden angebracht, wo natürliche Bausteine vorhanden sind. Hoffentlich finden in den künftigen Bänden neuere Bauweisen, insbesondere des Eisenbetons, weitergehende Berücksichtigung. [E 3456] *Baer*

**Précis de Brevetabilité.** Von *Armand Picard.* Paris 1928, H. Dunod. 604 S. m. Abb. Preis 50 frc.

Der Verfasser will „eine neue Methode geben, die überhaupt erst die Möglichkeit bietet, die Patentfähigkeit einer Erfindung voll auszuschöpfen". Für diese Aufgabe gibt der Verfasser eine Methode der mathematischen Darstellung der Patentfähigkeit an. In eleganter Weise werden für bestimmte, der patentierten Erfindung eigentümliche Merkmale (Mittel, Erfolg, Fortschritt, Produkt, Neuheit und dergl.) mathematische Symbole eingeführt und diese mit dem Symbol *i* (invention) durch das Gleichheitszeichen (=) verbunden. In meiner Abhandlung „Die patentierte Erfindung in neuer Darstellung und Beanspruchung"[1]) bin ich schon einen Schritt weiter gegangen, indem ich eine patentrechtliche Interpretation dieser mathematischen Symbolgleichungen durch Bildung ihrer „Ableitungen" nach Art des Differentialquotienten gegeben habe. Im übrigen ist das Werk wegen seiner umfassenden und tiefgründigen Untersuchung und Berücksichtigung aller für die Patentfähigkeit ei Erfindung rechtlich und tatsächlich (Technik) in Betra kommenden Umstände sehr lesenswert; es fördert das V ständnis und das rasche Eindringen in den Stoff durch e klare und geschickte Gliederung. Der Inhalt ist nicht nur juristischer Hinsicht bedeutungsvoll, sondern auch für Techniker belehrend, weil die Ausführungen von Mitteil gen über Entscheidungen und von erläuternden Zeichnun begleitet sind in einem Umfang, der in einem patentrec lichen Werk wohl sonst nicht anzutreffen ist. Besonde Interesse dürften auch die Abschnitte über den „Vergle zweier Erfindungen" und „die Nachahmung einer Erfindu beanspruchen. Das Werk ist eine wertvolle Bereicher der patentrechtlichen Literatur. [E 3444

Dr.-Ing., Dr. jur. *Fritz Ber*

Forschungsarbeiten a. d. Gebiete d. Ingenieurwesens 289. **Untersuchungen über die Strömungen des Wassers in k vergenten und divergenten Kanälen.** Von *Johann kuradse.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 49 S. m. 28 A Preis 6 *RM.*

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete d. Ingenieurwese 318. H.: **Verluste der Riementriebe bei Verwendung klei Scheiben.** Von *Adolf Eduard Müller.* Berlin 1929. V Verlag. 22 S. m. 33 Abb. Preis 4,50 *RM.*

**Jaeger-Ulrichs, Bestimmungen über Anlegung und Betr der Dampfkessel.** Nachtrag zur 5. Aufl. bearb. von *Rühl* und *O. Ulrichs.* Berlin 1929, Carl Heymanns Verl 266 S. m. Abb. Preis 12 *RM.*

**Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerk und Netzen.** Herausgeg. von *Reinhold Rüdenberg.* Ber 1929, Julius Springer. 281 S. m. 236 Abb. Preis 25,50

**20. Berichtfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichsk lenrates.** *E. Heitmann:* Theorie und Technik der Fl aschenabscheidung mit besonderer Berücksichtigung Kohlenstaubanlagen im europäischen Auslande. Ber 1929, VDI-Verlag. 45 S. m. 88 Abb. Preis 3 *RM.*

**Lehrbuch der Metallhüttenkunde.** Von *Victor Tafel.* 2. Leipzig 1929, S. Hirzel. 669 S. m. 184 Abb. Pr 59 *RM.*

**Hochverzug in der Baumwoll-Verarbeitung vom Rohstoff zum veredelten Gewebe.** Von *Walter Lindenmeyer.* M chen und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 96 S. m. 17 Taf. Anhang. Preis 10 *RM.*

**Eisenportlandzement.** 5. Aufl. herausgeg. vom Verein de scher Eisenportlandzement-Werke, e. V. Düsseldorf 19 Verlag Stahleisen. 251 S. m. 111 Abb. Preis 3 *RM.*

Münchener Beiträge zur wirtschaftswissenschaftl. Forsch 1. H.: **Kostenrechnung im Baugewerbe.** Von *Rudolf F* München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 148 S. Pr 8,40 *RM.*

Verkehrstechnische Bücherei, 6. Bd.: **Der neuzeitliche W gonbau.** Von *Franz Lehner.* Berlin 1929, Laubsch Everth. 614 S. m. 352 Abb. Preis 25 *RM.*

**Die elektrischen Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn Bild.** Von *T. Dietze.* Darmstadt 1929, Verlag des V kehrszentralamtes der Deutschen Studentenschaft. 24 A

**Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobil-Industrie.** F ausgeg. von *Wilhelm Scholz* und *Ernst Valentin.* 5. 1929. Dr. Ernst Valentin Verlag. 320 S. m. 40 A Preis 10 *RM.*

[1]) Mannheim 1925, s. Z. Bd. 72 (1928) S. 432.

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T :*


| | Seite |
|---|---|
| Zuckerrüben-Erntemaschinen. Von *R. Bernstein* | 1373 |
| Rollenrichtmaschine für Larsseneisen | 1379 |
| Wärmewirtschaft in der Zellstoffindustrie. Von *von Lassberg* | 1380 |
| Franz Reuleaux | 1382 |
| Untersuchungen an der Maschinenanlage des Luftschiffes „Graf Zeppelin". Von *H. Thoma* | 1383 |
| Durchbildung der Kolben für Kraftwagenmotoren | 1388 |
| Spülung und Aufladung bei Zweitaktmotoren. Von *E. Stier* | 1389 |
| Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen. Von *H. Nippert* | 1391 |
| Bruch einer Turbinen-Druckrohrleitung | 1392 |
| Die Spinnzentrifuge in Theorie und Praxis. Von *H. Schulmann* | 1393 |
| Ein neuer Schlepphaken mit selbsttätiger Auslösung | 1397 |
| Warmbehandlung von Flugzeugteilen | 1397 |
| Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive. Von *W. Bauer* | S. |
| Hochdrucklokomotiven „Schmidt" und „Winterthur" | |
| Aus neueren Versuchen mit Zement, Zementmörtel und Beton. Von *O. Graf* | |
| Prüfung von Seildrähten durch Zug- und Biegeversuche | |
| Rundschau: Verkehrsprobleme der Gegenwart — Die neuere Entwicklung der Raupenkettenbagger — Plan- und Oberflächenschleifmaschine — Die Entlüftung von Wasserleitungen — Kleine Mitteilungen | |
| Bücherschau: Kompressorlose Dieselmotoren und Semidieselmotoren. Von *M. Seiliger* — Psychotechnische Methoden im Verkehrswesen. Von *B. Herwig* — Atlas der letzten Linien der wichtigsten Elemente. Von *F. Löwe* — Manufatti Stradali. Von *F. Miozzi* — Précis de Brevetabilité. Von *A. Picard* — Eingänge | |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 73 SONNABEND, 5. OKTOBER 1929 Nr. 40

# Die Leistungstheorie der Lokomotive in ihrer Entwicklung

## Eine geschichtliche Skizze zur hundertsten Wiederkehr des Tages von Rainhill

*Von Professor H. NORDMANN, Berlin*

*Anfängliches Überwiegen des Zugwiderstandes in der Theorie — Leistungseigenschaften der Lokomotive zunächst weder anschaulich dargestellt, noch völlig richtig erkannt. — Abschwächung dieses Mißverhältnisses; bessere Durchforschung der Lokomotivleistung, aber noch unter Annahme ihrer Unveränderlichkeit bei voller Beanspruchung des Kessels. — Von der Erkenntnis der Abhängigkeit der Höchstleistung von der Geschwindigkeit bis zum heutigen Verfahren ihrer rein versuchsmäßigen Feststellung.*

Die bauliche Entwicklung der Lokomotive ist in *Jahns* trefflichem Buche „Die Dampflokomotive in ntwicklungsgeschichtlicher Darstellung ihres Gesamtauf- ues" so erschöpfend und planmäßig behandelt wor- n, daß ein Gedenkblatt zum Jahrhunderttage[1]) nur n kurzer Auszug aus diesem Werke sein könnte. ie nachfolgende Skizze bezieht sich deshalb auf n theoretisches Gebiet. Der Leser braucht indes keine chwierigen Ableitungen t befürchten. Die Lei- ungstheorie, unter der h hier im weiteren Sinne e Beziehungen zwischen r Leistung der Loko- otive in Abhängigkeit n ihren Abmessungen d der Geschwindigkeit nerseits und dem Zug- iderstand, dessen Über- indung ja ihre Aufgabe t, anderseits verstehe, t mit verhältnismäßig nfach mechanisch-mathe- atischen Mitteln zu be- rrschen. Dabei stellt e doch gerade jenes Ge- let dar, das zur Berech- ung der Hauptabmes- ngen der Lokomotive d zur Lösung von Auf- ben der Zugförderung ent. Unsre Teilnahme rmag dieser Rückblick besonders dadurch wachzu- fen, daß er uns nicht von Anfang an eine gleichmäßige angriffnahme der Frage von beiden Seiten, der Loko- otive und dem Zugwiderstand her, enthüllt, sondern ie lange Zeit vorhaltende bevorzugte Behandlung des Zugwiderstandes zeigt.

Es spricht sich heute als etwas Selbstverständliches es und ist auch den frühen Wissenschaftlern des Eisen- hnmaschinenwesens klar gewesen, daß sich im Be- rrungszustand die Zugkraft der Lokomotive und der Widerstand des Zuges das Gleichgewicht halten; dahin- gen wurde das fehlende Gleichgewicht — bei der Be- schleunigungsperiode — früher z. T. sehr stiefmütterlich handelt, ja vernachlässigt. Es ist an sich nicht falsch, nn der Zugwiderstand als das Erstgegebene der Untersuchung unterworfen wurde; in der Beförderung n Zügen, also in der Überwindung ihrer Wider- nde, beruht ja die Aufgabe der Lokomotive. Und diese Untersuchung ließ nicht lange auf sich warten, nachdem *Stephensons* Tat die wirklich brauchbare Lokomotive auf die Schienen gestellt hatte. Freilich Vater und Sohn *Stephenson* treten erkennbar bei der theoretischen Behandlung ihrer ureigenen Maschine nicht hervor. Zu sehr waren sie offenbar mit der baulichen Vervollkommnung der Lokomotive beschäftigt, mit der Entwicklung immer leistungsfähigerer Bauarten im Kampf der Geschwindigkeiten und Spurweiten und im Wettbewerb mit andern Erbauern.

Am 8. Oktober jährt sich zum hundertsten Male der Tag von Rainhill, an dem in der Lokomotivschlacht auf der Teilstrecke der Liverpool–Manchester-Bahn bei Rainhill Stephensons „Rocket" (Rakete) über ihre Wettbewerberinnen siegte. Sieht man von den inzwischen zu ganz andrer Größenordnung gewachsenen Abmessungen einschließlich der Dampfdrücke ab und betrachtet als die Hauptkennzeichen von Stephensons siegreicher und epochemachender Lokomotive den Röhrenkessel, den unmittelbaren Antrieb der Treibräder mittels einer zweizylindrigen, umsteuerbaren Dampfmaschine mit rechtwinklig versetzten Kurbeln und die Benutzung des ausströmenden Dampfes zur Feueranfachung, so ist festzustellen, daß noch heute die Stephensonsche Grundform der Lokomotive den ganz überwiegenden Teil des Eisenbahnbetriebes bedient. Es ist daher am Jahrhunderttage eine reizvolle Aufgabe, nachzuweisen, weshalb diese Grundgedanken so außerordentlich fruchtbar waren.

### Von Pambour zu Redtenbacher (1855)

In seinem „Abriß der geschichtlichen Entwicklung der Mechanik starrer Systeme" spricht *H. Lorenz* aus, daß der britische Erfindungsgeist den französischen Theoretikern die Unterlagen für ihre wertvollen Untersuchungen lieferte, während Deutschland — damals das Land überheblicher Gelehrtenabstraktion — gleichgültig zuschaute, bis auch hier die von England eingeführte Eisenbahntechnik die Geister weckte. Er meint hier offenbar die Untersuchungen von Graf *Pambour* über den Zugwiderstand etwa um 1835, also wenige Jahre nach *Rainhill*, daneben die von *Lechatelier* über die Lokomotive. Freilich blieben die Franzosen keineswegs lange allein; die Engländer *Harding* und *Russel* stellten auf Grund von Dynamometerversuchen gleichfalls eine Zugwiderstandsformel auf, und zu ihnen gesellten sich noch *Gooch* und *Sewell* auf gleicher Versuchsgrundlage. Die englischen Formeln bauen sich auf der dreigliedrigen Form für den Widerstand des Wagenzuges

$$W = a\,Q + B\,V + C\,V^2$$

auf. wozu ähnliche Glieder für die Lokomotive treten ($Q$ Wagengewicht, $V$ Fahrgeschwindigkeit, $a$, $B$ und $C$ Konstanten). *Pambour* hat die zweigliedrige Form

$$W = a\,Q + C\,V^2$$

gewählt. Bei allen bezieht sich die Konstante $a$ auf die Achslager- (und rollende) Reibung, während das quadratische Glied den Luftwiderstand berücksichtigt. Das

[1]) Vergl. *W. Haefner*, Das Rennen von Rainhill, VDI-Nachrichten N 40 vom 2. Oktober 1929.

lineare Glied wird rein spekulativ der „Bahn und der schlängelnden Bewegung" des Wagenzuges zur Last gelegt *(Redtenbacher)*, nicht sowohl auf Beweis, als in Deutung des rein empirisch den Versuchergebnissen angepaßten mittleren Gliedes der Formel. Übrigens ist schon damals der Wert *a* bei *Harding* und *Gooch* mit 2,68 kg/t nicht eben weit entfernt von den Werten 2,4 oder 2,5 mancher Widerstandsformeln, die bis vor kurzem in Gebrauch waren, so daß also die Fortschritte in Lagerbauart und Schmierung durch die zunehmenden Achsschenkeldurchmesser ziemlich ausgeglichen erscheinen. Gegenüber der rein empirisch gefundenen Konstante *B* wird *C* bei *Pambour* in Beziehung gesetzt zu der Stirnfläche der Wagen, vervielfältigt mit ihrer Anzahl, aber — entsprechend dem Umstand, daß die Stirnflächen doch nur zum Teil dem Angriff der widerstehenden Luft ausgesetzt sind — durch 4 geteilt; die Stirnfläche der Lokomotive wird voll gerechnet. *Harding* berücksichtigt in *C* nur den Stirnwiderstand des vordersten Wagens, *Gooch* macht *C* abhängig vom Volumen des Zuges, von seiner Luftverdrängung, wie wir heute sagen würden. Nur der Ansatz *Pambours* ist seiner Art nach richtig und bringt bereits die physikalische Bedingtheit des Luftwiderstandes durch die Zusammensetzung des Zuges klar zum Ausdruck. Von Interesse ist endlich noch, daß *Pambour* den Zugwiderstand letzten Endes auf die Kolben der Lokomotive bezieht und diese indizierte Zugkraft nach heutigem Ausdruck dadurch wiedergibt, daß er den sich zunächst ergebenden Widerstand noch mit 1,14 vervielfacht, wobei also für die zusätzliche Reibungsarbeit der Lokomotivmaschine unter Dampf 14 vH zugeschlagen sind. Diese Darstellung übernimmt auch *Redtenbacher* in dem ersten deutschen theoretischen Lehrbuch des Lokomotivbaues (1855), der im übrigen seine Widerstandsformel wahlweise aus den Elementen der drei Formeln aufbaut.

Für den Krümmungswiderstand entwickelte *Redtenbacher* eine Formel auf theoretischem Wege; über den Steigungswiderstand als Schwerkraftkomponente der schiefen Ebene konnten Zweifel nicht bestehen.

Eine uns heute eigenartig berührende Meinungsverschiedenheit herrschte anscheinend schon in der französischen Literatur. Wenigstens wirft *Redtenbacher* in dem sehr ausführlichen Vorwort seines Buches in harten Worten — „Es gereicht diesen Herrn nicht zur Ehre" — namentlich *Lechatelier* folgende Stelle in dessen „Récherches expérimentales sur les machines locomotives" vor: „Ce n'est pas la pression de la vapeur qui se règle sur la résistance du train; ce sont, au contraire, les résistances de toute sorte, qui croissent par suite de l'accéleration de vitesse, jusqu'à ce qu'elles fassent équilibre à la pression de la vapeur"[2]). Wenige Sätze vorher hat sich *Redtenbacher* mit *Pambour* solidarisch erklärt; was er meint, geht aus seinem Buche S. 78 hervor. Dort entwickelt er nämlich für die mittlere Dampfspannung im Beharrungszustand die Beziehung aus der Arbeitsgleichung einer Umdrehung

$$p = r + \frac{W}{O}\,\frac{D\,\pi}{4\,l},$$

worin *O* die Kolbenfläche, *D* den Treibraddurchmesser, *l* den Kolbenhub, *W* den Zugwiderstand und *r* den mittleren Gegendruck auf den Kolben bezeichnen; wir würden heute *r* fortlassen und unter *p* gleich den mittleren Druck des Diagrammes verstehen. Diese Gleichung ist völlig richtig, aber die Auslegung, die sich scheinbar mit der von *Pambour* deckt, höchlichst überraschend: „Die Dampfspannung *p* ist also für jede bestimmte Lokomotive nur allein mit dem Widerstand *W* veränderlich. Ein Lokomotivführer mag also seine Maschine wie immer behandeln, er mag viel oder wenig einfeuern, den Regulator mehr oder weniger öffnen, es wird doch, wenn der Beharrungszustand eingetreten ist, in den Zylindern immer die gleiche Dampfspannung eintreten, solange der Widerstand der gleiche bleibt."

[2]) Es ist nicht der Dampfdruck, der sich nach dem Zugwiderstand richtet; es sind im Gegenteil die Widerstände aller Art, die mit der Steigerung der Geschwindigkeit so lange wachsen, bis sie dem Dampfdruck das Gleichgewicht halten.

Das heißt doch den Kausalzusammenhang auf d Kopf gestellt. *Lechatelier* hat natürlich völlig recht; nic der Widerstand, sondern die Dampfspannung wir um einen heutigen elektrotechnischen Ausdruck zu g brauchen, der Lokomotivmaschine aufgedrückt. Der b deutende Theoretiker, der mit bohrendem Scharfsinn verwickelten Differentialgleichungen die störenden B wegungen der Lokomotive weiterhin untersucht, ist hi entgleist. Von einer Einsicht in die Dynamik der Lok motive ist keine Rede. *Redtenbacher* steht eben ga unter dem Bann der störenden Bewegungen, die — nic die Gesetze des „mittleren Fortlaufs" — den Bau d Lokomotive nach seiner Meinung bestimmen. Und w sollen solche Erörterungen, daß „bei ungeänderte Widerstand" eine *n*-fache Dampferzeugung auch ei *n*-fache Geschwindigkeit hervorbringe? Der Betrieb w Züge bestimmten Gewichts, nicht ungeänderte Widerstandes befördern.

Gewiß macht *Redtenbacher* in den „Resultaten" A gaben für den Berechnungsgang einer Lokomotive, ab noch ohne unsere heutigen einprägsamen Begriffe, w Leistung, spezifischer Dampfverbrauch und spezifisch Heizflächenbelastung, und ohne entsprechende Zahlenwer die man damals offenbar noch nicht kannte; gewiß find sich darin Betrachtungen über die verfügbare Reibun und selbst eine Vorahnung des Tangentialdruck-Di gramms, aber von einer Leistungstheorie kann noch kau gesprochen werden. Unvermittelt, durch keine Beispie verlebendigt, stehen sich noch der Zugwiderstand und Lokomotivberechnung gegenüber.

### Von Redtenbacher bis Heusingers Handbuch (1875)

Das war 25 Jahre nach dem Erfolg der „Rocke Zwanzig Jahre später sieht die Sachlage wesentlich ande aus. Wir halten uns hier an den 1875 erschienen Lokomotivband von *Heusingers* „Handbuch für spezie Eisenbahntechnik"; ein namentlich auch in seinen th retischen Kapiteln sehr gediegenes Werk, das inhaltli und nach seinen erschöpfenden Quellenangaben ein guten Einblick in die Entwicklung während dieser zwan Jahre gestattet. Hier finden wir in dem von *Meyer* schriebenen Kapitel „Widerstehende und bewegende Arb ten bei Fortschaffung von Eisenbahnzügen" nicht n neben dem Beharrungszustand das vielfach fehlen Gleichgewicht zwischen Zugkraft und Widerstand herv gehoben, sondern auch Anfahrweg und Anfahrzeit Grund des Zugkraftüberschusses wenigstens in abstra berechnet. Und in dem nächsten Abschnitt „Die Lokomot im allgemeinen und die Entwicklung ihrer Grundverhä nisse" von *Grove* findet sich nicht nur eine Erörterung üb den mittleren Zugwiderstand während des Anfahre sondern in den durchgerechneten Beispielen ist bei Schnellzuglokomotive auch die Zugkraftbedingung erört unter der der Zug in 3 min auf seine volle Geschwind keit gebracht werden kann. Diese Rechnungen las sich heute nicht mehr ganz anerkennen, aber sie s doch ein logischer Fortschritt, indem an Stelle des my schen Gleichgewichts nach *Redtenbacher* die allgeme Dynamik getreten ist Und wenn gewiß bei *Redt bacher* mittelbar manches über die Lokomotivleistu steht, so mangelt doch alle Anschaulichkeit infolge Fehlens selbst der Leistungseinheit (PS) und so bequer Begriffe, wie z. B. der verfügbaren Leistung je m² H fläche. Das alles findet sich bei *Grove* vor.

Auf dem Gebiete des Zugwiderstandes sind seit 1 sehr viele Versuche gemacht worden. Auch deuts Versuche treten jetzt auf. Freilich fehlt noch Mut zu einer energischen Nachprüfung der bestehen Formeln. Es werden eigentlich nur Einzelwerte Widerstandes bei bestimmten Geschwindigkeiten für Fahrzeuge der betreffenden Bahn oder bestimmte Z arten bestimmt, oder aber es wird ein etwas schüchter Urteil über fehlende Übereinstimmung mit vorhande Formeln abgegeben, so von der Thüringer Ba gegenüber der *Hardingschen* Widerstandsgleichung. einzelnen sind die Versuche oft sehr sorgfältig. Köln–Mindener Bahn hatte 1866/69 einen Gü wagen als Meßwagen eingerichtet; seine Ausrüstung Meilensteinnummer-Zählvorrichtung mit Glocke, sch

nder Geschwindigkeitsmesser, schreibender Wegmesser, eder-Kraftmesser und schreibender Hebel-Kraftmesser, je n schreibender Wind-Kopfdruckmesser und Wind-Seitenruckmesser — kann auch heute noch dem Rückwärtshauenden Anerkennung entlocken. Köln – Minden untersuchte beladene Kohlenzüge und Leerzüge je bei zwei erschiedenen, voneinander nicht allzuweit abweichenden eschwindigkeiten; man stellte das bekannte „Schwerufen" des Leerzuges fest und fand mit einem durchchnittlichen spezifischen Widerstand des beladenen Zuges on 2,05 kg/t (3,87 für den Leerzug) bei etwa 31 km/h, inen Wert, der erheblich unter den 2,58 kg/t nach *Goochtarding* (noch ohne den Geschwindigkeitswiderstand) lag. So ist ja auch in späteren Tagen das konstante Glied ingerer Widerstandsformeln — 2,4 bzw. 2,5 kg/t — öfter ls zu groß bemängelt worden.) — Auch der Einfluß des Vindes wurde untersucht und als „sehr bedeutend" festestellt. Wie schade, daß man jenen Meßwagen nicht zu eiteren, planmäßigen Versuchen benutzte.

Aber die Empfindung für die Stetigkeit und die Rückichtnahme auf die Zugzusammensetzung für eine folgeichtige Bemessung des Luftwiderstandes hatten scheinbar berhaupt nachgelassen. Die sehr handliche englische 'ormel von *Clark* hatte nur noch einen Zahlenwert vor em $V^2$, dessen physikalische Bedeutung nicht ersichtlich ar und der an den damaligen Fahrzeugen haftete; sie ar aber wenigstens stetig. Das konnten die deutschen inzelwerte, eben als Einzelwerte, natürlich nicht sein, nd die Erfahrungswerte — auch für den Krümmungsiderstand lagen übrigens sorgfältige deutsche (sächsische) 'ersuche vor — kann man nicht als einen planmäßigen 'ortschritt ansprechen. Auch bei den Franzosen ward er Stetigkeit nicht mehr volle Beachtung geschenkt. n den seinerzeit berühmten Formeln von *Vuillemin*, *Dieudonné* und *Guébhard* (französische Ostbahn 1868) aren die Beiwerte für Schnell-, Personen- und Güterüge nicht mehr physikalisch gedeutet und der Geltungsereich der Einzelformeln auf verhältnismäßig enge Gehwindigkeitsgrenzen beschränkt. Vielleicht lag, da es ch bei den meist dreigliedrigen Formeln um Erfahrungserte handelte, eine absichtlich vorsichtige Beschränkung uf die beobachteten Geschwindigkeiten vor. Aber es war ergessen, daß auch Schnellzüge auf Steigungen langsamer ahren, beim Anfahren immer niedrige Geschwindigkeiten urchschreiten und die entsprechende Formel deshalb nicht rst bei 70 km/h beginnen darf. Übrigens entschied sich n unserer Hauptquelle *Grove* für die Form $w = a + b\ V^2$ noch ohne die etwaige Steigung), wobei er für gutes 'etter, gute Gleislage und schwache Krümmungen $= 2{,}25 + V^2 : 1040$ kg/t setzte, und wahrte so, bewußt der unbewußt, die Stetigkeit der Widerstandsformel.

Bemerkenswert sind in den Quellenangaben von *Meyer* ie vielen Arbeiten, die sich mit der Reibung zwischen reibrad und Schiene beschäftigt haben. Sie führen zu er Deutung, daß eine ausreichende Sandung bei schlüpfigen Schienen damals noch nicht immer gelang; und elbst der abenteuerliche Vorschlag, auf magnetischem 'ege die Reibung zu erhöhen, findet sich nicht weniger ls siebenmal als Thema.

Die Lokomotivleistung ist namentlich bei *Grove* sehr übersichtlich behandelt. Die Zugkraft einschließlich der Lokomotive als Wagen) wird zur erechnung der Zylinderabmessungen noch mit allerings zu geringen Wirkungsgraden geteilt. Für die ittlere Dampfspannung im Zylinder finden sich, je ach dem Füllungsgrad, Verhältniszahlen zum Kesselruck angegeben; der große Nutzen der Dehnung ist viel larer erkannt als s. Zt. bei *Redtenbacher*, der eine für ie damaligen Kesseldrücke errechnete Mehrleistung durch expandierende Maschinen" bis zu 58 vH, also Kohlenrsparnisse bis zu 37 vH, als „keine glänzenden Resultate es Expansionsprinzips" glaubte bezeichnen zu dürfen. ie möglichen Heizflächenanstrengungen der Hauptlokootivgattungen in kg Dampf je m² Heizfläche und tunde ($D : H$) sind zahlenmäßig zu 43 bei den chnellzuglokomotiven bis herab zu 31 bei den Geirgslokomotiven angegeben, für die Leistung in PS m² Heizfläche ($N : H$) Mittelwerte von 3,75 bis erab zu 2,15. Auch beim stündlichen Dampfverbrauch für die Leistungseinheit ($D : N$) kommen die Schnellzuglokomotiven besser weg, mit 11,5 kg/PSh gegen 13,5 kg bei Güterzug- und 14,5 kg bei Gebirgslokomotiven; aber erscheint dies bei den größeren Füllungen der letzteren wohl begreiflich, so fehlt eine Erklärung dafür, weshalb die mögliche Kesselanstrengung so sehr unter der der Schnellzuglokomotiven bleiben soll. Sie bleibt es tatsächlich nicht; es hat offenbar an Versuchen noch gefehlt, ob man die Geschwindigkeit für die Reibungszugkraft, deren Vorherrschen im Steilrampenbetrieb an sich richtig erkannt ist, nicht noch hinauftreiben könne.

Der Begriff der Reibungsgeschwindigkeit als Übergangspunkt zur Maßgeblichkeit der Kesselleistung fehlt noch. Vor allem ist keine Untersuchung darüber angestellt, ob die Volleistung einer Lokomotive wirklich über ihr ganzes Verwendungsgebiet praktisch konstant bleibt, wie man es als Annahme herauszulesen glaubt; tatsächlich läuft doch eine Schnellzuglokomotive nicht nur mit großer Geschwindigkeit in der Waagerechten, sondern auch mit kleinerer auf Steigungen, also nach Zylinderfüllung und Drehzahl ihrer Treibräder in Übereinstimmung mit einer Güterzugmaschine. Sollten dann trotzdem wesentlich verschiedene spezifische Leistungs- und Verbrauchszahlen gelten? Die Frage wird nicht aufgeworfen, und ebensowenig prüft *Meyer*, in welchen Grenzen denn bei seiner Integration des Beschleunigungsvorganges die Zugkraft $Z$ jeweils wirklich konstant gehalten werden kann. Nimmt man konstante Höchstleistung einer Lokomotive an, so muß die Zugkraft hyperbolisch mit der Geschwindigkeit abnehmen und also als $f(V)$ und nicht als Konstante eingeführt werden. Also bleibt bei allem Fortschritt der Leistungsbeurteilung doch eine erkenntnistheoretische Lücke, insofern nicht dem Zugwiderstand als Funktion der Geschwindigkeit auch die Zugkraft bewußt als eine $f(V)$ gegenübergestellt ist.

### Frankfurt – Bebra, Frank, v. Borries

Die logische Lücke wurde bald geschlossen durch den Zwang, sich bei einer Zugförderungsaufgabe von größter Bedeutung für eine solche Gegenüberstellung über das ganze Geschwindigkeitsgebiet zu entscheiden: Die Frankfurt–Bebraer Bahn stellte um 1880 das Verfahren der Fahrzeitenberechnung auf Grund der sogenannten virtuellen Streckenlängen auf. Bei wechselnden Steigungen einer Strecke wird die voll ausgenutzte Lokomotive mit ihrem Zuge verschiedene Geschwindigkeiten annehmen; im jeweiligen Beharrungszustand muß sich der Zugwiderstand einschließlich seines Steigungsanteils im Gleichgewicht mit der Lokomotivzugkraft befinden, die man also für die verschiedenen Geschwindigkeiten kennen muß. Die Frankfurt–Bebraer Bahn (*Kluge*) entsprach nun offenbar einer üblichen Annahme, wenn sie die Leistung jenseits der Reibungsgrenze als konstant betrachtete, also jene hyperbolische Abnahme der Zugkraft zugrunde legte. Übrigens prüfte sie für die Güterzuglokomotive, aber in unzureichenden Geschwindigkeitsgrenzen, die Richtigkeit dieser Annahme. Die unvermeidlichen Beschleunigungs- und Verzögerungsperioden wurden nicht betrachtet; das Verfahren der virtuellen Streckenlängen, das die verschiedenen Beharrungsgeschwindigkeiten unvermittelt nebeneinanderstellt, ist deshalb heute verlassen; der Logik war aber, wenn auch nicht um ihrer selbst willen, nunmehr Genüge getan.

Die Entwicklung unserer Theorie nimmt jetzt überhaupt ein schnelleres Zeitmaß an. 1883 veröffentlichte *Frank* seine mit Sorgfalt und Scharfsinn durchgeführten Versuche zur Bestimmung des Zugwiderstandes durch Ablaufversuche in Gefällen (auf unsern alten Reichseisenbahnen bei Metz). *Frank* entschied sich angesichts der allgemeinen Überzeugung von dem quadratischen Charakter des Luftwiderstandes für die zweigliedrige Form $A + BV^2$. Die widerstehende Fläche setzte er zusammen aus der Querfläche der Lokomotive als vollen Stirnwiderstand und der Summe der kleinen Äquivalentflächen, die die einzelnen Wagen infolge ihrer Deckung durch die voranlaufenden nur darbieten, z. B. je 0,5 m² für die damaligen Personen- und gedeckten Güterwagen. Für den Packwagen hinter dem damals niedrigen Tender sind 1,7 m² angesetzt; eine Ausnahmestellung, die sich bei

unsern heutigen großen Tendern erübrigt. Auch die Lokomotiven sind nach ihren Eigenwiderständen untersucht. So ist die Bedingtheit des Zugwiderstandes gegenüber den farblosen Zahlenbeiwerten der Erfahrungsformeln wieder zu ihrem Recht gekommen und eine anpassungsfähige Form geschaffen.

Aber die Erfahrungsformel blieb zunächst Siegerin. 1887 veröffentlichte die Preußische Staatsbahn die Ergebnisse von Versuchen mit ihren damaligen „Normallokomotiven" (P 2/3, G 3/3, T 3/3) zur Feststellung ihrer höchsten Dauerleistungen, die allerdings offenbar nur gefühlsmäßig, nicht unter der ausdrücklichen Bedingung einer bestimmten Heizflächenanstrengung gefunden, und bei denen die Leistungen aus den beobachteten Zuggewichten und der Widerstandsformel $w = 2{,}4 + 0{,}001\ V^2$ kg/t (ohne die Steigung) bestimmt waren. *Frank* untersuchte darauf die Übereinstimmung dieser zahlenmäßig so einfachen „amtlichen" Formel mit der seinigen und fand sie befriedigend. Ein durchaus verständlicher Vorgang, dessen Wirkung für den Konstrukteur und Fahrzeitberechner aber nur in einem erhöhten Vertrauen auf die einfache Formel bestand, die ja von der wissenschaftlich genaueren so gut gedeckt wurde.

Aber einen andern Erfolg brachte zur gleichen Zeit *Franks* unermüdliches Forschen, das sich in vielen späteren Arbeiten u. a. auch in der Umbildung seiner grundsätzlichen Formel in handliche Einzelformeln für die einzelnen Zuggattungen, Schnellzüge, Personenzüge, Güterzüge verschiedener Art — offenbarte: er benutzte jene preußische Leistungstabelle, die im Gegensatz zur Annahme einer gleichbleibenden Leistung eine veränderliche zeigte, um eine Beziehung aufzustellen, die diese Veränderlichkeit mit der Geschwindigkeit zum Ausdruck brachte, nämlich $N : H = \alpha + \beta \sqrt{V}$. $\alpha$ und $\beta$ waren bei der Personen- und Güterzuglokomotive verschieden. In Gestalt des Schnittpunktes der entsprechenden Zugkraftkurve mit der höchsten Zugkraft aus dem Reibungsgewicht gewann er auch völlig richtig den Begriff der Reibungsgeschwindigkeit.

Die Leistungstheorie hat damit im ganzen das uns heute geläufige Bild angenommen: Harmonie zwischen der Erkenntnis der eigentlichen Lokomotivleistung und ihres Widerparts, des Zugwiderstandes, die beide stetige Funktionen der Geschwindigkeit sind, erstere also nicht unveränderlich, sondern mit steigendem $V$ wachsend. Eine Verquickung der beiden Funktionen zu einer Dynamik der Zugbewegung, insbesondere also zur Lösung von Fahrzeitproblemen, hat *Frank* selbst nicht vollzogen.

Das tat dagegen *v. Borries*, der die Veränderlichkeit der Lokomotivleistung, auf Grund des Leistungsbildes der preußischen Lokomotiven, auf das Verfahren der virtuellen Längen übertrug (1887). *v. Borries* verzichtete, in der Regel auch in seinen späteren Arbeiten, auf eine formelmäßige Wiedergabe der veränderlichen Leistung, er vermerkte sie vielmehr tabellarisch oder in graphischer Darstellung, und zwar als Funktion der sekundlichen Drehzahl ($u$) statt der Geschwindigkeit, so in der „Eisenbahntechnik der Gegenwart", wo auch in den Berechnungsbeispielen der Lokomotiven meist mehrere Arbeitslagen berücksichtigt sind, etwa vor dem Schnellzug in Ebene und Steigung. Die Umdrehungszahl ist dabei dampftechnisch an sich das Richtige, für eine bestimmte Lokomotive dagegen die Beziehung auf die Fahrgeschwindigkeit das Bequemere. Der Zugwiderstand wird, allerdings bereits mit einer gewissen Kritik, nach der Formel $w = 2{,}4 + V^2 : 1000$ gehandhabt. In der 2. Auflage der Eisenbahntechnik (1903) sind neben der *Frankschen* Formel dreigliedrige französische Erfahrungsformeln (*Barbier*) und die weiter „modernisierte", indes noch immer zu große Formel $w = 2{,}4 + V^2 : 1300$ angeführt. Für die Lokomotivleistung findet sich neben dem Versuch einer formelmäßigen Wiedergabe $N = f(u)$, mit der indes kein rechter Ernst gemacht wird, die Vermutung ausgesprochen, daß infolge der oberhalb 80 km/h zu großen Widerstandsformel auch die Leistung zu groß anfalle, vielmehr ein Höchstwert bei 80 bis 90 km/h vorhanden sein dürfte.

### Strahl und die jüngste Entwicklung

Der Umstand, daß die *Franksche* Beziehung $N : H = (\alpha + \beta \sqrt{V})$ bei immer weiter wachsender Geschwindigkeit trotzdem nicht zu einem Höchstwert führt, sondern die Leistung trotz zunehmender Dampfdrosselung immer weiter wachsen läßt, bildete für *Richter* (1906) und *Strahl* (1908) den Anlaß, sie zu bezweifeln und durch Formeln zu ersetzen, die einen ausgesprochenen Höchstwert aufweisen, wobei sich *Strahl* an österreichische Versuche von *Sanzin* anlehnte. In zwei ähnlichen Arbeiten von 1913 stellt *Strahl* eine etwas abgeänderte Beziehung derart auf, daß er die Leistung jeweils auf den Leistungshöchstwert $N$ bei der günstigsten Geschwindigkeit $V'$ bezog und als $N : N' = f(V : V')$ bildete, oder eigentlich zwei solche Beziehungen ober- und unterhalb der günstigsten Geschwindigkeit. Als Leistung ist stets die indizierte gemeint. In dieser Form finden sich die beiden Gleichungen auch im neuesten 3. Band der „Hütte" (25. Aufl.). *Strahl* hielt diese Funktionen — offenbar gemeint für eine gleichbleibende höchste Heizflächenanstrengung — für universell, für unabhängig von der Bauart der Lokomotive. Übrigens benutzte er bei seinen sehr verdienstlichen Arbeiten über die Zugdynamik Widerstandsformeln, die man doch als Anlehnung an die *Frankschen* Formeln bezeichnen darf; Formeln der Art, wie sie sich durch Einführung der neueren Eisenbahnfahrzeuge in die allgemeine Form für die einzelnen Zuggattungen gewinnen lasse.

Aber eben hinsichtlich der Allgemeingültigkeit jener beiden Formeln für die Veränderlichkeit der Leistung vermögen wir *Strahl* heute nicht mehr zu folgen. Die ausgedehnten Versuche der Deutschen Reichsbahn in den letzten drei Jahren, angestellt im Beharrungszustand und mit aller möglichen Versuchsgenauigkeit, ergeben, daß sich die Leistungskurven der verschiedenen Lokomotivgattungen, wenn man sie mit entsprechendem Maßstab der Ordinaten auf ein- und denselben Scheitel bringt, nicht decken, wie es nach *Strahl* der Fall sein müßte. Wo bleibt der Kurvenverlauf nach *Strahl* möglich, wo ist auch der versuchmäßig festgestellte gewöllt aber die Abweichungen sind zu groß, um sie vernachlässigen zu können. Und so werden denn die Belastungstabellen jetzt stets auf Grund des Versuchs bei gleicher Kesselanstrengung aufgestellt. Als Widerstandsformel dienen die *Frank-Strahlschen*; eben laufende, umfangreiche Versuche zunächst mit Schnell- und Personenzugwagen werden zeigen müssen, ob sie einer Abänderung bedürfen oder nicht.

### Zusammenfassung

So hat sich in den hundert Jahren die Entwicklung der Leistungstheorie der Lokomotive im engeren Sinne vollzogen. Jahrzehnte in Nacheilung gegen den Zugwiderstand, anfangs geradezu vernachlässigt, dann im Sinn einer praktischen Konstanz der Leistung aufgefaßt, erhielt sie erst nach sechs Jahrzehnten ihr grundsätzlich richtiges Bild durch die Erkenntnis, daß die Leistung von der Geschwindigkeit abhängt. Im Wechselspiel zwischen Formel und tabellarisch-zeichnerischer Darstellung als Maß der Veränderlichkeit sind wir heute dahingelangt, daß sich keine genügend genaue Formel für alle Lokomotivgattungen angeben läßt, und daß für die wirklichen Berechnungen nur sorgfältige Versuche mit den einzelnen Lokomotivgattungen die richtige Grundlage geben können.

[B 3520]

# ie Kräfte im Triebwerk von Dreizylinderlokomotiven

*Von Dr.-Ing. F. LOEWENBERG, Haddonfield, N.-J., USA.*

***Die Kräfte des Triebwerks von Zweizylinderlokomotiven sind wesentlich geringer als bei Dreizylindertriebwerken. Es werden daher die Kräfte am dreizylindrigen Triebwerk untersucht, und zwar bei zwei und mehr gekuppelten Achsen. — Die Abhängigkeit der Größe der Kräfte von den Spielräumen in den Kuppelzapfenlagern. — Die Nachgiebigkeit des Triebwerks infolge der elastischen Formänderungen. — Der Verlauf der Kuppelstangenkräfte für starre und nachgiebige Triebwerke ohne und mit Spiel. — Drei- und vierachsige Triebwerke können wie zweiachsige behandelt werden.***

'e Achsen und Kuppelstangen einer Lokomotive sind Teile eines statisch unbestimmten Systems. Die sta- se Unbestimmtheit ist zweifach bedingt: Durch die oneinanderschaltung erstens zweier Parallelkurbel- ibe, zweitens einer Anzahl von Rädern. Für die ersuchung der zweiten Unbestimmtheit ist man zu tas rohen Annahmen gezwungen. Entwickelt eine omotive eine im Verhältnis zu ihrer Höchstzugkraft lne Kraft, so ist jede beliebige Annahme möglich von e gleichmäßigen Verteilung der Schienenreibungskraft u alle Räder an bis zu dem Grenzfall, daß das gesamte nickelte Drehmoment von der Reibungskraft eines ein- in Rades aufgenommen wird. Verschiedenheiten in e Größe der Schienenreibungskraft an den einzelnen äern können durch Verschiedenheiten in der Umfangs- chwindigkeit der Räder bedingt sein. Verschiedene Um- angsgeschwindigkeiten der Räder können wiederum die 'se von Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit oder o Unterschieden in der Länge des abrollenden Rad- anges sein. Die Gründe für das Auftreten von augen- blicklichen Schwankungen in der Winkelgeschwindig- e der Räder werden weiter unten gezeigt. Für erschiede in dem abrollenden Radumfang ist es cht einmal nötig, daß die Radkränze an sich eschieden sind; infolge der Kegelform des Rad- anzes ändern sich schon bei allen seitlichen Ver- elebungen der Achsen die abrollenden Kreisumfänge. ßlicher die Umfangsgeschwindigkeit an der Berührungs- te verschieden, so ist es sicher, daß nicht alle Räder i reine Rollbewegung vollführen können. Bei einem d mehreren von ihnen muß die geradlinige Bewegung lmer sein als die, die dem reinen Rollen entspricht Sleudern). Dabei ist nun erst eine gerade Strecke vor- esetzt. In Krümmungen ist reines Rollen aller Räder haupt unwahrscheinlich. Schleudern nun aber eines d mehrere der Räder, so hat die Schienenreibungskraft n iesen Rädern einen bestimmten Wert, der von dem auf e Rad lastenden Gewicht und der Reibungszahl ab- ängig ist. Diese Reibungskräfte halten nun dem Haupt- ml des auf die Triebachse wirkenden Drehmomentes a Gleichgewicht, während für die übrigen Räder nur e Rest des Drehmomentes in Betracht kommt. Wird a Drehmoment von den schleudernden Rädern gänzlich eglichen, so laufen die andern völlig „leer".

Läßt sich somit bei kleinen Zugkräften überhaupt cts aussagen, so sind doch bei Entwicklung der öchstzugkraft vereinfachende Annahmen möglich. ten nämlich bei einer Lokomotive Zugkraft und ungsgewicht in einem Verhältnis $c$ und ist e Reibungszahl $\mu$ zwischen Schiene und Rad an- ernd gleich $c$, so sind alle Räder bis an die Grenze s Reibungsgewichtes ausgenutzt, und die auftreten- en Reibungskräfte sind annähernd gleich. Nun kann unter besonders günstigen Reibungsverhältnissen ein Wert $\mu$ größer als $c$ werden, wenn auch nur bis zu einem gewissen Grade. Im folgenden ist immer ange- nommen, daß die Reibungszahl im Höchstfalle doppelt so groß sein kann, als der Kennwert $c$ der Lokomotive. Mit dieser als der ungünstigsten Annahme müssen wir

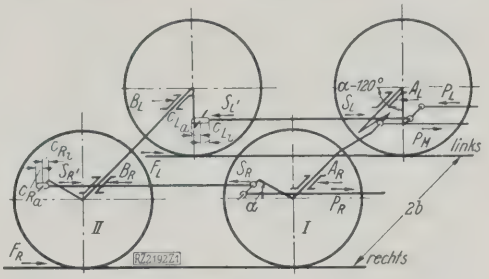



**Abb. 1**
Dreizylinder-Triebwerk mit zwei gekuppelten Achsen.

$A_R$, $A_L$ Druck am rechten und linken Lager der Achse I
$B_R$, $B_L$ desgl. der Achse II
$P_R$, $P_M$, $P_L$ Kräfte, die von rechter, mittlerer und linker Treibstange auf Achse I ausgeübt werden
$S_R$, $S_L$ die von den Kuppelstangen auf Achse I ausgeübten Kräfte
$S_R'$, $S_L'$ desgl. auf Achse II
$F_R$, $F_L$ Reibungskräfte an den Rädern der Achse II
$c_{R_a}$, $c_{R_i}$ äußerer und innerer Spielraum in den Kuppelzapfenlagern der rechten Seite
$c_{L_a}$, $c_{L_i}$ desgl. der linken Seite

die Hälfte der Räder als leerlaufend betrachten, während an den andern die Reibungskräfte wirken, die dem Drehmoment das Gleichgewicht halten.

### Triebwerk, starr, mit Spielräumen

In Abb. 1 ist das Triebwerk einer Dreizylinderlokomotive mit 120 ° Kurbelversetzung und zwei gekuppelten Achsen dargestellt. Entsprechend den obigen Überlegungen müssen wir zwei Räder als reibungslos annehmen, und wir erhalten naturgemäß die größten Kräfte in den Kuppelstangen, wenn wir die Schienenreibungskraft nur an den Rädern der zweiten Achse wirkend denken. Die Spielräume der Zapfen in den Lagern sind in der Abbildung in den Kuppelzapfenlagern der zweiten Achse zusammengefaßt dargestellt. Wenn die Kuppelzapfen einer Seite senkrecht über ihren Achsen stehen, so lassen sich von dieser Stellung aus die Kuppelzapfen um einen gewissen Betrag voneinander fortbewegen. Diesen Betrag nennen wir den äußeren Spielraum, während wir mit innerem Spielraum den Betrag bezeichnen, um den sie einander genähert werden können. Die Unterscheidung zwischen innerem und äußerem Spiel ist natürlich nur eine andre Betrachtungsweise der Tatsache, daß die Abstände der Kuppelstangenlagermitten nicht immer genau mit dem Abstand der Achslagermitten übereinstimmen. Solche Abweichungen können entstehen, wenn die Lager unsachgemäß nachgestellt sind. Ferner haben wir zwischen den Spielräumen der rechten und linken Seite zu unterscheiden, so daß wir die folgenden Größen erhalten:

$$c_{R_a},\ c_{R_i},\ c_{L_a},\ c_{L_i}.$$

Nehmen wir nun noch das ganze Triebwerk als völlig unnachgiebig an, so ist es klar, daß bei der Bewegung immer nur die Kuppelstangenlager einer Seite in kraftschlüssiger Berührung mit ihren Zapfen sind, und daß daher immer nur eine Seite Arbeit überträgt. In gewissen Kurbelstellungen wechselt die Arbeitsübertragung von der einen Seite auf die andre. Sind die Spielräume alle gleich groß, so kann man leicht sehen, daß mit der Winkelbezeichnung, s. Abb. 1, für $\alpha = 60°$ die Arbeit von der linken Seite auf die rechte übergeht, und daß sie für $\alpha = 150°$ wieder auf die linke Seite zurückgeht. Auch ist es einfach, zu beweisen, daß kurz vor und kurz nach dem Wechsel für $\alpha = 60°$ die Kuppelstangenkraft $2P$ und für $\alpha = 150°$ $4P$ beträgt, wenn mit $P$ die Kolbendrücke bezeichnet und die Schrägstellungen der Triebstangen vernachlässigt werden.

Hier wie auch in allen folgenden Ableitungen ist mit gleichen und gleichbleibenden Kolbendrücken gerechnet. Dies trifft mit einiger Annäherung nur für langsame Fahrt mit größter Füllung zu. Es ist jedoch anzunehmen, daß kleinere Füllungen auch kleinere Kuppelstangenkräfte

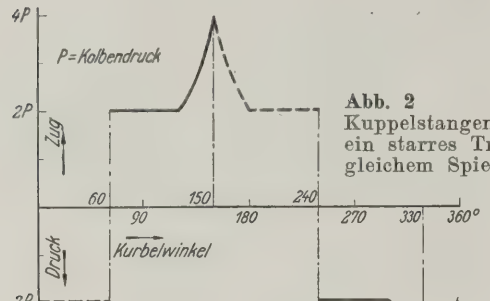



**Abb. 2** Kuppelstangenkräfte für ein starres Triebwerk mit gleichem Spiel.

hervorrufen, vorausgesetzt, daß die dynamischen Einwirkungen bei schneller Fahrt nicht überwiegenden Einfluß haben.

Bei der Zweizylindermaschine und 90° Kurbelversetzung tritt der Kraftwechsel in den 45°-Stellungen ein und beträgt die Kraft in der Kuppelstange $2P$. Sind die Spielräume nicht gleich, so tritt der Kraftwechsel in andern Winkelstellungen ein, was zu größern Kräften in den Kuppelstangen führen kann. Für den Vorwärtsgang des rechten Kolbens tritt der Kraftwechsel von der rechten auf die linke Seite bei der Dreizylinder-Maschine für

$$\operatorname{tg}\alpha = -\frac{0{,}866\, c_{R_a}}{c_{L_a} + 0{,}5\, c_{R_a}}$$

ein, und die Kuppelstangenkraft beträgt

$$S_R = 4P + 2P\frac{c_{L_a} - c_{R_a}}{c_{R_a}}.$$

Ist z. B. $c_{L_a} = 2\, c_{R_a}$, so findet der Übergang bei $\alpha = 161°$ anstatt bei $\alpha = 150°$ statt und beträgt die Kuppelstangenkraft $6P$. Für die Zweizylindermaschine lauten die entsprechenden Werte

$$\operatorname{tg}\alpha = -\frac{c_{R_a}}{c_{L_a}} \quad \text{und} \quad S_R = 2P + P\frac{c_{L_a} - c_{R_a}}{c_{R_a}}.$$

Es zeigt sich also, daß die Kräfte bei den Dreizylindermaschinen erheblich größer sind als bei Zweizylindermaschinen und daß auch ungleiche Spielräume größere zusätzliche Beanspruchungen mit sich bringen. Aus diesem Grunde sind im folgenden nur die Dreizylindermaschinen untersucht.

Auf eine Bemerkung im Anfang zurückgreifend, weise ich hier darauf hin, daß Spielräume auch die Ursache von Schwankungen der Winkelgeschwindigkeit sind. Infolge des Spieles bleibt die getriebene Achse gegenüber der treibenden zurück. Da aber die waagerechten Geschwindigkeiten der Kuppelzapfen einer Seite gleich sind, so muß eine Verschiedenheit in der Winkelgeschwindigkeit die Folge sein.

Abb. 2 zeigt den Verlauf der Kuppelstangenkräfte für ein starres Triebwerk mit gleichen Spielräumen. Die Kräfte sind von der absoluten Größe der Spielräume unabhängig.

### Nachgiebigkeit des Triebwerkes

Bei der Betrachtung der Nachgiebigkeit sind die folgenden elastischen Formänderungen berücksichtigt worden:

1. Längenänderungen der Kuppelstangen,
2. Biegung der Achsen,
3. Verdrehung der Achsen.

Die übrigen Formänderungen können gegenüber diesen vernachlässigt werden.

#### Zu 1. Längenänderungen der Kuppelstangen

$f$ bezeichnet die Verlängerung oder Verkürzung einer Kuppelstange unter der Einwirkung einer K von 1 kg.

#### Zu 2. Biegung der Achsen

Es werden die Bezeichnungen der Abbildunge bis 6 gebraucht, in denen die Kräfte aufgezeichnet s die für $\alpha = 0$ auf die Achsen wirken. Eine Kraft von in der Ebene von $P_R$ bewirke eine elastische Verschieb von Punkt $X_R$ um $g$ und von Punkt $X_L$ um $g'$. Ents chende Verschiebungen, hervorgerufen von einer Kraft 1 kg, die in der Ebene von $S_R$ wirkt, mögen $f_1$ und $f_1'$ gen sein, während eine Kraft von 1 kg in der Ebene von $P_M$ Punkte $X_R$ und $X_L$ um je $g_M$ verschiebe. Die Werte $g$ $g_M$, $f_1$ und $f_1'$ hängen nun von dem Kurbelwinkel ab. Einfachheit halber sind jedoch die verwickelten Fo änderungen der Räder, der Kuppelzapfen und der Kur kröpfung vernachlässigt worden, und die Achse wird s als eine gerade Welle angesehen. Solange sich also Richtungssinn der Kräfte nicht ändert, d. h. innerhalb Bereiche von je 60°, sind dann die elastischen Formä rungen von der Kurbelstellung unabhängig. Auch wer dadurch die Verschiebungen der Punkte $X_R$ und $X_L$ Grund von Kräften, die in den Ebenen von $P_L$ und wirken, gleich den Verschiebungen, die von Kräften den Ebenen von $P_R$ und $S_R$ wirkend, hervorgerufen den. An der zweiten Achse bewirke eine Kraft von 1 die in der Ebene von $S_R'$ wirkt, eine Verschiebung $Y_R$ um $f_2$ und von $Y_L$ um $f_2'$, während eine Kraft von die in der Ebene von $S_L$ wirkt, den Punkt $Y_R$ um $f_2'$ den Punkt $Y_L$ um $f_2$ verschiebt.

#### Zu 3. Verdrehung der Achse

Bezüglich der Verdrehung betrachten wir nur Teil der Achsen, der zwischen den Rädern liegt. Drehmoment $Pn$ verdrehe die Achse II um den kel $\tau_2$. Wirkt das Drehmoment in der Ebene $S_R'$, so die Hälfte dieses Momentes von der Reibungskraft die an dem Hebelarm $m$ wirkt, aufgenommen. Ein so Moment bewirkt also eine Verdrehung der Achse u

Das gleiche gilt von einem Drehmoment $Pn$, das in Ebene von $S_L'$ wirkt. Die Achse I soll durch ein D moment $Pn$ um den Winkel $\tau_1$ verdreht werden. W dieses Moment in der Ebene von $S_R$, so kommt für Verdrehung der rechten Hälfte der Achse nur der des Momentes in Betracht, der nicht schon durch die benkraft $P_R$ ausgeglichen ist, während den linken der Achse nur ein Moment verdreht, das nach Abzu Gegenwirkung von $P_R$ und $P_M$ übrig bleibt. Sind nu Kräfte, die in den Ebenen von $P_R$, $P_L$ und $P_M$ als Ge wirkung gegen das Drehmoment $Pn$ entstehen, gi groß, so ist das verdrehende Moment auf rechten Hälfte der Achse

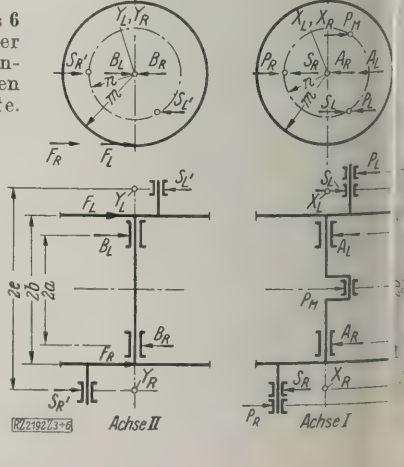



**Abb. 3 bis 6** Diagramm der am Zweiachsengebilde wirkenden Kräfte.

$A_R$, $A_L$, $B_R$, $B_L$, $P_R$, $P_M$, $P_L$, $S_R$, $S_L$, $S_R'$, $S_L'$ wie in Abb. 1
$n$ Kurbelhalbmesser
$m$ Radhalbmesser
$X_R$, $X_L$ Schnittpunkte der Mittellinie der Achse I mit der Ebene der Kuppelstangen
$Y_R$, $Y_L$ desgl. der Achse II

$$P\,n\left(1-\frac{\sin\alpha}{\sin\alpha+\sin(\alpha-120)+\sin(\alpha+120)}\right)$$

l auf der linken Häfte

$$P\,n\left(1-\frac{\sin(\alpha+120)+\sin\alpha}{\sin\alpha+\sin(\alpha-120)+\sin(\alpha+120)}\right)$$

l die Gesamtverdrehung beträgt

$$\frac{1}{2}\tau_1\frac{2\sin(\alpha-120)+\sin(\alpha+120)}{\sin\alpha+\sin(\alpha-120)+\sin(\alpha+120)}=\frac{1}{2}\tau_1 k_R\,.$$

In diesen Gleichungen gelten die absoluten Sinuswerte.

. entsprechender Wert $\frac{1}{2}\tau_1 k_L$ ergibt sich für die Ver-hung der Achse durch ein Moment, das in der Ebene . $S_L$ wirkt.

Wir betrachten nun den Kurbelwinkel-reich zwischen $\alpha=0$ und $\alpha=60°$. Das gesamte Drehmoment, das von den Kolbenkräften auf die Achse I ausgeübt wird, hat hier den Wert $2\,P\,n\sin(\alpha-120)$, und besteht daher die Gleichung

$$S_R\sin\alpha+S_L\sin(\alpha-120)=2\,P\sin(\alpha-120)\;\;..\;\;(1).$$

Eine zweite Gleichung für $S_R$ und $S_L$ erhalten wir aus der Betrachtung der relativen Verdrehung der Räder gegeneinander. Infolge der elastischen Verdrehung eilt das linke Rad der Achse II dem rechten um den Winkel

$$\varphi_2=\frac{1}{2}\tau_2\frac{S_L\sin(\alpha-120)-S_R\sin\alpha}{P}$$

voraus. Das Voreilen des linken Rades der Achse I gegenüber dem linken Rad der Achse II wird in folgender Weise berechnet: Der Abstand zwischen den linken Kuppelzapfen ist um den Betrag $c_{L_i}+S_L f$ kleiner als der normale Achsenabstand. Der Abstand zwischen den Drehmittelpunkten der Zapfen ($L_1$ und $L_2$ in Abb. 3 bis 6) ist infolge der Biegung der Achsen um den Betrag

$$S_L f_1+S_L f_2-S_R f_1'-S_R f_2'-P g+P g'-P g_M$$

größer als der normale Achsenabstand. Folglich ist die Voreilung des linken Rades der Achse I gegenüber dem Rad der Achse II

$$\varphi_1=\frac{1}{n\sin(\alpha-120)}\cdot[c_{L_i}+P(g'-g-g_M)+S_L(f+f_1+f_2)-S_R(f_1'+f_2')]$$

In der gleichen Weise kann nun der Winkel $\varphi_1$ berechnet werden, um den das rechte Rad der Achse I dem linken Rad voreilt, und ferner der Winkel $\varphi_R$, um den das rechte Rad der Achse I gegenüber dem rechten Rad der Achse II zurückbleibt. Es muß dann sein

$$\varphi_1+\varphi_2+\varphi_L-\varphi_R=0\;\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;.\;(2).$$

Setzt man die gefundenen Werte für $\varphi$ in die Gleichung (2) ein und verbindet diese mit Gleichung (1), so ergibt sich

Entsprechende Werte ergeben sich für die übrigen Kurbelwinkelbereiche.

In Abb. 7 ist der Verlauf der Kuppelstangenkräfte für ein nachgiebiges Triebwerk ohne Spiel aufgezeichnet. Die Kuppelstangenkraft hat dabei einen Höchstwert von 2,25 $P$ verglichen mit 4 $P$ beim starren System. Allgemein kann man sagen, daß die Nachgiebigkeit des Triebwerkes die Wirkung hat, die Spitzen im Verlauf der Kuppelstangenkraft abzuflachen. Eine genauere Untersuchung der Gleichung (3) zeigt allerdings, daß dies nur für die Biegung der Achsen und die Längenänderung der Kuppelstangen zutrifft, während die Verdrehung der Achsen in der Richtung erhöhter Kuppelstangenkräfte wirkt. Im allgemeinen ist jedoch der Einfluß der Achsverdrehung nicht überwiegend. In Abb. 8 bis 10 ist der Verlauf der Kuppelstangenkraft für ein nachgiebiges Triebwerk mit wachsendem Spielraum gezeigt. Man kann hier deutlich verfolgen, wie sich die Kurven mit wachsendem Spielraum ihrer Gestalt nach und bezüglich ihres Höchstwertes der Kurve für das starre Gebilde, s. Abb. 2, nähern.

Die Gültigkeit der Gleichung (3) muß auf die Kurbelstellungen beschränkt werden, in denen die Spielräume beider Seiten aufgenommen sind. Selbst im nachgiebigen Gebilde gibt es nämlich immer Kurbelstellungen, in denen die Kuppelstangenlager einer Seite ihre Zapfen nicht kraftschlüssig berühren. Dies zeigt sich darin an, daß sich bei der Verwendung der Gleichung (3) eine der beiden Kuppelstangenkräfte negativ ergibt. In diesen Bereichen ist dann das Triebwerk statisch bestimmt, und der Verlauf der Kuppelstangenkraft gleicht dem des starren Triebwerkes. Abb. 8 bis 10 zeigen, wie die Bereiche, in denen die Kurve für das nachgiebige Gebilde mit der des starren Gebildes übereinstimmt, mit wachsendem Spielraum größer werden. Naturgemäß bewirken ungleiche Spielräume auch im nachgiebigen Triebwerk große zusätzliche Kuppelstangenbeanspruchungen.

### Achslagerspiel

Bisher war lediglich von einem Kuppelzapfenlager-Spielraum gesprochen worden. Es entsteht nun die Frage, in welcher Weise das Spiel der Achsen in ihren Lagern zu dem Gesamtspiel beiträgt. Infolge des Spieles in den Lagern kann sich die Achse schräg stellen, und es ist klar, daß sich dann der Betrag des Achslagerspiels, vermehrt im Verhältnis $e/a$, s. Abb. 3 bis 6, auf die Kuppelstangen auswirkt. Ferner ist die Wirkung auf die linke Seite verschieden von der auf die rechte, und man kann vermuten, daß dies, ähnlich wie wir es bei ungleichen Spielräumen der Kuppelstangen fanden, erhebliche zusätzliche Beanspruchungen hervorruft. Daher erscheint eine genauere Untersuchung des Einflusses des Achslagerspiels notwendig.

Man kann das Achslagerspiel in der Ableitung der Gleichung (3) berücksichtigen, indem man die Gleichungen für die Verdrehungswinkel $\varphi_R$ und $\varphi_L$ unter Einrechnung des Achslagerspiels aufstellt. Dabei ergibt

$$P'=P\,\frac{\left\{\begin{array}{l}2\sin\alpha\sin(\alpha-120)(f+f_1+f_2)+2\sin^2(\alpha-120)(f_1'+f_2')+\sin^3(\alpha-120)\sin\alpha\,(\tau_2+k_L\tau_1)\,\frac{n}{P}\\ +\sin\alpha\sin(\alpha-120)(g'-g-g_M)\quad-\sin^2(\alpha-120)(g'+g_M-g)-c_{R_a}\sin^2(\alpha-120)\\ +c_{L_i}\sin\alpha\sin(\alpha-120)\end{array}\right\}}{[\sin^2\alpha+\sin^2(\alpha-120)](f+f_1+f_2)+2\sin\alpha\sin(\alpha-120)(f_1'+f_2')+\frac{n}{P}\sin^2\alpha\sin^2(\alpha-120)(\tau_1+\tau_2)}\;\;.\;.\;.\;.\;(3).$$

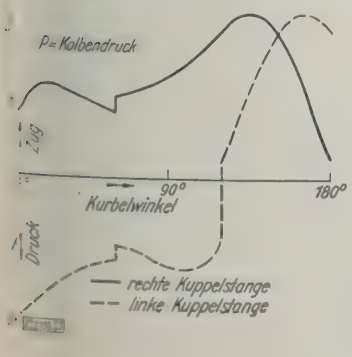



Abb. 7
Kuppelstangenkräfte für nachgiebiges Triebwerk ohne Spiel.

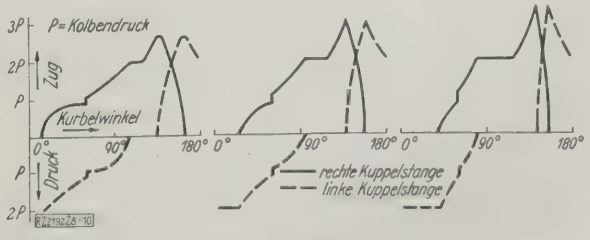



Abb. 8 bis 10
Kuppelstangenkräfte für nachgiebiges Triebwerk und wachsendes Spiel.

sich aber die Schwierigkeit, daß von vornherein die Stellung der Achsen in ihren Lagern für die verschiedenen Kurbelwinkel nicht bekannt ist. Man ist daher auf eine Art Probierverfahren angewiesen, das hier nur im allgemeinen Gedankengang besprochen werden soll. Man berechnet erst den Verlauf der Kuppelstangenkräfte für ein nachgiebiges Triebwerk ohne Berücksichtigung des Achslagerspieles und dann die daraus sich ergebenden Lagerdrücke. Aus dem Richtungssinn der Lagerdrücke ergibt sich eine Achsstellung, die dann der Berechnung des Verlaufs der Kuppelstangenkraft mit Hilfe der für das Achslagerspiel entsprechend abgeänderten Gleichung (3) zugrunde gelegt wird. Mit den neuen Kuppelstangenkräften werden die Achslagerdrücke nachgerechnet.

Für alle Kurbelstellungen, in denen sich der Richtungssinn der Lagerdrücke dabei nicht geändert hat, ist die Verwendung der Gleichung (3) berechtigt. Wo jedoch der Richtungssinn der Lagerdrücke nicht übereinstimmt, ergibt Gleichung (3) falsche Ergebnisse, da das Achslagerspiel das Gebilde statisch bestimmt gemacht hat. Man kann die Kuppelstangenkräfte in diesen Bereichen aus den Gleichgewichtsbedingungen berechnen, indem man den Lagerdruck des betreffenden Lagers gleich null setzt. Wir erhalten somit ähnliche Verhältnisse wie für den Fall, daß die Spielräume der Kuppelstangen nicht aufgenommen sind.

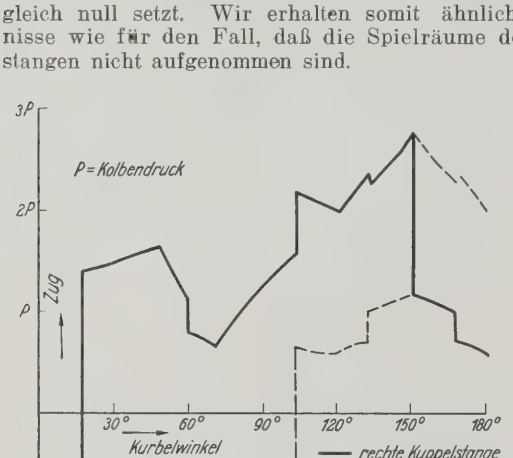



Abb. 11
Kuppelstangenkraft im unnachgiebigen Zweiachsengebilde mit Achslagerspiel.

In Abb. 11 ist der Verlauf der Kuppelstangenkräfte für ein starres Gebilde mit Achslagerspiel aufgezeichnet. Starke Unstetigkeiten in den Kurven zeigen die Kurbelstellungen an, in denen die Achse ihre Stellung in den Achslagern wechselt. Die Höchstbelastung beträgt 2,8 $P$ gegenüber 4 $P$ für das starre Gebilde mit Kuppelstangenspiel. Naturgemäß ergibt für das nachgiebige System die Berücksichtigung des Achslagerspiels eine zusätzliche Kuppelstangenbeanspruchung. Ein Achslagerspiel von bestimmter Größe ruft aber entgegen der obigen Vermutung kleinere zusätzliche Kräfte als ein Kuppelstangen-Lagerspiel von der gleichen Größe hervor. Wir kommen daher zu dem Ergebnis, daß, wenn auch der Verlauf der Kurven durch genaue Berücksichtigung des Achslagerspiels stark verändert wird, wir bezüglich der Höchstbeanspruchungen sicher gehen, wenn wir das Achslagerspiel zu dem Gesamtspiel hinzurechnen.

### Triebwerk mit mehr als zwei Achsen

Die Ergebnisse, die für das zweiachsige Triebwerk gefunden worden sind, können nun durch einfache Überlegungen auf das Triebwerk mit mehr Achsen ausgedehnt werden. Nehmen wir das Beispiel einer Maschine mit vier gekuppelten Achsen, von denen die zweite die Triebachse ist. Wir nehmen wieder die Räder der Trieba als reibungslos an und haben nun zu wählen, we andern Räder wir als reibungslos anzusehen haben, zu den höchstmöglichen Beanspruchungen zu kom Bezüglich der mittleren Kuppelstange ist es klar, daß Annahme der Reibungslosigkeit der ersten Achse zu höchsten Beanspruchungen führt. Die Reibungsk wirkt dann nur an den Rädern der dritten und vie Achse, und wir können sagen, daß die Arbeit von zweiten auf die dritte Achse ebenso übertragen wird, bei dem zweiachsigen Triebwerk mit der Abänder daß für die Verbiegung und Verdrehung der dri Achse nicht die ganze Kraft der mittleren Kuppelsta in Betracht kommt, sondern nur die Hälfte, während andre Hälfte durch die Kraft in der hintern Kup stange ausgeglichen wird. Das Gebilde ist daher sta als ein Zweiachsen-Triebwerk von gleichen Abmes gen, und bei gleichem Spiel müssen wir höhere B spruchungen erwarten.

Für den Triebkuppelzapfen ergibt sich die höc Beanspruchung, wenn außer der zweiten Achse die vi Achse reibungslos ist. In diesem Falle haben wir z nebeneinander geschaltete Zweiachsen-Triebwerke. Kuppelstange und die Kuppelachse erhalten nur Hälfte der Formveränderungen, verglichen mit dem sprechenden zweiachsigen Triebwerk. Auch hier müs wir daher höhere zusätzliche Kräfte erwarten. Für vordere und hintere Kuppelstange haben wir die d Achse als reibungslos anzunehmen. Die Arbeitsü tragung auf die vordere Achse erfolgt mittels e weniger nachgiebigen Gebildes als die auf die hin Achse, da bei der hinteren die Formveränderung zw Kuppelstangen hintereinander geschaltet ist.

Die Interstate Commerce Commission schreibt die Vereinigten Staaten Höchstspielräume vor, näm 4 mm für den Triebkuppelzapfen und 4,8 mm für übrigen Kuppelzapfen. Für die Spielräume in den A lagern wurde in dieser Untersuchung ein Höchstwert 2,4 mm angenommen. Mit diesen Werten und unter nahme gleicher Verteilung der Spielräume wurden eine Anzahl amerikanischer Dreizylinderlokomot mit vier gekuppelten Achsen und der zweiten Achse Triebachse folgende Höchstwerte ermittelt: Mitt Kuppelstange: dreifacher Kolbendruck, vordere hintere Kuppelstange: 1,7facher Kolbendruck und T kuppelzapfen: 3,4facher Kolbendruck. [B 219

## Über das System Eisen-Molybdän

*Takeshi Takei* und *Takejiro Murakami*[1]) berichten ihre mikroskopischen Untersuchungen, Messungen der trischen Leitfähigkeit sowie dilatometrische und magnet Analyse der Eisen-Molybdän-Legierungen. Hiernach die beiden intermetallischen Verbindungen $Fe_3Mo_2$ ($\varepsilon$) FeMo ($\eta$) vorhanden. Mit wachsendem Molybdängehalt der $A_4$-Punkt ständig gesenkt und der $A_3$-Punkt rasch geh bis sich die Flächen des $\alpha$- und $\delta$-Eisens bei 3 vH Moly vereinigen. Das $\gamma$-Gebiet wird also abgeschnürt. Die lichkeit der $\varepsilon$-Phase in der $\alpha$-Phase beträgt bei Zim temperatur 6 vH; sie nimmt mit steigender Temperatu und beträgt beim eutektischen Punkt (1440 °) etwa 3 Molybdän. Die aus der Verbindung $Fe_3Mo_2$ bestehen Phase wird durch die peritektische Reaktion: Schr $+ \eta \rightleftarrows \varepsilon$ beim Abkühlen zwischen 1450 und 1500 °C g det und bildet mit der $\alpha$-Phase ein Eutektikum. Die der Verbindung FeMo bestehende $\eta$-Phase wird durch peritektische Reaktion: Schmelze $+ \delta' \rightleftarrows \eta$ bei 1540 ° g det und zerfällt durch die eutektoide Reaktion: $\eta \rightleftarrows$ bei 1180 ° in die $\varepsilon$- und die $\delta$-Phase. In den Legierun die mehr als 63 vH Molybdän enthalten, tritt bei 1 eine andre eutektoide Umwandlung $\delta' \rightleftarrows \delta + \eta$ auf.

Mit wachsendem Molybdängehalt wird der $A_2$-P etwas erniedrigt. Die Intensität der Magnetisierung n allmählich mit bis zu 50 vH wachsendem Molybdäng ab. Die $\varepsilon$- und die $\eta$-Phase sind unmagnetisch. In Legierungen, die die $\alpha$- und die $\varepsilon$-Phase bei Raumtempe enthalten, wird die Magnetisierungsintensität durch schrecken von hohen Temperaturen gesteigert. Durch hitzen der Proben auf 700 ° nehmen sie wieder ihre malen Werte an. [N 3572] *A.*

[1]) Science Reports of the Tôhoku Univ. Bd. 18 (1929) S. 135.

# Das Trocknen und künstliche Altern des Holzes

*Von Ingenieur HEINRICH WILL, Remscheid*

***An der Hand eines Beispieles wird der Wärmeverlauf beim Trockenvorgang dargestellt. Es wird gezeigt, wie man für einen bestimmten Fall die zugehörige Umwälzgeschwindigkeit des Wärmeträgers bestimmen muß. Die aus dieser Erkenntnis folgende Konstruktion eines Stufen- und Kammertrockners und das neue Trockenverfahren mittels kleinster Temperaturunterschiede nach H. Will werden beschrieben.***

Das Trocknen des Holzes bildet eine der schwierigsten Aufgaben der Trockentechnik. Der organische Aufbau des Holzes bringt es mit sich, daß die Kapillarflüssigkeit leichter verdunstet als die eigentliche Zellflüssigkeit. Ferner ist die Trocknung in den tiefer liegenden Schichten schwieriger herbeizuführen, als an der Oberfläche des Holzes. Das Schwinden des Holzes beginnt aber hauptsächlich erst mit dem Austrocknen der Zellen[1]).

### Dämpfen und Reifen des Holzes

Gewisse Holzarten müssen vor dem Trocknen erst mit Dampf behandelt werden, sei es, um ihnen nachteilige Bestandteile zu entziehen oder um das Holz zur Bearbeitung oder Formgebung geeignet zu machen. Je nachdem man diese Behandlung durchführt, spricht man vom Dämpfen und Reifen des Holzes. Das Dämpfen wurde bisher meist nicht in den Trockenanlagen sondern in Gruben, Kammern oder ähnlichen Einrichtungen vorgenommen, wodurch infolge mehrfachen Umstapelns erhöhte Betriebskosten entstehen. Deshalb unterbleibt das Dämpfen häufig, obgleich es, ganz besonders aber das Reifen, fast vor jedem Trocknen zweckmäßig ist und noch vielmehr angewandt werden sollte. Das Holz muß aber vor dem Trocknen mit derselben Einrichtung ohne weiteres gedämpft oder zum Reifen behandelt werden können.

### Das Trocknen des Holzes

Bekanntlich kann man Holz nicht einfach dadurch trocknen, daß man es einem trockenen, warmen oder heißen Luftstrom aussetzt, sondern die Trockenluft muß gewisse Eigenschaften haben und in ganz bestimmter Weise beherrscht werden, andernfalls die Oberfläche des Holzes erhärtet und verkrustet, was der Bearbeitung nachteilig ist und einen größeren Werkzeugverbrauch erfordert. Auch wird hierdurch die Kernfeuchtigkeit lange festgehalten, weswegen das Kernholz dem bereits eintrocknenden Oberflächenholz nicht folgen kann, somit innere Spannungen und schließlich Risse entstehen, was zu erheblichen Holzverlusten führen kann. Das Holz muß innen und außen gleichzeitig und mit gleicher Geschwindigkeit trocknen.

### Das künstliche Altern des Holzes

Zu manchen Zwecken und Erzeugnissen von bestimmten Holzarten wird altabgelagertes Holz vorgezogen. Das Altern des Holzes geschah früher und geschieht jetzt noch vielfach ganz natürlich mittels oft jahrelanger Lagerung zum Trocknen in Schuppen oder in Stapeln im Freien. Während des langen Aufenthaltes des Holzes in frischer Luft oxydiert der Zelleninhalt und geht teilweise in eine beständige Form über, in der er den Zellen als Füllstoff erhalten bleibt. Dieses Holz steht besser, weil es weniger aufnahmefähig für Feuchtigkeit ist, als ein anderes Holz, das zwecks Beseitigung der fäulnisfähigen Stoffe durch Flössen, Dämpfen oder dergleichen künstlich ausgelaugt wird. Es ist deshalb versucht worden hauptsächlich durch chemische Mittel, aber auch auf elektrischem Wege die Trockenluft mit Ozon anzureichern, um die langsame natürliche Oxydation zu beschleunigen, ohne aber bei der verhältnismäßig kurzen künstlichen Trockenzeit ein greifbares Ergebnis zu erzielen. Bei geeigneter Anlage, richtiger Führung des Trockenvorganges und entsprechender Temperatur kann man ein künstliches Altern des Holzes dadurch erreichen, daß man nur die fäulnisfähigen Teile des Zelleninhaltes entfernt, im übrigen die Feuchtigkeit entzieht, den hauptsächlichen Zelleninhalt aber in Trockensubstanz überführt, also den Zellen den Füllstoff erhält und damit das Holz weniger empfindlich gegen Feuchtigkeit macht. Das Holz muß man während des Trockenvorganges auch künstlich altern können.

Zu einem einwandfreien Trocknen gehört auch ein sach- und fachgemäß richtiges Einstapeln des Holzes in die Trockenanlagen, auf die Förderwagen usw. Abgesehen von ganz veralteten Anlagen, wird das vorstehend über die eigentliche Holztrocknung Gesagte von allen Konstrukteuren mehr oder weniger angestrebt. Hinsichtlich der dabei angewendeten Luftgeschwindigkeit herrschen aber noch sehr große Unterschiede. Im nachstehenden soll nun gezeigt werden, daß es streng genommen für jede Holzdicke und für jede Stufe des Trockenvorganges nur eine einzige richtige Luftgeschwindigkeit gibt, und wie man diese vorausberechnen kann.

Die Forderung lautet: richtige, regelbare Luftgeschwindigkeiten, die den verschiedenartigen Eigenschaften und Dicken des Holzes und dem Verlauf der Trocknung angepaßt werden können. Man ist jetzt schon vielfach zu höherer Luftgeschwindigkeit übergegangen. In den Vereinigten Staaten von Amerika wird aber noch heute vorwiegend mit ganz geringen Luftgeschwindigkeiten gearbeitet, die meistens nur durch den natürlichen Auftrieb hervorgerufen werden. In dieser Zeitschrift[1a]) teilt Dipl.-Ing. *P. Warlimont* Zahlentafeln für Holztrocknung mit, deren Werte sich scheinbar auf solche Zustände beziehen. Diese Zahlenwerte gelten auch nur bei den dort vorhandenen Einrichtungen und insbesondere für die sehr langen Trockenzeiten, mit denen die Amerikaner noch rechnen. Dabei wechseln Dämpf- und Trockenvorgänge mehrfach miteinander ab, da sonst, wie sich am Schlusse dieser Abhandlung ergibt, ein einwandfreies Trocknen mit derartigen Anlagen nicht möglich wäre. Während des Dämpfvorganges oder beim Arbeiten in stark gesättigter Luft wird der eigentliche Trockenvorgang jedesmal unterbrochen und das Trockengut zwecks Temperaturerhöhung im Innern, gewissermaßen mit Wärme aufgeladen, die dann zum nachfolgenden Trocknen dient.

Bei der Herstellung von Leim findet man häufig veraltete Trockenkanäle, die aber durchweg mit verhältnismäßig großer Luftgeschwindigkeit arbeiten und bei niedriger Temperatur der Trockenluft die sehr wasserhaltigen Leimtafeln gut und schnell trocknen. Untersucht man nun die Übertragung der Wärme auf das Trockengut in diesem Falle genauer, so findet man, daß dieses günstige Ergebnis in erster Linie dem größeren Wärmeübertragungskoeffizienten $\alpha$ infolge der größeren Luftgeschwindigkeit zu verdanken ist. Um zu zeigen, wie sich die Wärmezustände bei einer richtig geleiteten Trocknung gestalten, sei dies an einem Beispiel mit Föhrenholz erläutert.

Es handelt sich dabei um zwei verschiedene Zustände eines Holzes von 50 mm Dicke. In beiden Fällen waren große Mengen Holz einwandfrei zu trocknen, und zwar wegen beschränkter Platzverhältnisse in der denkbar kürzesten Trockenzeit. Das Holz enthielt einmal im Durchschnitt 27 vH Wasser, die auf 8 vH zu vermindern waren. Die mittleren Gewichte betrugen 655 kg/m³ naß und 520 kg/m³ nach dem Trocknen. Also waren dem Holze 135 kg/m³ Wasser zu entziehen. Der zweite Fall

[1]) Vergl. hierzu a. *v. Monroy:* Das Holz, gemeinfaßliche Darstellung seiner Erzeugung, Gewinnung und Verwendung. Berlin 1929, VDI-Verlag.

[1a]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 6 S. 203; „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) S. 1089; inzwischen ist das dort erwähnte amerikanische Buch von *Köhler* und *Thelen* in deutscher Sprache erschienen: *Warlimont*, das künstliche Holztrocknen. Berlin 1929, VDI-Verlag.

betrifft frisches Holz mit durchschnittlich 42 vH Wasser, das ebenfalls auf 8 vH vermindert werden mußte. Die mittleren Gewichte beliefen sich auf 820 kg/m³ vor dem Trocknen und 520 kg/m³ nach dem Trocknen, so daß dem Holze 300 kg/m³ Wasser zu entziehen waren. Die theoretisch vorausberechneten und in der Praxis auch eingehaltenen Trockenzeiten betrugen im ersten Falle 24, im zweiten Falle 50 Stunden. Diese Zeiten sind allerdings sehr knapp bemessen, und man muß den Trockenvorgang genau den noch zu besprechenden theoretischen Voraussetzungen anpassen, um diese Zeiten einhalten zu können.

Nachdem ich die Ergebnisse schon teilweise im voraus bekanntgegeben habe, was gestattet sei, weil sie durch die Praxis bestätigt worden sind, sei nun der eigentliche Wärmeverlauf beim Trocknen besprochen. Der an beiden Seiten des Holzes eintretende Wärmestrom nimmt gesetzmäßig nach innen ab, wobei er fortwährend zur Dampferzeugung gebraucht wird. Der Wärmestrom durchläuft also in unserem Beispiel von jeder Seite her 25 mm. Will man bei dem von *Warlimont*[2]) gegebenen bildlichen Vergleich mit einem elektrischen Strom bleiben, so ist auch diese Vorstellung hier sehr gut möglich, nur müssen hierauf die Gesetze der Stromverzweigung angewandt werden und nicht nur einfach das Ohmsche Gesetz.

Rechnerisch ist dies schwer zu erfassen, die Lösung wird aber sehr einfach nach dem zeichnerischen Verfahren von Prof. *Ernst Schmidt*, Danzig[3]). In Abb. 1 ist der Verlauf des Wärmestromes, gleichmäßig geradlinig vom Höchstwert auf null abnehmend, graphisch für das vorliegende Beispiel eines richtigen Trockenvorganges eingetragen, wobei der Maßstab so gewählt wurde, daß die Verbindungslinie zugleich die Temperaturkurve darstellt. Angenommen die Temperatur, Strecke *e–a*, der Trockenluft betrage 70 °, die Oberflächentemperatur, Strecke *e–b*, 56,5 °, dann beläuft sich das Temperaturgefälle *a–b* zwischen Trockengut und Wärmeträger an der Oberfläche auf 13,5 °. Im Innern ist die Temperatur *k–g* des Holzes aber höher und beträgt 65 °, was mit den vorgenommenen Messungen übereinstimmt. Das Temperaturgefälle *h–g* zwischen Kern und Oberfläche beträgt demnach 8,5 °. Zu der höheren Innentemperatur gehört eine höhere Dampfspannung, also besteht ein Dampfspannungsgefälle von innen nach außen, was die Trocknung bewirkt. Damit nun aber der Wärmeverlauf in der vorstehend gezeichneten Weise vor sich geht, muß an der Oberfläche eine derarti Wärmeübertragungszahl $\alpha_b$ benutzt werden, daß me Wärme in das Trockengut hineingeschickt wird, a der jeweiligen Oberflächenverdampfung entspricht. vorliegenden Beispiel haben wir auf der Strecke *f–g* no einen Temperaturüberschuß als Rest des äußeren Te peraturgefälles zwischen Trockengut und Wärmeträg Dieser Temperaturüberschuß muß in bestimmter Höhe vo handen sein und dient zur Erzeugung derjenigen Leistu die zur Überwindung des Dampfströmungswiderstand notwendig ist und zur Erwärmung des Trockengutes g braucht wird. Die halbe Holzdicke ist in der Zeic nung im Maßstabe $1/\Lambda$ eingetragen. Trägt man $1/\alpha_b$ gleichem Maßstab auf der Strecke *a–l* ab und verläng die Linie *l–b* bis *i*, so stellt $k–i = 36{,}3$ °, diejeni Temperatur dar, die ein trockener Körper halber Dic auf der Außenseite annähme mit gleichem Wärmedurc gang, als dem Wärmeverbrauch des nassen Körpers e spricht.

Trägt man nun für ein anderes kleineres $\alpha_c$ den W $1/\alpha_c$ auf, zum Beispiel *a–m* und verbindet *m* mit *i*, schneidet man in *c* den Temperaturunterschied $a–c = 16{,}$ ab, der diesem $\alpha_c$ entspricht.

Für $\alpha_d$ ergibt sich $a–d = 24{,}5$ °.

Einer geringeren Wärmeübergangszahl mit ger gerer Luftgeschwindigkeit entspricht ein **größer** Temperaturunterschied. Ferner wird der Wärmestr natürlich schwächer. Infolge des großen Temperat gefälles findet in der Außenschicht, solange sie feu ist, eine schnelle Verdampfung statt, wodurch schon v Wärme des schwachen Wärmestromes gebunden w unter gleichzeitiger Zunahme des Leitungswiderstan infolge des schnellen Austrocknens. Dadurch hat Kern bald keine höhere Temperatur mehr als die Ob fläche und der ganze Trockenvorgang wird gestört. der Tat zeigten sich gelegentlich des Ausfallens ei Lüfters infolge Flügelbruches in einem Kammertrock trotz überall gleichen Zustandes der Trockenluft sof Risse an den Stellen der geringeren Luftgeschwindigk Um dies verständlich zu machen, sei daran erinnert, die Sättigung der Luft nicht von der Dampfspannung hängt. Es scheint, daß dieser Umstand, das heißt das A treten des von der Luftsättigung unabhängigen, nur der Wärmeübertragungszahl bestimmten **größeren** T peraturunterschiedes zwischen Trockengut und Wär träger, hier der Luft, bisher nicht beachtet worden Wenigstens habe ich nichts derartiges gehört, noch Schrifttum gelesen.

Aus dem Schaubild kann man leicht den dem abn menden Wärmestrom entsprechenden durchschnittlic Wärmewiderstand und mittels des zugehörigen $\alpha$ das sprechende Dampfspannungsgefälle $k$ berechnen. Mi kann man dann auch die Trockenzeit bestimmen, in durch Ziehen von einfachen geraden Linien die je Trocknungszustand entsprechenden Werte von $1/\alpha$ gef den werden. Da die zu $\alpha$ gehörigen Luftgeschwindigkei bekannt sind, ist es sehr einfach, zu jedem beabs tigten Trockenvorgang die richtige Luftgeschwindigk im voraus zu bestimmen. Allerdings muß man wis wie für das betreffende Trockengut der Trockenvorg zu führen ist, um die beste Trocknung zu erhalten.

Die aus Erfahrung und Versuchen gewonnenen gebnisse lassen sich in Form von Kennlinien ähnlich im Ventilatorenbau üblichen zusammenstellen, bilden zusagen die Ergänzung hierzu und gestatten die sprechende Auswahl der Gebläse.

Aus vorstehenden Anschauungen ergab sich Konstruktion einer Trockeneinrichtung, Abb. 2 und 3, der die verschiedenen Trockenabschnitte bei ununterbrochenem Betrieb mittels Wagen fortschreitend auch beliebig durchlaufen werden können, oder aber festliegendem Trockengut, also eingestapelter Ware beliebiger Reihenfolge nach Bedarf einzustellen sind. ist also ohne weiteres möglich, die Anlage als Kammertrockner und als Stufentrockner zu betreiben.

Will man mit dieser Anlage Holz trocknen, so las sich z. B. folgende Arbeitsverfahren erreichen:

[2]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 6 S. 202.

[3]) Über die Anwendung der Differenzenrechnung auf technische Anheiz- und Abkühlungsprobleme, s. Föppl-Festschrift, Berlin 1924.

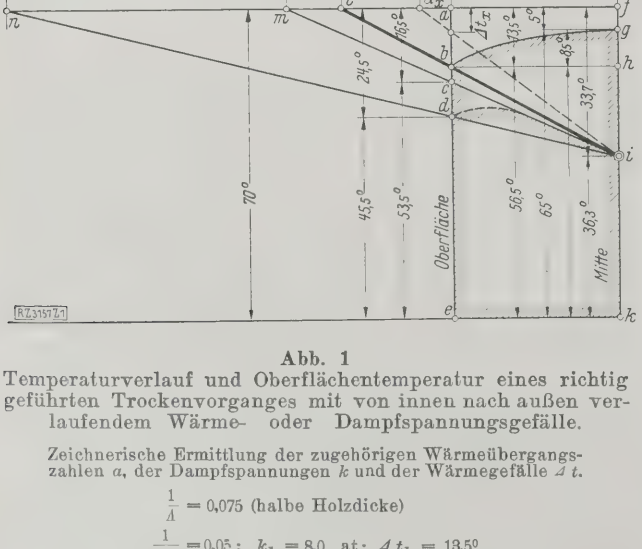



**Abb. 1**
Temperaturverlauf und Oberflächentemperatur eines richtig geführten Trockenvorganges mit von innen nach außen verlaufendem Wärme- oder Dampfspannungsgefälle.

Zeichnerische Ermittlung der zugehörigen Wärmeübergangszahlen $\alpha$, der Dampfspannungen $k$ und der Wärmegefälle $\Delta t$.

$\frac{1}{\Lambda} = 0{,}075$ (halbe Holzdicke)

$\frac{1}{\alpha_b} = 0{,}05$; $k_b = 8{,}0$ at; $\Delta t_b = 13{,}5°$

$\frac{1}{\alpha_c} = 0{,}074$; $k_c = 6{,}75$ at; $\Delta t_c = 16{,}5°$

$\frac{1}{\alpha_d} = 0{,}2$; $k_d = 3{,}63$ at; $\Delta t_d = 24{,}5°$

1. Durch Umwälzen von vollgesättigter Luft oder Sattdampf kann man dämpfen oder auslaugen.

2. Wird der Wärmestrom auf das Trockengut nahezu gehemmt, also hochgesättigte Trockenluft oder auch Heißdampf mit großer Geschwindigkeit umgewälzt, so daß das Trockengut nach gewisser Zeit nahezu die gleiche Temperatur als der Wärmeträger annimmt, also nur ein sehr geringes Temperaturgefälle zwischen beiden besteht, so findet Reifen des Holzes statt.

3. Durch Umwälzen feuchter Luft mit hoher Geschwindigkeit wird bei kleinstem Temperaturunterschied das Holz vom Kern aus getrocknet und damit ein Reißen oder Verziehen des Trockengutes auch bei schnellster Trocknung verhütet.

4. Wird der Wärmestrom wie vor geleitet, so kann ohne Gefahr für das Trockengut die Temperatur so eingestellt werden, daß der wertvolle Zelleninhalt in beständige Form übergeht (künstliches Altern), was sonst nur bei langem Aufenthalt des Holzes in frischer Luft durch natürliche Oxydation geschieht. Ein so getrocknetes Holz „steht gut", weil es weniger aufnahmefähig für Feuchtigkeit ist. [B 3157]

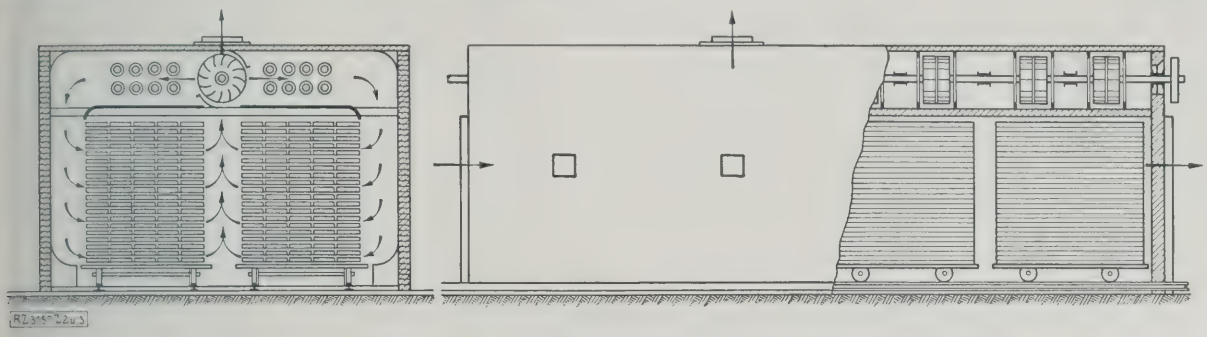


Abb. 2 und 3. Stufen- und Kammertrockner, Bauart Fr. Haas, Lennep/Rhld.

## Strömung des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen[1]

*Von Dr. I. NIKURADSE, Göttingen*

Der folgende kurze Bericht betrifft eine Untersuchung der turbulenten zweidimensionalen Strömung in keilförmig erweiterten und verengten Kanälen. Dazu wurde ein Kanal (aus Messing) von rechteckigem Querschnitt verwandt, dessen Seitenwände verstellbar waren, um die gewünschte Divergenz oder Konvergenz herzustellen. Der Querschnitt war dabei ein sehr schmales Rechteck, so daß im mittleren Teil jedes Querschnittes bestimmt eine Strömung herrschte. Außerdem wurde besondere Sorgfalt darauf verwandt, daß zwischen dem Meßquerschnitt und der Einströmstelle ein genügendes Stück eingeschaltet war, damit der Einfluß des Anlaufes wegfiel und eine ausgebildete Strömung bestand.

Die Strömungen in erweiterten und verengten Kanälen sind physikalisch und technisch deshalb von Wichtigkeit, weil sie den einfachsten Fall der Umsetzung von kinetischer Energie in Druck und umgekehrt darstellen. Es war das Ziel dieser Arbeit, diese Strömungen möglichst eingehend zu untersuchen und besonders bis zu einem Erweiterungswinkel des Kanals vorzudringen, bei dem bereits Ablösung der Strömung von der Wand oder sogar Rückströmung eintrat. In früheren Untersuchungen, von denen als wichtigste die von *Dönch*[2]) zu nennen ist, hatte man sich meist auf kleinere Öffnungswinkel beschränkt.

Eine Kreiselpumpe förderte das Wasser durch eine Rohrleitung über den Beruhigungstopf in den Meßkanal, aus dem das Wasser durch ein Drosselventil austrat. Abb. 1 zeigt einen Schnitt durch den Meßkanal.

Die Geschwindigkeitsverteilung wurde in zwei hintereinanderliegenden Meßquerschnitten (in Abb. 1 mit II und III bezeichnet) mit einem Pitotrohr gemessen. Der statische Druck wurde in verschiedenen Punkten der Meßebene durch Anbohren der Wand ermittelt. Da man genügend weit vom Eintritt entfernt ist, ändern sich die Geschwindigkeitsprofile affin, d. h. $\frac{u}{U}$ ist in den beiden Meßquerschnitten

[1]) Auszug aus Heft 289 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1929, VDI-Verlag.

[2]) *Fr. Dönch*, Forschungsheft 282, 1926.

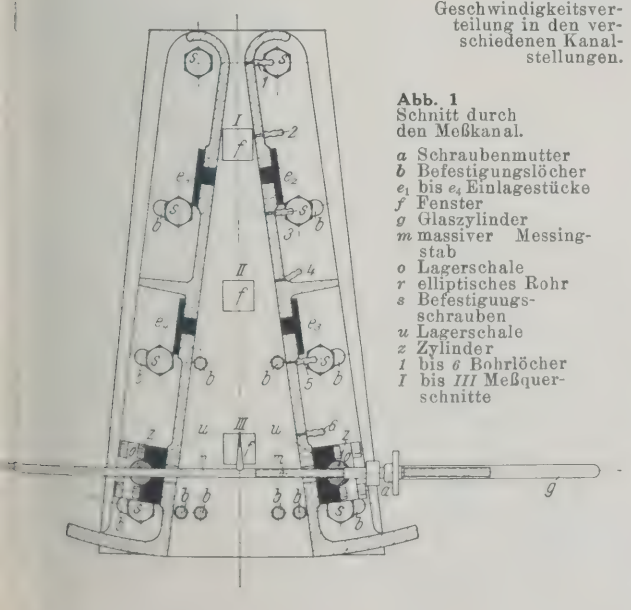
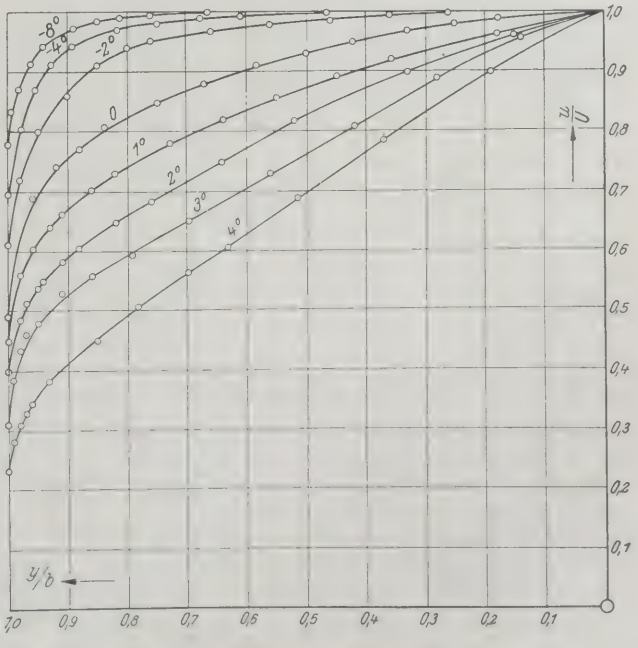


**Abb. 1**
Schnitt durch den Meßkanal.

*a* Schraubenmutter
*b* Befestigungslöcher
$e_1$ bis $e_4$ Einlagestücke
*f* Fenster
*g* Glaszylinder
*m* massiver Messingstab
*o* Lagerschale
*r* elliptisches Rohr
*s* Befestigungsschrauben
*u* Lagerschale
*z* Zylinder
*1* bis *6* Bohrlöcher
*I* bis *III* Meßquerschnitte

**Abb. 2.**
Dimensionslose Geschwindigkeitsverteilung in den verschiedenen Kanalstellungen.



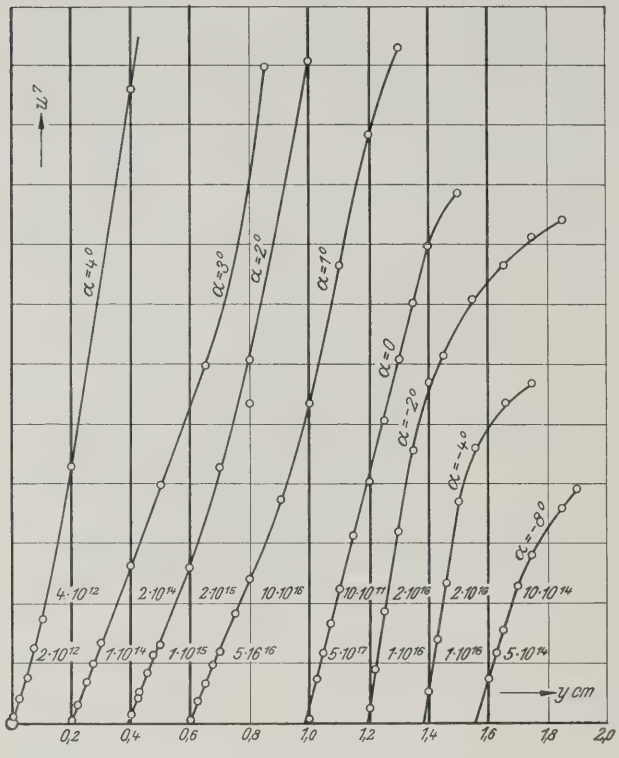



**Abb. 3**
7. Potenz der Geschwindigkeit für alle Kanalstellungen in Abhängigkeit vom Wandabstand.

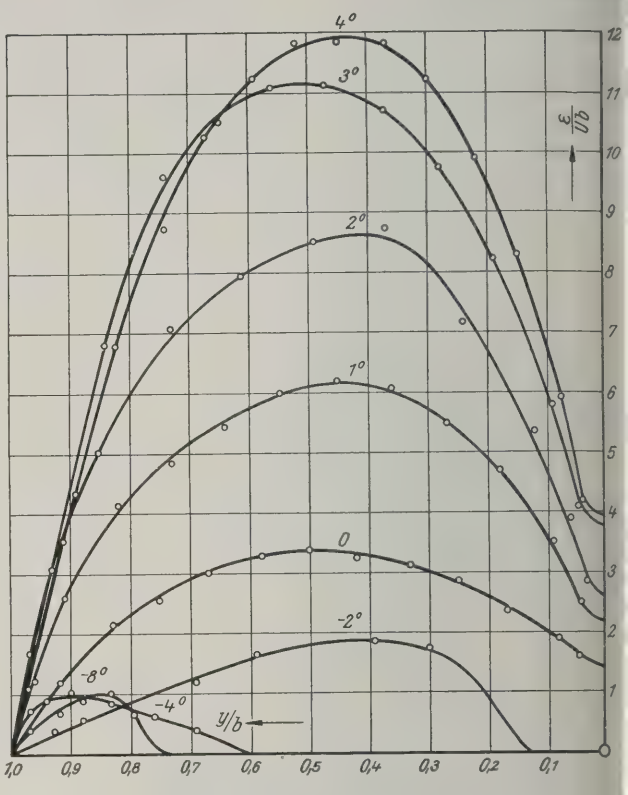



**Abb. 4.** Dimensionsloser turbulenter Austausch $\frac{\varepsilon}{Ub}$ in Abhängigkeit von $y/b$ für alle Kanalstellungen.

dieselbe Funktion von $\frac{y}{b}$, wobei $u$ die jeweilige Geschwindigkeit, $U$ die Höchstgeschwindigkeit, $y$ den Abstand von der Kanalmitte, $b$ halbe Kanalbreite bedeutet. Diese Funktion ist in Abb. 2 für die einzelnen Öffnungswinkel dargestellt. Die an den Kurven angeschriebenen Gradzahlen geben den halben Öffnungswinkel an, und zwar positiv für divergente, negativ für konvergente Kanäle. Mit der Divergenz ist in diesem Diagramm nicht über 4 ° hinausgegangen, da sich bei größerer Erweiterung, etwa 5 °, die Strömung bereits unsymmetrisch ausbildete, d. h. an einer Wand anlag, von der andern Wand weggedrängt wurde und sich bei einer nur schwach erhöhten Erweiterung von der Wand ablöste.

Die *Reynoldssche* Zahl $R = \frac{2\,b\,\overline{u}}{\nu}$, bezogen auf diese Kanalbreite und die mittlere Geschwindigkeit $\overline{u}$, betrug 67 000. Bei dieser *Reynoldsschen* Zahl gilt für die Geschwindigkeit in Wandnähe, daß sie mit der $^1/_7$-Potenz des Wandabstandes ansteigt, wie *Prandtl* zuerst aus dem *Blasiusschen* Widerstandgesetz gefolgert hat. Abb. 3 zeigt die Gültigkeit des $^1/_7$-Potenz-Gesetzes in unserem Fall, in dem $u^7$ abhängig vom Wandabstand $y$ aufgetragen wurde, wonach sich in diesem Diagramm in Wandnähe eine Gerade ergeben muß. *Dönch* hatte *Reynoldssche* Zahlen von etwa $R = 200\,000$ und erhielt statt der $^1/_7$- die $^1/_8$-Potenz (diese Änderung wird auch sonst bei hohen *Reynoldsschen* Zahlen festgestellt).

Um Aufschluß über den durch die turbulenten Nebenbewegungen bewirkten Impulsaustausch zu bekommen, ist die Schubspannung ermittelt worden, die sich mit Hilfe des Impulssatzes aus Druckgefälle und Geschwindigkeitsverteilung berechnen läßt.

Bei laminarer Strömung ist die Schubspannung $\tau = \varrho\,\nu\,\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,y}$; dementsprechend setzt schon *Boussinesq* bei turbulenter Strömung $\tau = \varrho\,\varepsilon\,\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,y}$; wobei $\varrho$ = Dichte, $\nu$ = kinematische Zähigkeit ist und $\varepsilon$ den turbulenten „Austausch“ mißt. Bezeichnend für $\varepsilon$, Abb. 4, ist das Ansteigen vom Werte null an der Wand zu einem Höchstwert, von dem aus ein Abfallen zu einem Mindestwert in der Kanalmitte erfolgt, der bei konvergenten Kanälen gleich null ist. Dieses letztere entspricht dem dort herrschenden Bereich gleichbleibender Geschwindigkeit.

Die Größe $\varepsilon$ hat die Dimension Länge mal Geschwindigkeit und läßt sich nach Prof. *Prandtl* anschaulich auch in dieser Weise zerlegen und durch $l^2\left|\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,y}\right|$ darstellen, wobei $l$ den

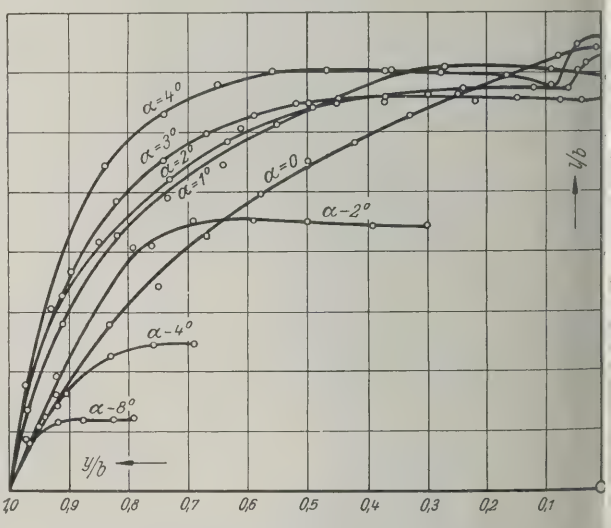



**Abb. 5**
Dimensionsloser Mischungsweg $l/b$ in Abhängigkeit von $y/b$ für alle Kanalstellungen.

„Mischungsweg“ bezeichnet. Die Länge $l$ mißt die A messungen der Wirbelballen, während $l\left|\frac{\mathrm{d}\,u}{\mathrm{d}\,y}\right|$ die Dimens einer Geschwindigkeit hat und proportional der den I pulsaustausch vermittelnden Querbewegung ist. $\frac{l}{b}$ an der Wand null und wächst bis zum Höchstwert in Kanalmitte, Abb. 5, der über ein größeres Stück in Mitte konstant gültig bleibt.

Am Schluß wurde die Abhängigkeit der dimensions gemachten Schubspannung an der Wand von dem ebenfa dimensionslos dargestellten Druckgefälle wiedergegeb Diese Beziehung ermöglicht einen Vergleich der besonde hier untersuchten Strömungen mit anderen Strömungen Druckgefälle oder Druckanstieg. Doch muß für diese u andere Dinge auf das Forschungsheft selbst verwies werden. [M 3177]

# Neuzeitliche Riemenprüfung

*Von Dipl.-Ing. FRITZ PELCKMANN, Berlin.*

*Wie sollen Treibriemen geprüft werden? — Eine moderne Prüfeinrichtung — Erklärung der Ausdrücke „Durchzugsgrad" und „Ausbeute" — Die Reibungszahl in Abhängigkeit von der Belastung des Riementriebes — Prüfungsergebnisse und ihre Auswertung — Prüfungsnormen für Treibriemen.*

) edingt durch die fortschreitende Rationalisierung in ) der heutigen Betriebsführung sucht man planmäßig :s erstes die Verlustquellen in der Kraftübertragung zu ·rringern oder zu beseitigen. Eine der Hauptquellen ·ser Verluste liegt bekanntlich in den Triebwerken. ]e Aufgabe, Verfahren zu finden, um die Verluste in :n Triebwerken zahlenmäßig zu erfassen, hat jedoch ·gen der Schwierigkeit der Messung der Kräfte im :trieb noch keine allgemein befriedigende Lösung ge-]nden. Eine Möglichkeit, in der ganzen Frage weiter ; kommen, besteht auch darin, daß einzelne Teile der ]raftübertragung für sich untersucht werden. Hierzu ;hören in erster Linie die Riemen.

Es entsteht dabei die Frage: Welches Prüfverfahren ·pt eine vollkommene Aufklärung über die Eigen-·haften der Treibriemen? Bisher war es allgemein ·lich, dieselben Verfahren wie bei anderen Werkstoffen, ·isbesondere bei den Metallen, nämlich die Festigkeits-·rsuche, anzuwenden. Es wurden Abschnitte aus den ]emen genommen und in die Zerreißmaschine gespannt. ·i so Werte wie Zugfestigkeit (Reißlänge), Dehnung ·lastische und bleibende) und ähnliche zu erhalten. ·n den Fabrikanten, besonders von denen der Textil-·rmenindustrie, wurde durch Änderung des benutzten ·rnes die Reißfestigkeit der Riemen immer höher ge-·eben, um wettbewerbfähig zu bleiben.

Allein schon rein gefühlsmäßig ist einleuchtend, daß ·ese Art der Prüfung und ihr Ziel, das Hochtreiben der ·stigkeitswerte, nicht maßgebend für die Laufeigen-·haften der Treibriemen sein kann. Verlangt man doch ·n einem guten Übertragungsglied dieser Art, daß es ·s anschmiegungsfähig wie möglich ist, um keine all-·zgroßen Kraftverluste durch Steifigkeit zu erhalten, ·d daß es selbst bei hoher Beanspruchung, die beim An-·ren voll belasteter Maschinen und bei solchen mit ·ßartigem Arbeitsgang auftritt, noch möglichst gut ·rchzieht. Grundlagen für diese Erkenntnis fand man ·rttels einer neuen Versuchsdurchführung, die man in ·bereinstimmung zur sonstigen Werkstoffprüfung als ·namisches Prüfverfahren bezeichnen kann.

Zweck der folgenden Zeilen soll sein, die Wichtig-·it dieser Untersuchungsart den in der Praxis stehenden ·rantwortlichen Stellen näherzubringen und die haupt-·chlichsten hierfür gültigen Ausdrücke, Beziehungen ·d Bezeichnungen, die bei diesen Versuchen maßgebend sind, der rein theoretischen und mathematischen Form zu entkleiden und eine begriffliche Erfassung zu ermöglichen.

Eine solche Versuchseinrichtung[1]) zeigt Abb. 1 und 2.

Die Anlage besteht aus einem Motor *a* und einem Stromerzeuger *b*, die über Vorgelegewellen mit Spannrollen durch den Versuchsriemen gekuppelt sind. Der Maschinensatz wird durch Stromentnahme aus dem Stromerzeuger belastet, der, im Kreislauf arbeitend, die ihm entnommene Leistung in das Netz zurückliefert. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist der Wagen *c* mit dem Stromerzeuger auf Schienen *d* gleichlaufend zur Laufrichtung des Versuchsriemens verschiebbar und überträgt auf den Riemen die gewünschte Vorspannung durch entsprechende Gewichtsbelastung *G*, die es ermöglicht, denselben Riemen bei verschiedener Vorspannung zu untersuchen. In den Vorgelegewellen sind je ein Drehkraftmesser *f* eingebaut, deren Ablesungen durch die Fernrohre $g_1$ und $g_2$ die Werte für das übertragene Drehmoment und somit auch für die Nutzkraft liefern. Außer den von den Vorgelegewellen angetriebenen genauen Drehzahlmessern wird auf der Motorseite ein Hilfsstromerzeuger mit Fremderregung durch Kettenantrieb bewegt. Die in ihm erzeugte und mit den Drehzahlen der Riemenscheibe *h* synchrone Spannung dient zum Betrieb einer Glimmlampe, die die stroboskopische Scheibe *k* beleuchtet und bezweckt, optisch das durch den Riemenschlupf verursachte Nacheilen der Riemenscheibe *i* zu beobachten (Meßgenauigkeit 0,001 vH).

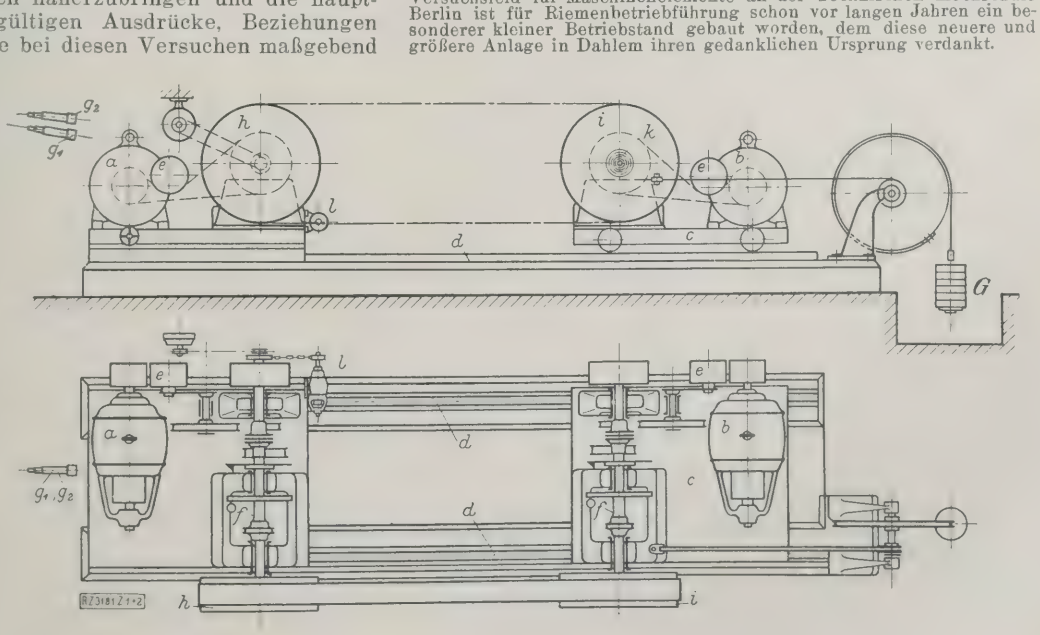
Zweck der Aufstellung der Versuchswerte ist die Ermittlung der Verhältnisse der Trumkräfte $S_1$ und $S_2$, worin $S_1$ die Kraft im führenden (ziehenden) und $S_2$ die Kraft im geführten (gezogenen) Trum darstellt. Da die Summe beider $S_a = S_1 + S_2$ durch die Einstellung der Achslast mit Hilfe des Gewichtes *G* bekannt ist, braucht nur noch die Nutzkraft $S_n = S_1 - S_2$ bestimmt zu werden, um den von *Kutzbach* stammenden Ausdruck „Durchzugsgrad" zu ermitteln. Es ist

$$\varphi = \frac{S_1 - S_2}{S_1 + S_2} = \frac{S_n}{S_a}$$

[1]) Mitteilungen des Materialprüfungsamtes und des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Metallforschung, Berlin-Dahlem, Neue Folge S. 159 (1927). Im Versuchsfeld für Maschinenelemente an der Technischen Hochschule Berlin ist für Riemenbetriebführung schon vor langen Jahren ein besonderer kleiner Betriebstand gebaut worden, dem diese neuere und größere Anlage in Dahlem ihren gedanklichen Ursprung verdankt.

**Abb. 1 und 2 Riemenprüfanlage.**

a Motor
b Stromerzeuger
c Wagen
d Schienen
e Spannrollen
f Torsionsdynamometer
$g_1$, $g_2$ Fernrohre
h treibende Riemenscheibe
i getriebene Riemenscheibe
k stroboskopische Scheibe
l Wechselstromerzeuger



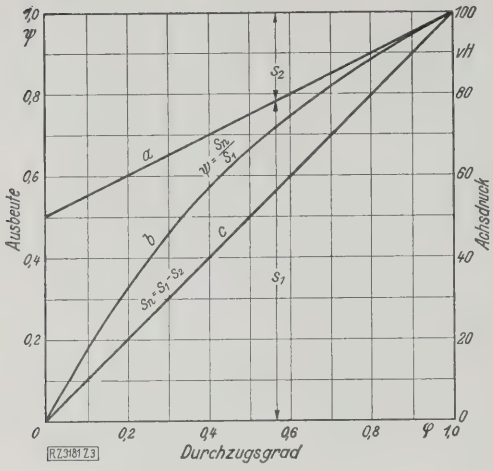



**Abb. 3** Verteilung der Trumkräfte, Nutzkraft $S_n$ und Ausbeute in Abhängigkeit vom Durchzugsgrad.

*a* Kraftverteilung von $S_1$ und $S_2$ in Abhängigkeit vom Durchzugsgrad
*b* Kennlinie für die Nutzkraft
*c* Kennlinie für die Ausbeute

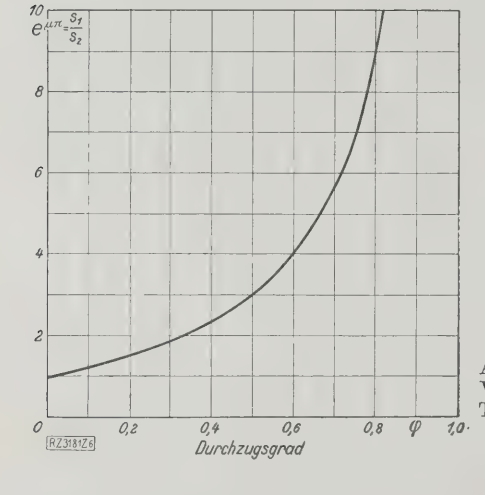



**Abb. 4** Verhältnis der Trumkräfte.

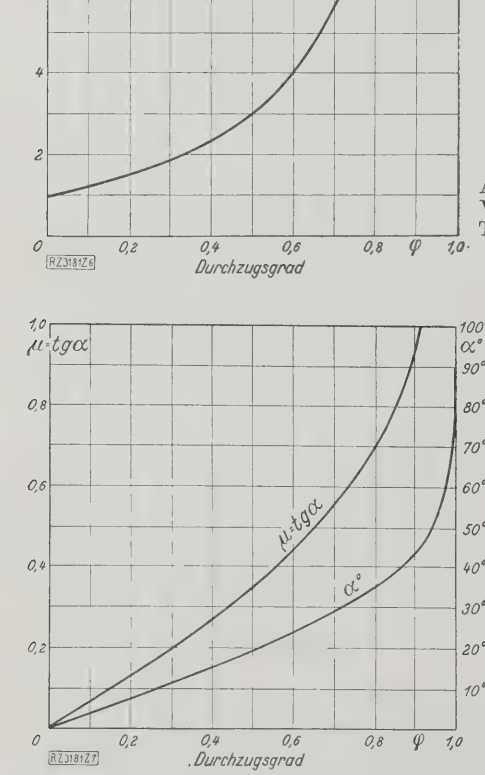



**Abb. 5** Reibungszahl und Reibungswinkel.

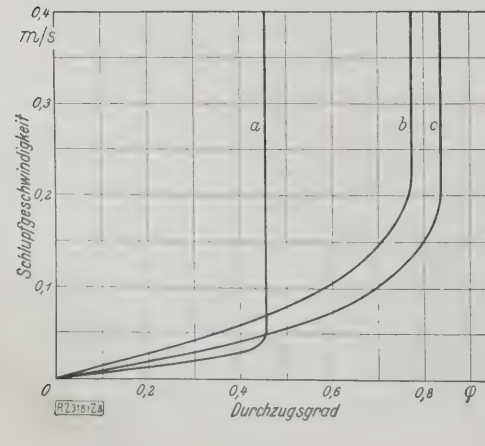



**Abb. 6** Riemenschlupf und Durchzugsgrad für drei verschiedene Riemenerzeugnisse *a*, *b*, *c*.

gleich dem Verhältnis zwischen Nutzkraft und Achsdruck. Die Nutzkraft $S_n$ wird durch die Messung mit dem Dr kraftmesser gewonnen. Der Durchzugsgrad $\varphi$ ste von 0 bis 1, zwei Grenzwerte, die in der Praxis be Lauf des Riemens nie auftreten. Abb. 3 zeigt die Kra verteilung von $S_1$ und $S_2$ in Abhängigkeit vom Dur zugsgrad.

Würde $\varphi$ den Wert 1 erreichen, so wäre $S_2$ gle null und nur $S_1$ würde dem Achsdruck das Gleich wicht halten. Dieser Fall entspricht der günstigs Ausnutzung des Riementriebes. $\varphi = 0$ entspricht d Zustand des Stillstandes, wobei jedes Trum 50 vH gesamten Achslast vermittelt. Diese graphische Lösu erscheint mir am einleuchtendsten den Wert „Durchzu grad" zu erklären. Nur nachdem man sich die Bed tung dieses Begriffes klargelegt hat, wird man, da er den späteren Betrachtungen und Schaubildern Abszisse erscheint. Klarheit haben.

Während in Abb. 3 (a) die Gesamthöhe, also Summe der beiden Trumkräfte, ein Festwert (Achsla ist, erscheint die Diagonale, die vom Nullpunkt ausg Abb. 3 (b), als Kennzeichen der Nutzkraft $S_n = S_1 -$ und bestätigt die oben aufgeführten Überlegungen.

Ein weiterer Begriff, die „Ausbeute", Abb. 3 (b), neuerdings als Kennzeichen herangezogen wird, stam von *Boesner* und stellt die Teilzahl

$$\psi = \frac{S_n}{S_1} = \frac{S_1 - S_2}{S_1} = \frac{m-1}{m}$$

dar, worin $m = \frac{S_1}{S_2}$ das Verhältnis der beiden Trumkrä zueinander angibt. Grundsätzlich ähnelt dieser A druck dem Werte des Durchzugsgrades und bedingt seiner Verwendung als Abszisse für die aus den V suchen sich ergebenden Vergleichswerte nur eine Kri mungsänderung der Kurven.

Setzt man $m = \frac{S_1}{S_2}$, so ist nach der *Eytelweins* Formel $m = e^{\mu a}$. Bei der oben beschriebenen Versuc anordnung ergibt sich bei halbumschlungener Riem scheibe $a = \pi$, wenn man vom Durchhang der bei Trums und seiner Änderung mit der Belastung, d. bei steigendem Durchzugsgrad, absieht. So könnte n auch die Reibungszahl $\mu$ für jede Größe des Durchzu grades bestimmen, wenn nicht zufolge des Steigens elastischen Dehnung des Riemens mit zunehmend Durchzugsgrad das Leertrum, im vorliegenden Falle obere, immer stärker durchhängen würde, so den U schlingungswinkel vergrößern und einen kleineren W für $\mu$ bei der gleichen Wirkung notwendig machen wü

Für den theoretischen Fall, daß $\alpha = \pi$ bleibt, z Abb. 4 die Werte $e^{\mu a}$ in Abhängigkeit vom Durchzu grad.

Aus der Formel $m = e^{\mu\pi}$ ergibt sich eine Lösung

$$\mu = \frac{\lg m}{\pi \lg e}.$$

Wie bei den übrigen im Maschinenbau bekannten bungsziffern, die man als Tangensfunktionen des bungswinkels darstellt, ergibt sich kein lineares

**Zahlentafel 1**
Abhängigkeit von $\varphi$, $\psi$, $\mu$ und $\alpha$.

| $\varphi$ | $S_1$ | $S_2$ | $S_n = S_1 - S_2$ | $\psi = \frac{S_n}{S_1}$ | $m = \frac{S_1}{S_2} = e^{\mu\pi}$ | $\mu = tg\,\alpha$ | $\alpha$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | in vH von $S_n = S_1 + S_2$ | | | | | | |
| 0 | 50 | 50 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 0,1 | 55 | 45 | 10 | 0,182 | 1,222 | 0,063 816 | 3° 3 |
| 0,2 | 60 | 40 | 20 | 0,333 | 1,500 | 0,129 06 | 7° 2 |
| 0,3 | 65 | 35 | 30 | 0,462 | 1,857 | 0,197 02 | 11° |
| 0,4 | 70 | 30 | 40 | 0,572 | 2,333 | 0,269 65 | 15° |
| 0,5 | 75 | 25 | 50 | 0,667 | 3,000 | 0,349 69 | 19° 1 |
| 0,6 | 80 | 20 | 60 | 0,750 | 4,000 | 0,441 26 | 23° 4 |
| 0,7 | 85 | 15 | 70 | 0,823 | 5,667 | 0,552 15 | 28° 5 |
| 0,8 | 90 | 10 | 80 | 0,888 | 9,000 | 0,699 39 | 34° 5 |
| 0,9 | 95 | 5 | 90 | 0,948 | 19,000 | 0,937 23 | 43° |
| 1,0 | 100 | 0 | 100 | 1,000 | $\infty$ | $\infty$ | 90° |

eigen des Reibungswinkels, wenn man für $m$ die Werte n $S_1 : S_2$ für steigendes $\varphi$ einsetzt, Abb. 5. Die ent-ckelten Abhängigkeitswerte sind in Zahlentafel 1 zu-ammengestellt.

Wie sehen nun die anfangs erwähnten Schaubilder, us denen man die Güte eines Riemens und seine Lauf-genschaften erkennen kann, aus? Bei der Beschrei-ung der Anlage wurde die stroboskopische Schlupfmes-ung erwähnt. Die Schlupfgeschwindigkeit wird nun in bhängigkeit vom Durchzugsgrad aufgestellt und er-ibt eine Grundlage für die Erkenntnis der Laufeigen-haften, Abb. 6.

Betrachtet man die drei in Abb. 6 eingetragenen chlupf-Durchzugsgradkurven, so sieht man, daß Rie-en *b* stärker als Riemen *a* und Riemen *c* stärker als iemen *b* belastbar sind. Erst bei dem hohen Durch-gsgrad von rd. 0,8 beginnen die Riemen *b* und *c* derartig schlüpfen, daß von einer Kraftübertragung nicht mehr esprochen werden kann. Riemen *a* ist viel weniger erlastbar. Seine Kurve zeigt, daß der Riemen, obwohl bei niedrigerem Durchzugsgrad geringeren Schlupf s Riemen *b* und *c* hat, also günstiger arbeitet, nur chwachen Belastungen gewachsen ist und möglichst nur r Antrieb mit großem Gleichförmigkeitsgang anzu-enden ist.

Prüft man einen Riemen auch noch bei verschie-enen Geschwindigkeiten, so erhält man durchaus ein rgebnis über seine Eignung. Man kann deutlich er-ennen, ob sich ein Fabrikat als „Schwerarbeiter" bei kleinen Geschwindigkeiten eignet oder ob es als „Schnell-läufer" bei geringer Belastung bessere Dienste tut. Ein daneben ausgeführter Zerreißversuch, aus dem man bleibende und elastische Dehnung ermittelt, gibt nur Aufschluß über den im Riemen verarbeiteten Rohstoff. Jedoch ist vor der vergleichenden Zusammenstellung von Dehnungs- und Bruchlast zu warnen. Noch häufig begegnet man in den Lieferbedingungen, wie sie ein Teil unserer großen deutschen Industriegruppen aufgestellt haben, der Klausel: „Der Zahlenwert für Dehnung durch Bruchlast darf eine bestimmte Größe nicht unter-schreiten", der in der übrigen Werkstoffprüfung nicht anzutreffen ist. Besonders bei Textilriemen, wo man es durch die Zusammensetzung des versponnenen Garnes und durch den webtechnischen Aufbau in der Hand hat, den Festigkeitswert in weiten Grenzen und jeder Rich-tung zu ändern, führt diese in den Lieferbedingungen gestellte Forderung zu den unbrauchbarsten Ergeb-nissen.

Um auf dem verhältnismäßig jungen Prüfgebiet der Treibriemen Prüfnormen zu schaffen, ist von den maß-gebenden Herstellergruppen dieses Industriezweiges bei dem Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik der Antrag gestellt worden, Prüfnormen für Riemen aufzustellen. Dieser Verband hat es über-nommen, in Verbindung und Zusammenarbeit mit Fabri-kanten, Abnehmern und Prüfämtern, Vorschläge auszu-arbeiten, die in der nächsten Zeit von allen beteiligten Gruppen in einer gemeinsamen Sitzung besprochen und endgültig festgelegt werden sollen. [B 3181]

---

# ber die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten[1])

*Von Dr.-Ing. FRITZ HETZEL, Dresden*

Die mannigfaltigen Formen der Holzbearbeitungswerk-euge und Holz als Werkstoff erregten bisher nur in viel eringerem Maße die Aufmerksamkeit der genauen orschung als die Werkzeuge für die Metallbearbeitung und etall als Werkstoff. Das mag daran liegen, daß die Holz-earbeitung zum größten Teile dem Gewerbe und nur zum leineren Teile der weiterblickenden Industrie zufiel. Wenn an Vorgänge der Holzbearbeitung betrachtet, so ist in rster Linie zu bedenken, daß man es mit einem gewachse-en organischen, also ungleichmäßigen Werkstoff zu tun hat.

Mit der Art der Faser ist eine der grundlegenden igenschaften des Holzes, seine Spaltbarkeit begründet. iese, sowie Härte, Dichte, Feuchtigkeitsgehalt, Elastizität nd Biegsamkeit wirken zusammen, um die Festigkeit oder üte einer Holzart zu ergeben.

Vorgenannte Abhängigkeiten bedingen eine gewisse nhomogenität des Holzes, die bei der Verwendung von olz als Bau- und Werkstoff zu ganz bestimmten, zum Teil echt unangenehmen Bauformen zwingen. Dies war grund-egend für den Wunsch, mit der Inhomogenität des Holzes u brechen und sie wenigstens teilweise in Homo-enität umzuwandeln.

Der bekannteste Weg hierfür ist das Sperren des Holzes. er Grundbestandteil der sogenannten Sperrholzplatte ist die panholzplatte (Fournier). Bei der Bearbeitung des Sperr-olzes ist wichtig, zu wissen, inwieweit sich Unterschiede egen Vollholz zeigen, die durch Dämpfen, kreuzweis ver-aufende Faser und vor allem durch den Leimfilm hervor-erufen werden. Vergleiche gegenüber Vollholz sind mög-ich, soweit darüber bereits Untersuchungen vorliegen[2]). ie in den nachfolgenden Erörterungen besprochenen Ver-uche habe ich auf Grund von Anregungen, die vorhan-enen Bedürfnissen der Industrie entsprachen, im Institut ür Werkzeugmaschinen-Untersuchung und Fertigungsver-ahren der Technischen Hochschule Dresden ausgeführt. Es urden kreisförmige Ausschnitte (Rundschnitte) gewählt, nd zwar:

1. das Bohren (als Vertreter der spanenden Formung) und
2. das Stanzen (als Vertreter der spanlosen Formung)

Für das Bohren wurden vorhandene Werkzeugformen der Praxis verwendet. Beim Stanzen galt es erst eine brauchbare Werkzeugform zu finden, da nach Kenntnis des Verfassers noch keine solche vorhanden war.

### Das Bohren von Sperrplatten

Bei der Auswahl der Versuchshölzer konnte weniger auf Holzarten an sich, als auf Sperrholzarten, die in der Fertigung und im Handel üblich sind, Rücksicht genommen werden. Da sich dünne Spanplatten mit Bohrwerkzeugen kaum bearbeiten lassen, kamen für die Bohrversuche fast ausschließlich nur Sperrplatten in Frage.

Es wurden folgende Bohrerarten zu den Versuchen herangezogen: Zentrumbohrer, Forstner-Bohrer, Forstner-Bülow-Bohrer, Spiralbohrer für Holz, Spiralbohrer für Metall mit Anschliff für Holz, Spiralbohrer für Metall und Langlochbohrer. Sämtliche vorgenannten Werkzeuge haben gewisse Eigenschaften, die die Zerspanung beeinflussen. Es sind dies namentlich die Größe des Schneidwinkels, seine Lage, der Schneidenzustand, die Spanabführung, der Hinterschliff, der Vorschneider, der Nachschneider und die Zentrierspitze.

Als Versuchsmaschine habe ich eine Sondermaschine benutzt, die in vorgenanntem Institut gebaut worden war. Sie gestattete genaueste Messungen und Aufzeichnungen von Bohrdruck, Bohrweg, Vorschubgeschwindigkeit, Drehmoment und Drehzahl. Unter Hinweis auf die in der Einleitung erwähnten, infolge der ungleichen Beschaffenheit des Holzes bedingten verschiedenen Eigenschaften, wurde jeder Versuch unter an sich ganz gleichen Bedingungen fünfmal ausgeführt. Erst der hieraus erhaltene Mittelwert war für die Auswertung maßgebend.

#### Versuchsergebnisse

Wie bereits erwähnt, verändern sich die Eigenschaften durch das Sperren gewaltig gegenüber Vollholz. Durch grundlegende Versuche, die für 13 verschiedene Sperrplatten ausgeführt wurden, ergab sich, daß sowohl Drehmoment wie Vorschubgeschwindigkeit bei sonst gleichen Verhältnissen bei Sperrholz niedriger liegen als bei Vollholz. Ferner wurde festgestellt, daß beim Bohren von Sperrholz die Schneidhaltigkeit des Werkzeuges gegenüber Vollholz um etwa 90 vH zurückgeht. Als Grund hierfür ist der schädliche Einfluß der Leimschicht zu nennen. Hieraus erhellt, daß für das Bohren von Sperrholz unter diesem Gesichtspunkt sich besonders die Bohrerformen gut eignen, die sich gut und oft nacharbeiten lassen.

Bisher wurde beobachtet, daß beim Bohren von Sperrholz verhältnismäßig hohe Temperaturen auftraten. Um

[1]) Auszug aus der Druckschrift „Berichte über betriebswissenschaftliche Arbeiten", Bd. 1, Berlin 1929, VDI-Verlag.

[2]) Vergl. *Osenberg*, „Untersuchungen über die den Zerspanungsvorgang mittels Holzbohrer beeinflussenden Faktoren", Berlin 1925.

diese Verhältnisse nachzuprüfen, wurden Versuche mit einem Zentrumbohrer angestellt, in den ein Termoelement eingebaut war. Es ergab sich, daß höchste Temperaturen von etwa 220 ° C auftraten, während die bei gleichen Verhältnissen ermittelten Höchstwerte für Vollholz bei etwa 100 ° C lagen. Da die Wirkung der Kühlung durch Luftwirbel, in Hundertteilen gerechnet, mit zunehmendem Bohrdruck steigt, sind große Bohrdrücke günstiger als kleine. Dies zwingt praktisch insofern zu einer Einschränkung, als die Güte des Schnittes mit zunehmendem Bohrdruck abnimmt.

Versuche über den Einfluß des Bohrerdurchmessers ergaben nichts Unerwartetes. Mit zunehmendem Durchmesser sinkt ungefähr linear die Vorschubgeschwindigkeit, während das Drehmoment genau linear ansteigt.

Für den Zentrumbohrer ergab sich, daß die günstigsten Verhältnisse bei einem Schneidwinkel von 21 ° und einem Rückenwinkel von 35 ° liegen. *Osenberg* fand für Vollholz ungefähr dieselben Werte.

Beim Vergleich verschiedener Bohrerformen zeigte sich, daß beim Zentrumbohrer zu einem bestimmten Drehmoment ein verhältnismäßig kleiner Wert der Vorschubgeschwindigkeit gehört. Wenn man bedenkt, daß beim Bohren von doch immer verhältnismäßig dünnen Sperrplatten große Vorschubgeschwindigkeiten, die beim Durchtritt des Bohrers auf der Rückseite immer ein gewisses Splittern mit sich bringen, nicht von allzu großer Wichtigkeit sind, so stehen Drehmoment und Vorschubgeschwindigkeit in einem für Sperrholz günstigen Verhältnis. Ähnliche, doch etwas kleinere Werte ergeben sich beim Forstner-Bohrer, beim Forstner-Bülow-Bohrer, beim Spiralbohrer für Holz und beim Spiralbohrer für Metall mit Anschliff für Holz. Beim Forstner-Bohrer treten außerordentlich hohe Temperaturen auf. Er erscheint deshalb nur für einen Sonderzweck als Grundbohrer bei Anwendung kleiner Drehzahlen für Sperrholz geeignet.

Anders liegen die Verhältnisse beim Spiralbohrer für Metall und beim Langlochbohrer. Beide weisen bei größten Drehmomentwerten große Vorschubgeschwindigkeiten auf. Beide Bohrerarten erscheinen daher für Sperrholz ungeeignet.

Die angestellten Drehzahlversuche ergaben, daß die in der Praxis übliche Drehzahl von $n = 4000$ U/min keine besondere Berechtigung hat. Größere und kleinere Drehzahlen können ebenso vorteilhaft verwandt werden.

Es konnte außerdem ein Spanplattenpaar (Gabun) untersucht werden, das einmal flach- und einmal rundgeschält war. Wesentliche Abweichungen zeigen sich bei gleichem Bohrdruck nur bei den Vorschubgeschwindigkeiten. Die flachgeschälte Platte hat z. B. bei 14 kg Bohrdruck einen um etwa 85 vH höheren Wert als die rundgeschälte Platte. Die gemesserte Spanplatte verhält sich also bei der Bearbeitung günstiger, wird aber aus wirtschaftlichen Gründen wohl nie die Bedeutung der rundgeschälten Platte erreichen.

### Stanzen von Spanplatten und Sperrplatten

Wie bereits erwähnt, konnten beim Bohren fast nur Sperrplatten untersucht werden. Anders liegen die Verhältnisse beim Stanzen, das bei dünnen und dünnsten Spanplatten am leichtesten möglich ist. Aus diesem Grunde wurden die ersten grundlegenden Versuchsreihen für reine Spanplatten durchgeführt. Die weiteren Versuchsreihen wurden dann für Span- und Sperrplatten gemeinsam durchgeführt. Als Faßdeckelplatten kommen am meisten etwa 5 mm dicke dreifache Buchenplatten in Frage. Als Stuhlsitzplatten finden besonders etwa 3 mm dicke dreifache Buchenplatten die meiste Verwendung.

Die für die Versuche verwandte und hierfür besonders entwickelte Werkzeugform wurde u. a. hinsichtlich des Durchmessers, des Patrizenwinkels $\alpha$ und des Matrizenwinkels $\beta$ verschieden gewählt. Ferner wurde als günstigster Unterschied zwischen Patrizendurchmesser und Matrizendurchmesser $\delta = d - d' = 0{,}03$ mm ermittelt. Gewählt wurde bei den Versuchen dieser Unterschied zwischen 0,01 mm und 0,20 mm. Es zeigte sich bereits bei den Vorversuchen, daß die genannten Größen alle einen erheblichen Einfluß haben auf einen splitterfreien Schnitt, der für ein sauberes Werkstück in allen Schichten einer Sperrplatte unerläßlich ist. Von gewissem Einfluß hierauf ist auch das Tiefenmaß, mit dem die Patrize in die Matrize hineinragt.

Als Versuchsmaschine stand eine einarmige Exzenterpresse für Drücke bis 22 000 kg zur Verfügung. Der Hauptwert der Untersuchungen wurde auf Prüfung der gefundenen Werkzeugform und Ermittelung der zugehörigen Stanzdrücke gelegt, um auf diesem Gebiete Grundlagen zu schaffen. Auf eine versuchsmäßige Messung der Schnitt geschwindigkeit wurde verzichtet, da dies erst in zweit Linie wichtig ist. Für das Messen der Drücke wurde d hydraulische Verfahren gewählt. Als Druckaufnahmeger erschien eine Meßdose am vorteilhaftesten. Eine solc wurde für diese Zwecke in ringförmiger Art entworfen u gebaut. Die Meßdose wurde mit einem Manometer gekuppe das mit Schleppzeiger und zugehöriger Federdämpfung ve sehen wurde.

Um den Druckverlauf über dem Weg zu erkennen, wur versucht, an Stelle des Manometers mit einem Indikator arbeiten. Es ist mir nur gelungen, selbst mit einem ve hältnismäßig masselosen Indikator, eine statische Eichu durchzuführen. Eine solche würde aber den dynamisch Verhältnissen in keiner Weise gerecht geworden sein.

### Versuchsergebnisse

Als bekanntes Werkzeug galt das für Metall allgeme benutzte mit den Winkeln $\alpha = 90$ ° und $\beta = 90$ °. Obglei mit diesem keine sauberen und splitterfreien Schnit zu erzielen waren, wurde es als Grenzfall mit herangezoge Der Winkel $\alpha$ wurde in den Grenzen von 90 ° und 60 ° v schieden gewählt. Der Winkel $\alpha = 60$ ° wurde als unter Grenzwert festgelegt. Bei diesem tritt bereits ein so stark Zusammendrücken des Plattenrandes auf, daß die Elas zitätsgrenze des Holzes überschritten wird. Es bleibt al eine Formänderung zurück, die bei manchen Stanzartike unerwünscht ist. Nach Maßgabe der Versuche ist hinsicl lich der Güte des Schnittes ein Patrizenwinkel von $\alpha = 7$ am besten geeignet. Der Versuch, die Unsauberkeit (Splitt bildung) des Schnittes zahlenmäßig zu werten, scheiter Die Faseraussplitterungen, die man allein messen u zählen kann, ergaben keinen Anhaltspunkt.

Bei den vorerwähnten Versuchen zeigte sich, daß d erste Anschnitt beim Stanzen von der Unterseite, also v der Matrize her erfolgt. Im Zusammenhange damit ste die Brucherscheinung der Unterseite. Dies ist ein de licher Hinweis dafür, daß die Schnittkante der Matrize mehr oder weniger scharfe Schneide ausgebildet werden mu

Der Matrizenwinkel $\beta$ wurde in den Grenzen von 9 bis 30 ° gewählt. Kleinere Matrizenwinkel erscheinen d halb ungeeignet, weil bei dem gehärteten Zustande d Matrizenringe und den beim Stanzen auftretenden groß Kräften ein Ausspringen der Ringschneide befürchtet w den mußte. Die Versuche zeigen in auffälliger Wei daß mit abnehmendem Winkel $\beta$ auch die Stanzdrüc wesentlich abnehmen. Dies entspricht durchaus den warteten und geschätzten Verhältnissen. Vergleichsversuc zeigten, daß bei gleicher Plattendicke die Werte des Schni druckes der Sperrplatte um 20 bis 50 vH höher liegen, die Werte für die Spanplatte. Als Ursache hierfür ist erste die Widerstanderhöhung durch die Leimschicht zu nenn Als zweiter Einfluß kann eine teilweise Veränderung od Verdichtung der Spanplatten durch die Anwendung hoh Drücke beim Verleimen angesehen werden. Sperrplatten fordern also größere Stanzdrücke als unverleimte Spanplatt gleicher Dicke.

Wieweit die Zahl der Leimschichten auf die Größe Schnittdruckes von Einfluß ist, geht aus den Kennlini einer Birkenplatte hervor. Dreifach verleimte Platten t gen in sich zwei Leimschichten. Fünffach verleimte h gegen vier. Diese Verdoppelung der Leimschichten bri bei gleicher absoluter Plattendicke eine Erhöhung Schnittdruckes von 20 bis 25 vH mit sich. Versuche üb den Einfluß des Werkzeugdurchmessers zeigten normal erwarteten Anstieg.

Von der Industrie wird angegeben, daß für das Stanz von Stuhlsitzmustern Drücke bis zu 40 000 kg nötig sei Dabei werden nur die Lochmuster gestanzt, während Umfänge heute nach Kenntnis des Verfassers noch gesä werden. Die gefundene günstige Werkzeugform läßt s aber auf alle Stanzformen anwenden, so daß sich mit i runde sowie eckige Sitzplatten stanzen lassen. Nach ein vorliegenden Muster kann man den Umfang eines mittler Stuhlsitzes mit etwa 1400 mm annehmen. Hierfür erg sich durch graphische Interpolation (Extrapolation) Druck von etwa 5000 kg.

Bei entsprechender Anwendung der gefundenen gi stigsten Werkzeugform in umgekehrtem Sinne werden s deren Vorteile auch auf das Stanzen des Lochmusters a wenden lassen. Es steht zu erwarten, daß man bei geme samem Stanzen von Umfang und Muster noch weit un den angegebenen Drücken von etwa 40 000 kg bleiben wi Ähnliche Gesichtspunkte gelten für sämtliche zu stanz den Gegenstände, die sich alle mit der erwähnten günstig Werkzeugform herstellen lassen werden. [N 3164]

# Thermischer und thermodynamischer Wirkungsgrad von Dampfkraftmaschinen

*Von Prof. Dr.-Ing. G. ZERKOWITZ, München*

*Der Einfluß der Pumpenarbeit bei der einfachen Dampfkraftmaschine wird untersucht. Zur Ermittlung des thermodynamischen Wirkungsgrades oder Gütegrades wird von dem allgemeinen Grundsatz ausgegangen, daß sich verfügbare und innere Arbeit um die gesamten thermodynamischen Verluste unterscheiden, die in der Maschine im engeren Sinn auftreten. Dieser Gesichtspunkt gilt auch, wenn die Maschine mit Entnahme oder mit Zwischenüberhitzung arbeitet, gleichgültig, ob es eine Kolbenmaschine oder eine Turbine ist. Für die Beurteilung des gesamten Prozesses dient der thermische und der wirtschaftliche Wirkungsgrad.*

Für die Bewertung des Arbeitsprozesses einer Dampfkraftmaschine ist der thermische Wirkungsgrad $\eta$ maßgebend. Sofern kein Dampf für fremde, d. h. nicht zum eigentlichen Kraftbetrieb erforderliche Zwecke verwendet wird, ist er durch das Verhältnis des Wärmewertes der erzeugten Arbeit zu dem Wärmeverbrauch der ganzen Anlage bestimmt. Zur Beurteilung der Maschine im engern Sinn, also der Kolbendampfmaschine oder Dampfturbine, dient der thermodynamische Wirkungsgrad oder Gütegrad. Man pflegt darunter das Verhältnis der inneren (indizierten) Arbeit $L_i$, $N_i$ oder der nutzbaren (effektiven) Arbeit $L_e$, $N_e$ zu der verfügbaren Arbeit $L_0$, $N_0$ zu verstehen.

Über die Größe der verfügbaren Arbeit herrschen aber bei verwickelteren Anlagen, die z. B. mit Entnahme oder mit Zwischenüberhitzung arbeiten, widersprechende Anschauungen, was die Berechnung des Gütegrades erschwert. In den nachstehenden Ausführungen wird gezeigt, wie man auf Grund der beiden Hauptsätze der Thermodynamik eine allgemein gültige Regel zur Bestimmung der verfügbaren Arbeit und damit des Gütegrades gewinnen kann.

Es bedeutet.

$\eta_0$ den thermischen Wirkungsgrad des Idealprozesses,
$\eta_i$ desgl., bezogen auf die innere oder indizierte Leistung,
$\eta_e$ desgl., bezogen auf die Nutzleistung,
$\varepsilon_i$ den Gütegrad, bezogen auf die innere oder indizierte [Leistung,
$\varepsilon_e$ desgl., bezogen auf die Nutzleistung.

### Idealprozeß der einfachen Dampfkraftmaschine

Die Wärmezufuhr erfolgt nur vor Beginn der Entspannung des Dampfes, die Wärmeabgabe nach beendeter Entspannung. Die gesamte vom Kessel gelieferte Dampfmenge wird von $p_1$ auf $p_2$ entspannt; das Wasser wird bei $p_3$ angesogen und auf $p_4$ gebracht. Zumeist sind $p_3 = p_2$ und $p_4 = p_1$. In einem $Ts$-Diagramm, Abb. 1, wird der Idealprozeß durch 1234561 dargestellt, wobei 12 und 34 Adiaten sind. Die Wärmezufuhr im Kessel erfolgt längs 4561, also nach der Isobare $p_1$ und nicht nach der unteren Grenzkurve, mag auch bei Wasser die Abweichung gering sein.

Sind $i_1$ und $i_2$ die Wärmeinhalte bei 1 und 2, so wird vielfach als thermischer Wirkungsgrad des Idealprozesses der des Clausius-Rankine-Prozesses der Ausdruck

$$\eta_R = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_2'} \quad \ldots \ldots \quad (1)$$

angesehen. In der Regel ist nämlich $i_3 = i_2'$, wobei $i_2'$ den Wärmeinhalt der Flüssigkeit an der unteren Grenzkurve beim Druck $p_2$ bedeutet. Gl. (1) ist indessen nicht vollständig, da der Arbeitsbedarf der Speisepumpe und gegebenenfalls der Kondensatpumpe nicht vernachlässigt werden darf. Der Prozeß der Dampfkraftmaschine ist ein Kreisprozeß, dessen Arbeit, bezogen auf 1 kg Arbeitsmittel, sich aus dem Unterschied der Expansionsarbeit des Dampfes $L_d$ und der Pumpenarbeit zur Förderung der Flüssigkeit $L_f$ ergibt. Es ist also

$$A\,L = L_d - L_f \quad \ldots \ldots \quad (2),$$

$$A\,L_d = i_1 - i_2 = A \int_{p_2}^{p_1} v_d \,\mathrm{d}\,p \quad \ldots \ldots \quad (3),$$

$$A\,L_f = i_4 - i_3 = A \int_{p_3}^{p_4} v_f \,\mathrm{d}\,p = A \int_{p_2}^{p_1} v_f \,\mathrm{d}\,p \quad \ldots \quad (4).$$

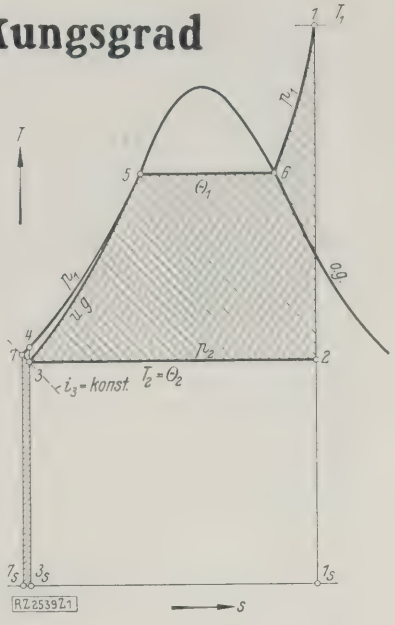



**Abb. 1** *Ts*-Diagramm für den Idealprozeß der einfachen Dampfkraftmaschine.

Darin bedeutet $v_d$ den Rauminhalt von 1 kg Dampf längs der Adiabate 12, $v_f$ den Rauminhalt von 1 kg Flüssigkeit längs der Adiabate 34. Die zugeführte Wärme beträgt, da zumeist $i_3 = i_2'$ ist, unter Beachtung von (4)

$$Q_1 = i_1 - i_4 = i_1 - i_2' - A\,L_f \quad \ldots \ldots \quad (5),$$

während die Wärmemenge

$$Q_2 = i_2 - i_3 = i_2 - i_2' \quad \ldots \ldots \quad (6)$$

an die Umgebung abgeführt wird. Für die Arbeit des Kreisprozesses und für den Wirkungsgrad erhält man

$$A\,\Delta L = (i_1 - i_2) - (i_4 - i_3) = i_1 - i_2 - A\,L_f \quad \ldots \quad (7)$$

$$\eta_0 = \frac{A\,\Delta L}{Q_1} = \frac{i_1 - i_2 - A\,L_f}{i_1 - i_2' - A\,L_f} \quad \ldots \ldots \quad (8).$$

Für die Wasserdampfmaschine darf man angenähert $v_f = v_2'$ setzen, wobei $v_2'$ dem Rauminhalt der Flüssigkeit an der unteren Grenzkurve beim Druck $p_2$ entspricht; damit wird $L_f = v_2'\,(p_1 - p_2)$. Will man im $Ts$-Diagramm $L_d$ und $L_f$ darstellen, so legt man durch 3 eine Isenthalpe $i_3 = \text{konst}$[1]) und bringt diese mit der Isobare $p_1$ zum Schnitt, wodurch sich 7 als Schnittpunkt ergibt. Wegen $i_7 = i_3$ entspricht Fläche $7_s743_s$ dem Wärmewert der Pumpenarbeit $A\,L_f$, während $A\,L_d$ durch Fläche $7_s7561233_s$ dargestellt wird. Für eine Kondensationsmaschine entspricht die Endtemperatur $T_2 = T_0$ im Idealfall der Temperatur der Umgebung.

Ist z. B. $p_1 = 50$ at abs, $t_1 = 400\,°$, $p_2 = 0{,}05$ at abs, so ist $i_1 = 764{,}7$, $i_2 = 484{,}3$, $i_3 = i_2' = 32{,}5$ kcal/kg, daher $\eta_R = 0{,}383$, während man aus (8) $\eta_0 = 0{,}381$ erhält; die Abweichung ist also trotz des recht hohen Anfangsdruckes sehr gering.

Es sei wie beim Benson-Prozeß (hier wird allerdings bisher stets Zwischenüberhitzung verwendet, von der vorläufig abgesehen werden möge) $p_3 > p_1$. Für $p_1 = 100$ at abs, $t_1 = 500°$ ist $i_1 = 807$ kcal/kg; für $p_2 = 0{,}05$ at abs wird $A\,L_d = i_1 - i_2 = 326{,}5$ kcal/kg. Da $i_3 = 32{,}5$ kcal/kg, so liefert Gl. (1) $\eta_R = 0{,}422$. Wird das Wasser von $p_3 = p_2$ auf den Druck $p_4 = p_k = 225$ at abs gebracht, so kann wegen der geringen Zusammendrückbarkeit des Wassers $A\,L_f \approx \frac{1}{427} \cdot 225 \cdot 10^4 \cdot \frac{1}{995} = 5{,}3$ kcal/kg gesetzt werden[2]).

Die Pumpenarbeit beträgt etwa 1,6 vH der Dampfarbeit; ferner ist $A\,\Delta L_1 = 321{,}2$, $Q_1 = 774{,}5 - 5{,}3 = 769{,}2$ kcal/kg, daher $\eta_0 = 0{,}418$. In Wirklichkeit ist der Einfluß der Pumpenarbeit wegen der Verluste erheblich größer; ist z. B. der Gütegrad für die Maschine im engeren Sinn $\varepsilon_d = 0{,}75$, für die Pumpe $\varepsilon_f = 0{,}5$, so wird $AL_d = 244$, $AL_f = 10{,}6$ kcal/kg, was bereits 4,4 vH der Maschinenarbeit ausmacht.

[1]) Vergl. *Müller-Pouillet*, Lehrbuch der Physik, 11. Aufl. Bd. III 1 S. 946.
[2]) Vergl. *Mollier*, Neue Tabellen und Diagramme für Wasserdampf, 5. Aufl.

Bei anderen Arbeitsmitteln kann die Pumpenarbeit stärker ins Gewicht fallen. Es sei z. B. für Kohlensäure[3]) $p_1 = 120$ at abs, $t_1 = 100\,°$, $p_2 = 50$ at abs; man erhält $i_1 = 172{,}4$, $i_2 = 162{,}3$, $AL_d = 10{,}1$ kcal/kg. Mit $i_3 = i_2' = 109$ und $i_4 = 110{,}8$ wird $AL_f = 1{,}8$ kcal/kg. Es ist somit $A\Delta L = 8{,}3$ und $Q_1 = i_1 - i_4 = 61{,}6$, mithin $\eta_0 = 0{,}136$, während $\eta_R = 0{,}16$ beträgt. Hier ist also der Unterschied beträchtlich.

### Verfügbare Arbeit und Gütegrad bei der Dampfmaschine einfacher Art

Für die Beurteilung der Maschine im engeren Sinn, also der Kolbendampfmaschine oder der Dampfturbine, kommen Speise- und Kondensatpumpe nicht in Betracht. Hier ist zu unterscheiden zwischen der verfügbaren Arbeit $L_0$ — im vorhergehenden Abschnitt mit $L_d$ bezeichnet — und der inneren oder indizierten Arbeit $L_i$. Bedeutet nunmehr $i_2^0$ den Wärmeinhalt am Ende der adiabatischen Entspannung von $p_1$ auf $p_2$, Abb. 2, $i_2$ dagegen den Wärmeinhalt am Ende der wirklichen Entspannung, so ist die verfügbare Arbeit

$$A\,L_0 = i_1 - i_2^0 = H_0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (9).$$

Diese Beziehung gilt auch für die Kolbendampfmaschine[4]) Die innere Arbeit ergibt sich aus

$$A\,L_i = i_1 - i_2 = H_i \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (10),$$

sofern die Maschine wärmedicht ist. Unter $i_2$ ist der wirkliche Wärmeinhalt im Abdampfstutzen, also hinter der Maschine, zu verstehen. Der Gütegrad beträgt

$$\varepsilon_i = \frac{L_i}{L_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Bezeichnet $L_v$ den Arbeitsverlust, so ist

$$A\,L_v = A\,L_0 - A\,L_i = i_2 - i_2^0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

Der Verlust macht sich in einer vermehrten Wärmeabgabe an die Umgebung und in einer Entropievermehrung $\Delta s$ geltend. Bei adiabatischer Entspannung wäre die Wärmemenge

$$Q_2^0 = i_2^0 - i_2' \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (13)$$

bei der wirklichen Entspannung ist hingegen wegen (12)

$$Q_2 = i_2 - i_2' = Q_2^0 + A\,L_v \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (14)$$

abzuführen. Die Mehrabfuhr an Wärme

$$\Delta Q_2 = Q_2 - Q_2^0 = i_2 - i_2^0 = A\,L_v \quad . \quad . \quad . \quad (15)$$

infolge der nicht umkehrbaren Entspannung ist gleich dem Wärmewert des Arbeitsverlustes. Zumeist liegt der Endpunkt der Expansion $A_2$ im Naßdampfgebiet, so daß

$$\Delta Q_2 = A\,L_v = T_2\,\Delta s = \Theta_2\,\Delta s \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (15a)$$

entsprechend Fläche $Z_1 A_2^0 A_2 Z_2$ ist; dabei bezeichnet $\Theta_2$ die dem Enddruck $p_2$ entsprechende absolute Sättigungstemperatur.

[3]) $CO_2$ ist hier lediglich gewählt, weil *R. Plank* dafür eine vollständige *Ts*-Tafel geschaffen hat, s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 7 S. 222.
[4]) Vergl. *Doerfel*, Techn. Blätter Prag 1916 Nr. 1 bis 4; Z. Bd. 66 (1922) S. 84, 133; *Plank*, Z. Bd. 64 (1920) S. 221.

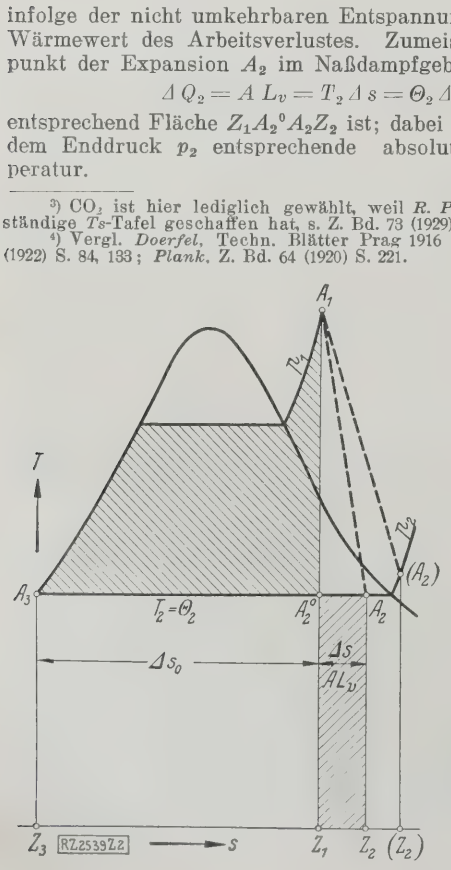



Abb. 2
Ideale und wirkliche Dampfdehnung für die einfache Maschine.

Man kann Gl. (12) auch in der Form

$$A\,L_0 = A\,L_i + \Delta Q_2 = A\,L_i + A\,L_v \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

anschreiben, d. h. die verfügbare Arbeit ist gleich d inneren, vermehrt um die gesamten thermodynamischen A beitsverluste. Demgemäß ist der Gütegrad

$$\varepsilon_i = \frac{A\,L_i}{A\,L_i + \Delta Q_2} = \frac{A\,L_i}{A\,L_i + \Theta_2\,\Delta s} \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

### Maschinen mit Dampfentnahme

Das Dampfgewicht $G_1$ werde von $p_1$ auf $p_2$ entspan Abb. 3, während von $p_2$ auf $p_3 = p_0$ nur das Dampfgewic $G_2 = G_1 - E$ verarbeitet wird. Bei der einmaligen E nahme der Dampfmenge $E$ ergibt sich die innere Arb (Leistung) $N_i$ aus

$$A\,N_i = G_1(i_1 - i_2) + G_2(i_2 - i_3) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

Man kann auch Gl. (18) in der Form schreiben:

$$A\,N_i = G_2(i_1 - i_3) + E(i_1 - i_2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (18.$$

Auch hier kann sich die verfügbare Arbeit $N_0$ v der inneren Arbeit $N_i$ nur um die gesamten thermodyn mischen Verluste unterscheiden. Nun ist zu beachten, d hier nicht eine einmalige Wärmeabfuhr vorliegt. Be Enddruck $p_3 = p_0$ wird eine der Dampfmenge $G_2$ entsp chende Wärmemenge an die Umgebung, z. B. an das Kü wasser des Kondensators, abgegeben. Diese Dampfmen $G_2$ würde bei verlustfreier Entspannung im Zustand abgeführt werden, während sie in Wirklichkeit im Z stand $i_3$ in die „Umgebung" gelangt. Dem entspricht e Verlust

$$\text{Verl.}\,(G_2) = G_2(i_3 - i_3^0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

Die Dampfmenge $E$ wird beim Druck $p_2$ z. B. in eine He anlage geleitet, für sie ist also $p_2$ der „Umgebungsdruc Somit ist für die Dampfmenge $E$ der Verlust

$$\text{Verl.}\,(E) = E(i_2 - i_2^0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

Fügt man zu $A\,N_i$ die beiden Verlustglieder hinzu, wird

$$A\,N_0 = A\,N_i + \text{Verl.}\,(G_2) + \text{Verl.}\,(E)$$

oder wegen (19) und (20)

$$A\,N_0 = G_2(i_1 - i_3^0) + E(i_1 - i_2^0) \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

Gl. (21) kann auch in der Form ausgedrückt werden

$$A\,N_0 = G_1(i_1 - i_2^0) + G_2(i_2^0 - i_3^0) = G_1 H_{01} + G_2 H_{02} \quad (21$$

Man muß also der Ermittlung der verfügbaren Arbeit Ausgangsadiabate $A_1 A_3^0$ zugrunde legen, was auch der Praxis gebräuchlich ist. Der innere Gütegrad is

$$\varepsilon_i = \frac{N_i}{N_0} = \frac{G_1(i_1 - i_2) + G_2(i_2 - i_3)}{G_1(i_1 - i_2^0) + G_2(i_2^0 - i_3^0)} \quad . \quad . \quad (2$$

In ähnlicher Weise ist auch die zweimalige Entnah zu bewerten. Erfolgt die Dampfentnahme nur zum Zwe der Speisewasservorwärmung, so erhält man den th mischen Wirkungsgrad, indem man die gewonnene Nu

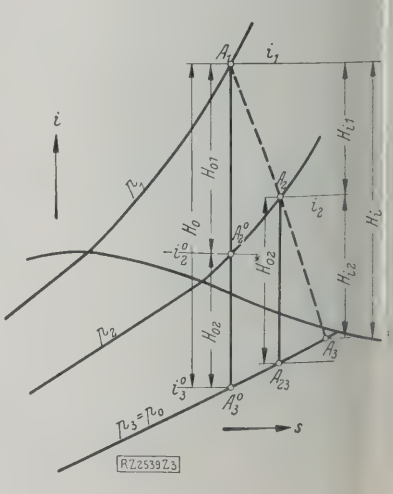



Abb. 3
*is*-Diagramm für Entnahme.

beit $N_e$ durch die zugeführte Wärme teilt. Hier stehen[5]) e entnommenen Dampfgewichte, z. B. bei zweifacher Entme $E_1$ und $E_2$, in einem bestimmten Verhältnis zu den beitenden Dampfmengen $G_1$, $G_2$, $G_3$. Werden hingegen liebige Dampfmengen für fremde Heizzwecke abgezapft, kann man wohl von einem wirtschaftlichen, nicht aber n einem thermischen Wirkungsgrad sprechen.

### Maschinen mit einmaliger Zwischenüberhitzung

Bei Kondensationsmaschinen kommt Zwischenüberzung dann in Betracht, wenn andernfalls am Ende der tspannung der Dampf zu naß werden würde[6]); bei gendruck- und Entnahmemaschinen kann Zwischenerhitzung in Frage kommen, wenn man Heizdampf von stimmter Temperatur braucht. Die Zwischenüberhitzung nn erfolgen durch Rauchgase, durch überhitzten oder sättigten Dampf von derselben chemischen Beschaffenit wie der Arbeitsdampf, wobei als Heizdampf Frischmpf oder Dampf von beliebigem Druck, z. B. Speichermpf, verwendet werden kann, oder durch andre Flüssigiten, Dämpfe oder dergl. Die Zufuhr der Zwischenüberzungswärme erfolgt zumeist bei nahezu unveränderhem Dampfdruck; man unterbricht also die Entspannung i einem passenden Zwischendruck und erwärmt den ampf nochmals.

Von welcher Quelle die Zwischenüberhitzungswärme rührt, ist für die verfügbare Arbeit und damit für den Gütegrad gleichgültig; denn diese Größen beziehen sich ur auf die Maschine im engeren Sinn und nicht auf den samten Prozeß. Anders steht es bezüglich des thermihen Wirkungsgrades, der sehr wohl von der Art der Zwischenüberhitzung abhängen kann. Lediglich der therische Wirkungsgrad gibt letzten Endes Aufschluß darer, ob eine Maßnahme wärmetechnisch zweckmäßig ist.

Im *Ts*-Diagramm, Abb. 4, macht sich der Einfluß der Zwischenüberhitzung dahin geltend, daß beim Druck $p_2$ er Wärmeinhalt von $i_2$ (Punkt $A_2$) auf $i_b$ (Punkt $A_b$) eigt; die Zwischenüberhitzungswärme

$$Q_b = i_b - i_2 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (23)$$

tspricht der Fläche $A_2\ A_b\ Z_b\ Z_2$. Findet keine Entahme statt, so gilt für die innere Arbeit

$$A\,L_i = i_1 - i_3 + Q_b = (i_1 - i_2) + (i_b - i_3) \quad \ldots \quad (24).$$

gegenüber der adiabatischen Entspannung von $A_1$ auf $A_3{}^0$ hrt die wirkliche schließlich nach $A_3$; die gesamte Entroevermehrung $\Delta s_{ges}$ wird hier nicht nur durch die Nichtnkehrbarkeit der Expansion, sondern auch durch die ärmezufuhr während der Zwischenüberhitzung bedingt. tzt man

$$\Delta s_{ges} = \Delta s_1 + \Delta s_b + \Delta s_2 \quad \ldots\ldots \quad (25),$$

sind hier nur $\Delta s_1$ und $\Delta s_2$ die Folge von Verlusten, ährend $\Delta s_b$ auf die Wärmezufuhr $Q_b$ „von außen" zuickzuführen ist. Während

$$\Delta Q_3 = i_3 - i_3{}^0 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (26),$$

tsprechend Fläche $A_3{}^0 A_3 Z_3 Z_1$, die Mehrabfuhr an ärme gegenüber adiabatischer Entspannung vom Anfangstand auf den Enddruck ist, beträgt der Verlust nur

$$A\,L_v = \Delta Q_3 - \Delta Q_{b_3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (27),$$

eil $\Delta Q_{b_3} = i_{b_3} - i_{23}$, also Fläche $A_{23}\ A_{b_3}\ Z_b\ Z_2$, dem rch die Zwischenüberhitzung erforderlichen Wärmeentg entspricht. Gemäß dem aufgestellten thermodynaischen Grundsatz, daß sich die verfügbare Arbeit $L_0$ von r inneren $L_i$ lediglich um die gesamten thermodynaischen Verluste unterscheidet, die innerhalb der eigentlichen Maschine auftreten, erhält man

$$A\,L_0 = A\,L_i + A\,L_v = A\,L_i + \Delta Q_3 - \Delta Q_{b_3} \quad \ldots \quad (28)$$

ter unter Einführung von (24) und (26)

$$A\,L_0 = (i_1 - i_3{}^0) + (Q_b - \Delta Q_{b_3}) = H_0 + (Q_b - \Delta Q_{b_3}) \quad (29).$$

Die verfügbare Arbeit im Falle der Zwischenüberhitzung ist gleich der Summe aus der verfügbaren Arbeit der ein-

[5]) Vergl. z. B. *Zerkowitz*, Z. Bd. 68 (1924) S. 1093.
[6]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) S. 84.

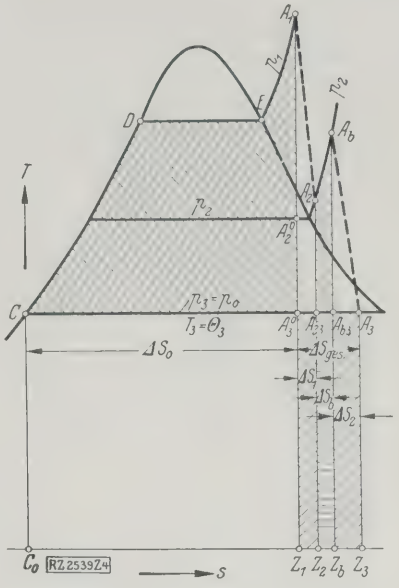



Abb. 4
*Ts*-Diagramm für einmalige Zwischenüberhitzung.

fachen Maschine, also dem Wärmegefälle $H_0$, und dem Arbeitswert der Zwischenüberhitzungswärme. Man kann nämlich

$$A\,L_{0b} = Q_b - \Delta Q_{b_3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (30)$$

als den Arbeitswert der Zwischenüberhitzungswärme bezeichnen; denn in einer idealen Maschine, bei der der Wärmeentzug beim konstanten Druck $p_3$ erfolgen würde, könnte von $Q_b$ höchstens $Q_b - \Delta Q_{b_3}$ in Arbeit umgesetzt werden. Wegen (30) kann man (29) auch in der Form schreiben:

$$A\,L_0 = H_0 + A\,L_{0b} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (29a).$$

Liegt Punkt $A_{b_3}$ im nassen Gebiet, so ist $\Delta Q_{b_3} = T_3 \Delta s_b = \Theta_3 \Delta s_b$. Liegt auch $A_3$ noch im Naßdampfgebiet, so wird

$$A\,L_0 = H_0 + Q_b - \Theta_3 \Delta s_b \quad \ldots\ldots \quad (29b).$$

Der innere Gütegrad der Maschine mit einmaliger Zwischenüberhitzung ist somit

$$\varepsilon_i = \frac{i_1 - i_3 + Q_b}{H_0 + Q_b - \Delta Q_{b_3}} \quad \ldots\ldots \quad (31).$$

Sämtliche für die Auswertung dieser Beziehungen erforderlichen Größen lassen sich bei einer ausgeführten Anlage durch den Versuch feststellen. Bei praktischen Berechnungen kann hierbei das *is*-Diagramm, gegebenenfalls unter Zuhilfenahme der Dampftabellen, benutzt werden; das *Ts*-Diagramm wurde nur herangezogen, um die Vorgänge grundsätzlich klarzulegen. Daß in diesem Falle die verfügbare Arbeit im *Ts*-Diagramm durch keine geschlossene Fläche dargestellt wird, ist belanglos. Man pflegt zwar von der Vorstellung auszugehen, daß verfügbar die Arbeit ist, die in einer vollkommenen Maschine gewonnen wird; da aber hier zwei getrennte Wärmezufuhren vorliegen, so steht nichts im Wege, sich die verfügbare Arbeit in zwei voneinander getrennten, vollkommenen Maschinen geleistet zu denken.

Bei der Bestimmung der verfügbaren Arbeit und des Gütegrades pflegt man mitunter die Zwischenüberhitzungswärme $Q_b$ unmittelbar an die Adiabate $A_1 A_2{}^0$ anzuschließen, d. h. $Q_b = A_2{}^0 X Z_x Z_1$ zu setzen, Abb. 5. Bei diesem Verfahren wird die verfügbare Arbeit zu klein, der Gütegrad also zu hoch, weil in Wirklichkeit die Zwischenüberhitzung keine so große Entropievermehrung herbeiführt. Man hat auch vorgeschlagen, die Zwischenüberhitzungswärme an die im Kessel zugeführte Wärme unmittelbar anzuschließen, also $Q_b = A_1 Y Z_y Z_1$ zu machen. Bei diesem Näherungsverfahren wird die durch die Wärmemenge $Q_b$ hervorgerufene Entropievermehrung zu klein, die verfügbare Arbeit also zu groß.

Es sei, Abb. 6, $p_1 = 100$ at abs, $t_1 = 470$ °, somit $i_1 = 789$ kcal/kg. Die Zwischenüberhitzung erfolge bei $p_2 = 5$ at abs, der Enddruck sei $p_3 = 0{,}04$ at abs; das verfügbare Gefälle ist dann $H_0 = 789 - 467{,}5 = 321{,}5$ kcal/kg. Für den Hoch-

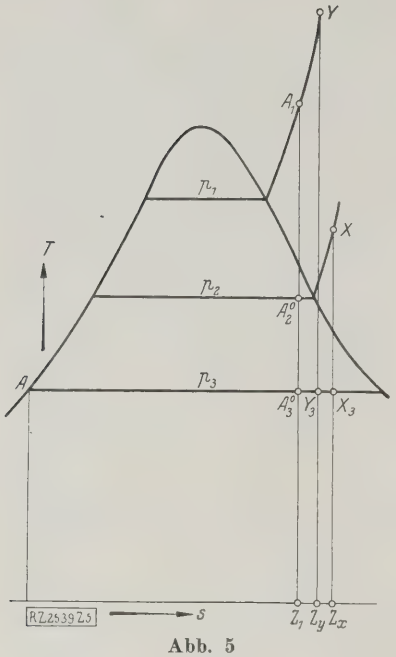



Abb. 5
Bisherige Darstellungen der verfügbaren Arbeit bei Zwischenüberhitzung.

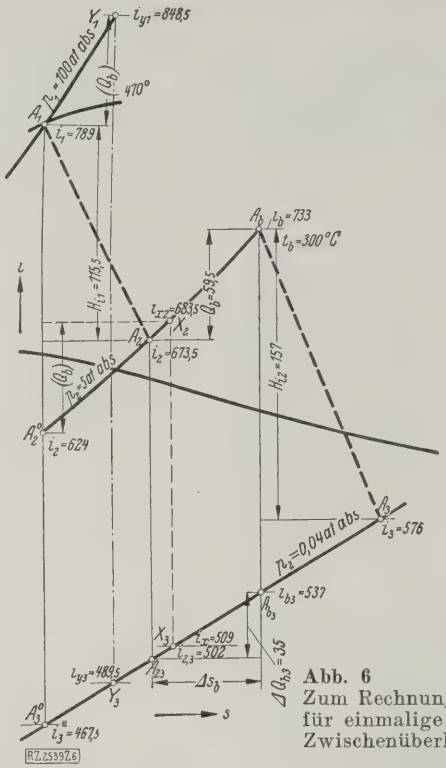



Abb. 6
Zum Rechnungsbeispiel für einmalige Zwischenüberhitzung.

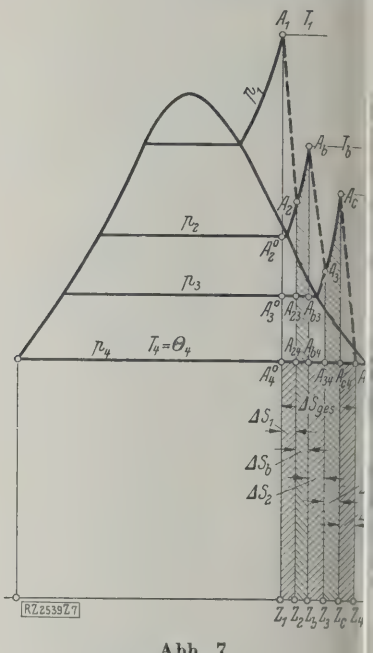



Abb. 7
Zweimalige Zwischenüberhitzung.

druckteil sei der Gütegrad $\varepsilon_1 = 0{,}7$; dann ist das verfügbare Gefälle des Hochdruckteils $H_{01} = 165$, das innere Gefälle $H_{i1} = 115{,}5$ kcal/kg. Die Zwischenüberhitzung erfolgte auf $t_b = 300\,°$, was einer Wärmezufuhr $Q_b = 59{,}5$ kcal/kg entspricht. Für den Niederdruckteil beträgt das „verfügbare" Wärmegefälle $i_b - i_{b_3} = 733 - 537 = 196$ kcal/kg. Mit dem Gütegrad $\varepsilon_2 = 0{,}8$ ist das innere Gefälle $H_{i_2} = 157$ kcal/kg, somit $i_3 = 733 - 157 = 576$ kcal/kg. Die innere Arbeit für die ganze Maschine beträgt nach Gl. (24) $AL_i = 115{,}5 + 157 = 272{,}5$ kcal/kg.

Will man die verfügbare Arbeit ermitteln, so hat man von Gl. (29) auszugehen; es wird $\Delta Q_{b_3} = i_{b_3} - i_{23} = 537 - 502 = 35$ kcal/kg, somit $AL_0 = H_0 + Q_b - \Delta Q_{b_3} = 321{,}5 + 59{,}5 - 35 = 346$ kcal/kg und der innere Gütegrad $\varepsilon_i = 0{,}79$.

Denkt man sich hingegen die Überhitzungswärme $Q_b$ unmittelbar ab $i_2{}^0 = 624$ zugeführt, so ist der Wärmeinhalt nach der Zwischenüberhitzung $i_{x_2} = 683{,}5$ kcal/kg. Das verfügbare Gefälle des Niederdruckteils ist $i_{x_2} - i_{x_3} = 683{,}5 - 509 = 174{,}5$ kcal/kg. Addiert man hierzu $H_{01} = 165$ kcal/kg, so wird $AL_0 = 339{,}5$ kcal/kg, also um 1,9 vH zu klein. Der Unterschied ist hier nicht groß, weil infolge der hohen Anfangstemperatur bei der Zwischenüberhitzung nur eine verhältnismäßig geringe Wärmemenge zugeführt worden ist.

Denkt man sich endlich die Überhitzungswärme beim Kesseldruck zugeführt, so erhält man als Wärmewert der verfügbaren Arbeit $i_{y1} - i_{y_3} = 848{,}5 - 489{,}5 = 359$ kcal/kg (in Abb. 6 strichpunktiert). Die verfügbare Arbeit wird um 4 vH zu groß, der Gütegrad wird mit 0,76 zu niedrig.

### Zweimalige Zwischenüberhitzung

Es werde die Zwischenüberhitzungswärme $Q_b$ beim Druck $p_2$, die weitere Zwischenüberhitzungswärme $Q_c$ beim Druck $p_3$ zugeführt, vgl. Abb. 7. Hier wird

$$AL_i = (i_1 - i_2) + (i_b - i_3) + (i_c - i_4) = i_1 - i_4 + Q_b + Q_c \quad 32).$$

Dabei ist

$$Q_b = i_b - i_2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (33),$$

$$Q_c = i_c - i_3 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (34).$$

Die gesamte Entropievermehrung $\Delta s_{ges}$ gegenüber der Ausgangsadiabate setzt sich aus den Entropievermehrungen $\Delta s_1$, $\Delta s_2$, $\Delta s_3$ durch Verluste und aus den Entropievermehrungen $\Delta s_b$ und $\Delta s_c$ durch die Zwischenüberhitzungen zusammen. Der Verlust beträgt also nicht

$$\Delta Q_4 = i_4 - i_4{}^0 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (35),$$

sondern nur

$$AL_v = \Delta Q_4 - \Delta Q_{b_4} - \Delta Q_{c_4} = (i_4 - i_4{}^0) - (i_{b_4} - i_{24}) - (i_{c_4} - i_{34}) \quad . \quad . \quad (36),$$

wobei $Q_{b_4} = i_{b_4} - i_{24}$ und $Q_{c_4} = i_{c_4} - i_{34}$ ist. Im Ts-Diagramm wird $AL_v$ durch $Z_1 A_4{}^0 A_{24} Z_2 + Z_b A_{b_4} A_{34} + Z_c A_{c_4} A_4 Z_4$ dargestellt. Liegt $A_{c_4}$ noch im Naßdampfgebiet, so ist $\Delta Q_{b_4} = \Theta_4 \Delta s_b$ und $\Delta Q_{c_4} = \Theta_4 \Delta s_c$.

Bildet man wiederum $AL_0 = AL_i + AL_v$, so erhält man aus Gl. (32) und (36)

$$AL_0 = (i_1 - i_4{}^0) + (Q_b - \Delta Q_{b_4}) + (Q_c - \Delta Q_{c_4}) = H_0 + [Q_b - (i_{b_4} - i_{24})] + [Q_c - (i_{c_4} - i_{34})] \quad . \quad . \quad ($$

und falls $A_{c_4}$ im Naßdampfgebiet liegt

$$AL_0 = H_0 + Q_b + Q_c - \Theta_4 (\Delta s_b + \Delta s_c) \quad . \quad (3$$

Der innere Gütegrad $\varepsilon_i = \dfrac{L_i}{L_0}$ ergibt sich durch Einführung der Werte aus (32) und (37) oder (37 a).

Als Beispiel werde ein Versuch an der vierstufigen Hochdruckdampfmaschine der Schmidtschen Heißdampfgesellschaft[7]) nachgerechnet. Nach den veröffentlichten Werten waren unter Zugrundelegung der Mollierschen Tabelle $p_1 = 55$ at abs, $t_1 = 435\,°$, $i_1 = 782{,}5$ kcal/kg vor dem Hochdruckzylinder; $p_2 = 5{,}4$ at abs, $t_2 = 185\,°$ hinter dem ersten Mitteldruckzylinder; $p_b = 4{,}9$ at abs, $t_b = 260\,°$ hinter dem ersten Zwischenüberhitzer, der somit einen Druckabfall von 0,5 at verursachte. Bei dieser geringen Abweichung gegenüber der Isobare ist die Anwendung der Gleichungen (33) und (34) immer noch zulässig. Es waren ferner hinter dem zweiten Mitteldruckzylinder $p_3 = 0{,}8$ at abs, $t_3 = 100\,°$, hinter dem Zwischenüberhitzer $p_c = 0{,}77$ at abs, $t_c = 226\,°$, der Kondensatordruck $p_4 = p_0 = 0{,}05$ at abs. Die Mollier-Tafel ergab $H_0 = 782{,}5 - 489{,}5 = 293$ kcal/kg. Damit wird die Wärmezufuhr im ersten Zwischenüberhitzer $Q_b = 38{,}5$, im zweiten Zwischenüberhitzer $Q_c = 60{,}5$ kcal/kg. Da $\Theta_4 = T_4 = 305{,}5$, $\Delta s_b = 0{,}089$ und $\Delta s_c = 0{,}143$ Clausius beträgt, wie man aus der Entropietafel entnehmen kann, so ist $\Delta s_b + \Delta s_c = 0{,}2$, somit $\Theta_4 (\Delta s_b + \Delta s_c) = 70{,}8$ kcal/kg. Damit wird wegen ($

$$AL_0 = 293 + 99 - 70{,}8 = 321{,}2 \text{ kcal/kg}.$$

Die indizierte Leistung war $N_i = 147{,}4$ PS, was beim Dampfverbrauch $G = 343{,}8$ kg/h, $AL_i = 271$ kcal/kg ergibt. Der innere Gütegrad war somit $\varepsilon_i = 271/321{,}2 = 0{,}84$. *Hartmann* hat den Gütegrad aus dem Wärmeverbrauch errechnet, (...) wohl für den ganzen Prozeß, nicht aber für die Maschine im engeren Sinne maßgebend ist. Für diese sind auch die Verluste, die durch Wärmeabgabe des Heizdampfes an

[7]) *O. H. Hartmann*, Z. Bd. 65 (1921) S. 663.

gebung entstehen, ohne Belang; denn auch bei der Zwi-enüberhitzung durch Rauchgase geht in den Rohrleitun-, die vom Kesselhaus zur Maschine führen, Wärme ver-en.

**Einmalige Zwischenüberhitzung mit Entnahme**

Der Maschine werde beim Druck $p_1$ die Dampfmenge kg/h zugeführt, beim Druck $p_2$ und dem Wärmeinhalt $i_2$ rd die Dampfmenge $E$ entnommen; die verbleibende mpfmenge $G_2 = G_1 - E$ wird sodann in einem Zwischen-rhitzer auf die Temperatur $t_b$ und den Wärmeinhalt $i_b$ racht, vgl. Abb. 4. Die innere Leistung $N_i$ ergibt sich

$$A N_i = G_1 (i_1 - i_2) + G_2 (i_b - i_3)$$
$$= E (i_1 - i_2) + G_2 (i_1 - i_3 + Q_b) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (38).$$

ter $Q_b$ ist die für 1 kg Dampf zuzuführende Zwischen-rhitzungswärme zu verstehen.

Zur Bestimmung der verfügbaren Arbeit muß man von lu Zustand der einzelnen abgegebenen Dampfmengen aus-ien. Der Verlust beträgt für die Dampfmenge $E$

$$\text{Verl.}\,(E) = E (i_2 - i_2^0) , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (39)$$

il für die Dampfmenge $G_2$

$$\text{Verl.}\,(G_2) = G_2 [(i_3 - i_3^0) - (i_{b_3} - i_{23})] \quad . \quad . \quad . \quad (40),$$

i hierfür wiederum nur die durch Reibung und andere htumkehrbarkeiten, nicht aber die durch Zwischen-rhitzung hervorgerufene Entropievermehrung maß-end ist. Fügt man die beiden Verlustglieder gemäß ) und (40) zu (38) hinzu, so erhält man für die ver-bare Arbeit

$$A N_0 = E (i_1 - i_2^0) + G_2 [(i_1 - i_3^0) + Q_b - (i_{b_3} - i_{23})] \quad (41).$$

Dse Gleichung läßt sich, indem man für die Ausgangs-nbate $i_1 - i_3^0 = H_0$, sowie $i_1 - i_2^0 = H_{01}$ und $i_2^0 - i_3^0 = H_{02}$ schreibt, auf die Form bringen

$$A N_0 = G_1 H_{01} + G_2 [H_{02} + Q_b - (i_{b_3} - i_{23})] \quad . \quad (41a).$$

In Ergänzung des weiter oben behandelten Beispiels se angenommen, daß die Dampfmenge $G_1 = 50$ t/h bei 10 at abs und $t_1 = 470\,°$ eingeführt, die Dampfmenge E : 20 t/h bei 5 at abs entnommen werde; für den Nieder-

druckteil verbleibt somit $G_2 = 30$ t/h. Um überflüssig große Zahlen zu vermeiden, werde in Tonnenkalorien (tcal) gerechnet.

Aus Gl. (38) ergibt sich

$$A N_i = 50 \cdot 115{,}5 + 30 \cdot 157 = 10485 \text{ tcal/h}.$$

Für die verfügbare Arbeit erhält man aus (41)

$$A N_0 = 20 \cdot 165 + 30 (321{,}5 + 59{,}5 - 35) = 13\,680 \text{ tcal/h}.$$

Damit ergibt sich $\varepsilon_i = 0{,}77$.

**Zweimalige Zwischenüberhitzung mit Entnahme**

Nach Abb. 7 ist die verfügbare Arbeit

$$A N_i = G_1 (i_1 - i_2) + G_2 (i_b - i_3) + G_3 (i_c - i_4) \; . \quad (42).$$

Dabei ist $G_1 - E_1 = G_2$ und $G_2 - E_2 = G_3$. Für die Zwischenüberhitzungswärmen $Q_b$ und $Q_c$, bezogen auf 1 kg Arbeitsdampf, bestehen auch hier die Beziehungen (33) und (34); infolgedessen läßt sich (42) auch in der Form schreiben:

$$A N_i = E_1 (i_1 - i_2) + E_2 (i_1 - i_3 + Q_b) + G_3 (i_1 - i_4 + Q_b + Q_c) \quad (42a).$$

Die Verluste für die einzelnen abgegebenen Dampfmengen $-E_1$ gelangt beim Druck $p_2$, $E_2$ beim Druck $p_3$, $G_3$ beim Druck $p_4$ in die „Umgebung" — betragen:

$$\left.\begin{aligned} \text{Verl.}\,(E_1) &= E_1 (i_2 - i_2^0) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ \text{Verl.}\,(E_2) &= E_2 [(i_3 - i_3^0) - (i_{b_3} - i_{23})] \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \\ \text{Verl.}\,(G_3) &= G_3 [(i_4 - i_4^0) - (i_{b_4} - i_{24}) - (i_{c_4} - i_{34})] \quad . \end{aligned}\right\} \quad (43).$$

Daraus ergibt sich für die verfügbare Arbeit

$$A N_0 = A N_i + \Sigma \text{Verl.}$$

$$A N_0 = E_1 (i_1 - i_2^0) + E_2 [(i_1 - i_3^0) + Q_b - (i_{b_3} - i_{23})]$$
$$+ G_3 [(i_1 - i_4^0) + Q_b - (i_{b_4} - i_{24}) + Q_c - (i_{c_4} - i_{34})] \quad (44).$$

Für $E_1 = E_2 = 0$ und $G_1 = G_2 = G_3 = G$, also $L_0 = \frac{N_0}{G}$ geht (44) in (37) über.

In allen Fällen werden die entwickelten Beziehungen für die verfügbare Arbeit durch die meist geringfügigen Verluste, die in der eigentlichen Maschine durch Leitung und Strahlung nach außen entstehen, nicht beeinflußt.

[B 2539]

---

## Löschen des Schaltlichtbogens mit Druckluft
### (Druckluftschalter)

Die Bestrebungen, das Öl als Isoliermittel im Leistungs-chalter für Hochspannung durch einen nicht brennbaren ür nicht explosiblen Stoff zu ersetzen, sind fast ebenso alt wie der Ölschalterbau selbst. Es sind aber erst in der letzten Zeit wirklich leistungsfähige Ersatzbauarten ge-schaffen worden, wie der von *Slepian*[1]) angegebene De-Jon-Schalter und der Druckluftschalter, über den *Biermanns* und *Kesselring* am 28. Mai 1929 im Elektrotechnischen Verein Berlin berichtet haben.

Die Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft hat nach Angaben von Prof. *Ruppel*, unterstützt durch Versuche in ihrem Hochleistungsprüffeld, einen Druckluftschalter ent-wickelt, mit dem man schon in der ersten reihenmäßigen Ausführung Abschaltleistungen bis zu 500 000 kVA erreicht hat.

Das Kathodenstrahloszillogramm des Abschaltvor-ganges bei Kurzschluß in einem Wechselstromnetz zeigt, daß im Augenblick der Unterbrechung des Kurzschluß-stromes die Spannung in Form einer hochfrequenten Schwin-gung von der Lichtbogenspannung zur normalen Netz-spannungskurve übergeht. Die Frequenz der Übergangs-schwingung ist durch Induktivität und Kapazität des im Augenblick der Unterbrechung an den Stromerzeuger an-geschlossenen Netzgebildes bestimmt. Der Aufstieg der Schwingung bis zum Wert der normalen Spannungskurve nach der Stromunterbrechung vollzieht sich in der meß-baren Zeit $\tau$, deren Größe für Stromerzeuger zu rd. 10 $\mu$s, für Umspanner zu rd. 25 $\mu$s durch Versuche bestimmt wor-den ist. Angeschlossene Netzteile können $\tau$ bis zu 1000 $\mu$s erhöhen. Drosselspulen für Kurzschlußbegrenzung setzen $\tau$ infolge ihrer verhältnismäßig hohen Induktivität unabhängig von ihrer Anordnung im Schaltbild auf wenige $\mu$s herab.

[1]) Journ. Am. Inst. El. Engrs. Bd. 48 (1929) S. 93 und Z. Bd. 73 (1929) Nr. 1, S. 1287 (*Niethammer*).

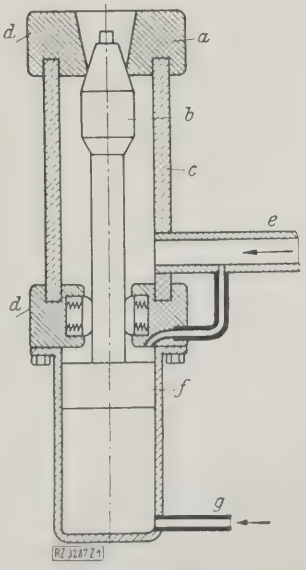



**Abb. 1**
Vereinfachter Schnitt eines Druckluftschalters der AEG.

*a* feststehender Schalterteil, als Düse ausgebildet
*b* beweglicher Schalterteil
*c* Isolierzwischenstück
*d* Stromzuleitungen
*e* Druckluftzufuhr zum Ausschalten
*f* Antriebkolben
*g* Druckluftzufuhr zum Einschalten

Während dieser Zeit $\tau$ ist die Schaltstrecke im Schalter nahezu strom- und spannungslos, vorausgesetzt, daß die Unterbrechung des Stromes beim Nulldurchgang erfolgte. Gelingt es, in dieser Zeit die dielektrische Festigkeit der Schaltstrecke wieder herzustellen, so sind Rückzündungen unmöglich. Erschwert wird die Wiederherstellung der Spannungsfestigkeit durch das Glühen der Kathode und die dadurch bedingte Ionisierung der Unterbrechungsstelle.

Prof. *Ruppel* hat nun vorgeschlagen, die Schaltstrecke durch Einblasen von Druckluft von Ionen zu reinigen. Der

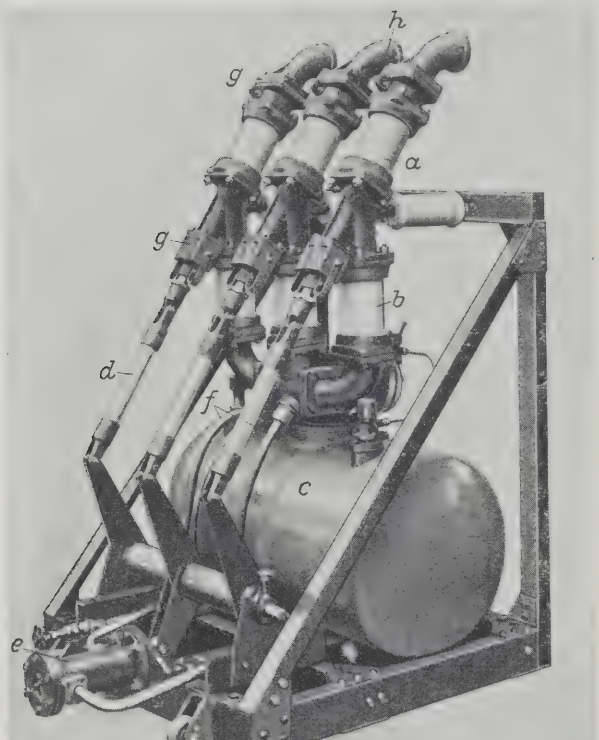



**Abb. 2.** Dreipoliger Druckluftschalter der AEG für 10 kV Nennspannung, Abschaltleistung rd. 500 000 kVA.

*a* Schaltkammer
*b* Isolierstücke in der Luftleitung
*c* Druckluftbehälter
*d* Schaltgestänge
*e* Schaltzylinder zum Ein- und Ausschalten
*f* Luftleitungen
*g* Stromanschlüsse
*h* Luftaustritt

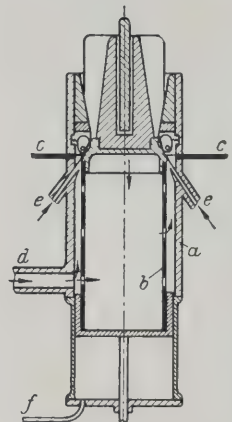



**Abb. 3**
Vereinfachter Schnitt eines Druckluftschalters der SSW.

*a* Feststehender Schalterteil
*b* beweglicher Schalterteil
*c* Stromzuleitungen
*d* Lufteintritt zum Ausschalten
*e* Zusatzdüsen
*f* Lufteintritt zum Einschalten

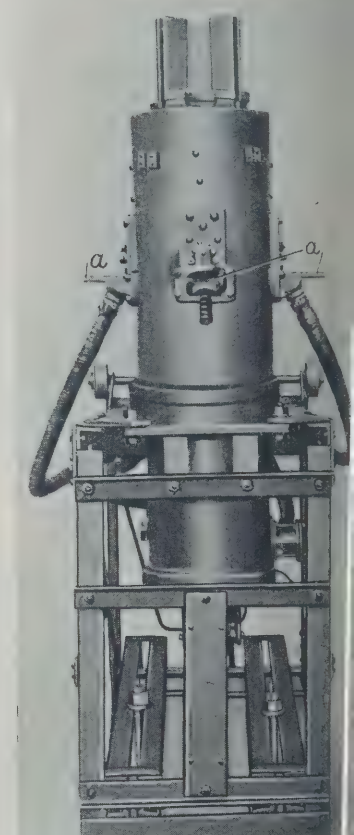



**Abb. 4**
Versuchsausführung eines Druckluftschalters der SSW für 30 kV mit Zusatzdüsen *a*.

Gedanke an sich ist nicht neu, jedoch sind frühere Versuche ohne Erfolg geblieben. Die Haupterfordernisse für einen solchen Schaltapparat sind: Symmetrische Anordnung der Elektroden zum Luftstrahl, damit der Lichtbogen nicht ausweichen kann, und Verlegung der glühenden Kontaktstellen in den Bereich größter Luftgeschwindigkeit.

Das Grundsätzliche der Anordnung gibt Abb. 1 wieder: Ausführung der Schaltstücke in Form einer Düse, Stromzufuhr zum beweglichen Teil über Schleifkontakte, Ein- und Ausschalten durch Einwirkung von Druckluft auf einen beweglichen Kolben. Die Düse muß so ausgebildet sein, daß Wirbel möglichst vermieden werden. Die günstigste Stellung des beweglichen Teiles zum Luftstrom läßt sich durch Versuche ermitteln. Die Luftgeschwindigkeit beträgt 300 bis 500 m/s, wenn man die Lufttemperatur zu rd. 20 ° annimmt. Da die beim Abschalten freiwerdende Arbeit die Luft auf mehrere 1000 ° erhitzen kann, ist eine erhebliche Steigerung der Luftgeschwindigkeit möglich. Im Vergleich zu diesen Werten ist die Ionengeschwindigkeit, die bei einer Feldstärke von 10 kV/cm zu rd. 23 m/s angenommen werden kann, gering. Da bei höherem Luftdruck auch die dielektrische Festigkeit der Luft zunimmt, steigt die Leistungsfähigkeit des Schalters mit dem Luftdruck. Stickstoff verhält sich wie atmosphärische Luft.

Bei Reihenversuchen an einem einpoligen Schalterelement sind Drücke zwischen 5,5 und 15 at verwendet worden. Die Schaltleistung betrug dabei 77 000 bis 265 000 kVA bei 9600 bis 17 000 V und 8000 bis 15 600 A. Die Unterbrechung erfolgte in 1 bis 1,5 Halbperiode. Der Schaltvorgang ist von einem starken Geräusch begleitet. Es empfiehlt sich deshalb, die Abluft in einen Kamin münden zu lassen.

Abb. 2 zeigt das Äußere eines dreipoligen Schalters der Reihe 10. Die Schaltkammern sind um 45 ° geneigt; die Druckluft strömt aus dem unten liegenden Kessel durch die senkrechten Isolierstutzen zu. Der Betätigungszylinder sitzt vorn unten. Sein Kolben ist mit dem beweglichen Schalterteil durch ein Isolierzwischenstück verbunden. Das Ein- und Ausschalten kann durch Fernbetätigung erfolgen. Der Platzbedarf ist fast der gleiche wie bei einem Ölschalter der gleichen Reihe mit Antrieb. Die Anordnung im Schalthaus kann grundsätzlich die gleiche sein wie beim Ölschalter, jedoch sind Explosionskammern, Ölgruben und Durchführungen überflüssig. Auch die Verlegung der Schalterkammern an die Gebäudeaußenwand ist nicht n erforderlich. Dagegen müssen Abzugschächte über Dach geführt werden. Ein besonderes Anwendungsge dürfte dem Druckluftschalter bei gekapselten Hochsp nungsschaltanlagen[2]) offenstehen, wenn es gelingt, starke Geräusch beim Schalten zu unterdrücken.

*Kesselring* berichtete über die Entwicklung eines Dr luftschalters bei den Siemens-Schuckertwerken. Grunds lich ist man hier den gleichen Weg gegangen. Die führung vermeidet die Schleifkontakte am beweglic Schalterstück durch Verlegung der Trennstelle in düsenartigen Teil. Zusatzdüsen sollen bei hohen Span gen eine verstärkte Blaswirkung erzielen und ein Ste bleiben des Lichtbogens verhindern. Die Luftgeschwin keit beträgt rd. 900 m/s bei einem Druck von rd. 6 at, Abschaltleistung rd. 180 000 bis 200 000 kVA ohne 400 000 bis 500 000 kVA mit Zusatzdüsen. Auch bei di Ausführung ist der Schaltvorgang von starkem Getöse gleitet.

Abb. 3 gibt das Grundsätzliche des Schalters wi Abb. 4 die Ansicht der Versuchsausführung.

In Weiterentwicklung des Druckluftschalters haben Siemens-Schuckertwerke einen Schalter ausgeführt, bei im Augenblick des Abschaltens eine nicht brennbare, is rende Flüssigkeit durch den Lichtbogen zum Verdam gebracht und der Dampf zum Löschen des Lichtbogens nutzt wird. Ein solcher Schalter braucht also keine sondere Anlage zur Druckluftерzeugung. Durch geeig Kondensationseinrichtungen wird die verdampfte Flü keit zurückgewonnen. Ein besonderer Vorteil dieser führung soll die erhebliche Verringerung des Aussch geräusches sein.

Die mit den Erstausführungen der Druckluftsch erzielten Abschaltleistungen sind überraschend groß. V auch solche Schalter kaum für die höchsten Spannunge baut werden dürften, so ergibt sich doch bei ihrer Be rung im praktischen Betriebe ein großes Anwendungsg im Bereich der Mittelspannungen. Wenn es gelingt, Ölschalter in Mittelspannungsnetzen durch den Luftsch zu ersetzen, so würde man dadurch eine erhebliche fahrenquelle in Großkraftanlagen vermeiden.

[M 3287] — *a*

[2]) Vergl. S. 1445 dieses Heftes.

# Das Bauwesen in der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken

*Von Ing. B. BARSKY, Moskau, Vorsitzendem des Bau-Komitees des Obersten Volkswirtschaftsrats*

*Das vom Rätekongreß der U. d. S. S. R. aufgestellte Bauprogramm für fünf Jahre im Werte von 50 Milliarden Rubel hat besondere Maßnahmen notwendig gemacht, die den Mangel an Baustoffen beseitigen und das Fehlen von praktischen Erfahrungen im neuzeitlichen Bauwesen aufwiegen sollen. Diese Maßnahmen erstrecken sich auf Gründung von Entwurfbureaus mit der Aufgabe der Typisierung der Bauten, Aufstellung neuer Bauvorschriften, Verwendung von Baumaschinen, Anbahnung von Untersuchungen über das Bauen im Winter Vermehrung der Zahl der städtischen Bauunternehmungen, Förderung der Herstellung von Baustoffen, Aufstellung eines Planes zur Umgestaltung des technischen Studiums, Heranziehung ausländischer Fachleute. Ing. P. Barsky, Moskau, berichtet über den gegenwärtigen Stand der damit verbundenen Arbeiten.*

ie Industrialisierung der Volkswirtschaft in d Union der Sozialisti-en Sowjet-Republiken ordert eine gewaltige Tätigkeit. Die Grundlie dieser Entwicklung, d fünfjährige Wirtschaftsplan, wurde im Mai d J. von dem 6. Rätekongreß einstimmig bestigt. Der Gesamtentwurf dieses Planes, dessen Afstellung gegenwärtig d Aufmerksamkeit der gamten sowjetrussischen Öentlichkeit auf sich kt, sieht ein fünfjähries Bauprogramm im Werte von 50 Milliarden Rubel vor, v denen 17 Milliarden auf Industriebau entfallen. Wenn den Umstand berücksichtigt, daß im kaiserlichen land die Entwicklung des eigentlichen Industriebaues erst knapp vor dem Weltkriege begonnen hat d bald darauf infolge des Krieges und der Revolution zum Jahre 1926 unterbrochen wurde (die Zeit von 12 bis 1926 war ausschließlich dem Wiederaufbau der i Welt- und Bürgerkriege zerstörten Industrie gewidt), so tritt die ganze Größe dieses Programmes besonds klar zutage.

Für richtige Lösungen aller mit diesem gewaltigen ne verbundenen Aufgaben war eine ins einzelne gehende Untersuchung und strenge Kritik unserer gegenwärtigen Bautätigkeit erforderlich. Die hierbei gewonnenen Folgerungen sollten für die Festlegung der weiteren Entwicklung d Bautätigkeit maßgebend sein. Mit der ihr eigenen Entschlossenheit führte die Regierung der Union d. S. S. R. diese Prüfung des gesamten Bauwesens durch und stellte vor allem eine außerordentliche Verteuerung der Bauarbeiten fest. Diese Verteuerung beträgt im Durchschnitt 75 vH, für manche Arbeitsgebiete sogar 100 vH. Eine Verteuerung um 100 vH erfuhren auch beinahe alle Baustoffe, mit Ausnahme von Eisen und Zement, deren Preise „nur" um 46 vH gestiegen sind. Es muß aber hinzugefügt werden, daß die Güte der Baustoffe den neuzeitlichen Anforderungen nicht immer entspricht, und daß die Herstellung für den stetig wachsenden Verbrauch der Bauindustrie nicht genügt. Im laufenden Jahr rechnet man mit bedeutendem Mangel an wichtigsten Baustoffen; z. B. fehlen

für Zement 15 vH des Bedarfes,
„ Ziegel 18 „ „ „ „
„ Eisen 25 „ „ „ „ .

Entsprechend dem Gesamtwert der diesjährigen Bautätigkeit von 5 Milliarden Rubel, von denen etwa 1,9 Milliarden Rubel auf Industriebauten entfallen, erscheint dieser Baustoffmangel sehr schwerwiegend. Ein weiteres Erschwernis bilden noch der Mangel an geeignetem technischen Personal sowie die fehlenden praktischen Erfahrungen im modernen Bauwesen (eine Folge der vorwiegend theoretischen Einstellung unserer Hochschulen). Die Beseitigung dieser Mängel erforderte eine Reihe von Maßnahmen, die ich hier erläutern werde.

### Das Problem des Entwurfes

Die mangelnde Erfahrung unserer Ingenieure im Entwurf großer Werkanlagen hatte zur Folge, daß die Entwürfe nur mit großen Verspätungen fertiggestellt wurden, oft ungenügend durchgearbeitet waren und bedeutende Änderungen schon im Verlauf des Baues erforderlich machten. Zwecks Rationalisierung der Entwurfsarbeiten wurden im vorigen Jahre staatliche Entwurfbureaus für sämtliche Industriezweige gegründet. Es ist selbstverständlich, daß diese neugegründeten Entwurfbureaus nicht in der Lage waren, schon im Laufe eines Jahres eine wesentliche Verbesserung der Entwürfe herbeizuführen; jedoch ermöglichten sie eine Zusammenfassung der besten Fachleute einzelner Industrien und die Schaffung von technischen Archiven, deren Vorhandensein das Studium der bisherigen Bautätigkeit erleichterte. An den Arbeiten dieser Institute nahmen sowohl die europäischen als auch die amerikanischen Fachleute teil; so hat z. B. das Bureau für Entwurf von Hüttenwerken und Maschinenbaufabriken „GIPROMES" einen Vertrag mit der amerikanischen Gesellschaft Freyn Co. abgeschlossen, die uns 30 Fachleute zur Verfügung stellte. Dank liebenswürdiger Unterstützung von Prof. *Kleinlogel*, Darmstadt, war es uns möglich, mehrere deutsche und österreichische Fachleute für die Arbeit in der U. d. S. S. R. zu gewinnen.

Eine der wichtigsten Aufgaben der neuorganisierten Entwurfbureaus ist die Typisierung unsrer Bauten, da eine solche Typisierung durch den Umfang unsrer Bautätigkeit außerordentlich begünstigt wird. Bei gleichzeitigem Bau von fünf bis sechs Zementfabriken, mehreren Ziegeleien und einigen einander ähnlichen Hütten-, Textil- und Elektrizitätswerken gewinnt die Typisierung der Bauten eine immer größere Bedeutung und ergibt viele wesentliche Vorteile: so z. B. schnelle Fertigstellung der Entwürfe, Vereinheitlichung der Baustelleneinrichtung und des Baubetriebes.

### Neue Bauvorschriften

Die Vorschriften und die gegenwärtig gültigen Industriebau-Normen können als sehr veraltet angesprochen werden. Aus diesem Grunde schritt man im Jahre 1928 an die Ausarbeitung von neuen Bauvorschriften. Alte Normen sind zum größten Teil den alten deutschen Bauvorschriften entnommen und zeichnen sich durch hohe Sicherheitszahlen und Amortisationsfristen aus, so daß ein Mißverhältnis zwischen der Lebensdauer der Bauwerke und der eingebauten Fertigungseinrichtungen entsteht. Die rasche Entwicklung der neuzeitlichen Technik erfordert wiederholte Erneuerung der Industriewerke, so daß sich Monumentalbauten als ein Hindernis der industriellen Rationalisierung erweisen. Oft kann man beobachten, daß sich eine Erneuerung nach den bestehenden Bauwerken und nicht nach den letzten Forderungen der modernen Technik richtet. Diese Umstände bewogen uns, sowohl in bezug auf die technischen Normen, als auch in bezug auf die Festsetzung der Lebensfrist von Industriebauten dem amerikanischen Beispiel zu folgen, da unseres Erachtens, gerade diese Fragen in Amerika am zweckmäßigsten gelöst sind. Unter diesem Gesichtspunkte änderten wir unsere Baunormen und führten manche Erleichterungen noch vor dem Inkrafttreten der neuen Bauvorschriften durch. Es ist selbstverständlich, daß auch die neuen Bauvorschriften nicht imstande sind, die Gesamtheit der Normungsfragen zu erfassen und zu lösen. Aus diesem Grunde ist es erforderlich, die ganze Aufmerksamkeit unserer bautechnischen Forschungsinstitute sowohl auf das Problem neuartiger Konstruktion als auch auf die Erforschung neuer Baustoffe zu lenken. Eine weitgehende Vergrößerung der bestehenden bautechnischen Laboratorien, bedeutende Geldbeträge für Versuchsbauten gestatten, das Studium zufriedenstellend zu organisieren.

Ein Sondergebiet stellt die Lüftung der Werkanlagen dar. Deutschland und Amerika begnügen sich vorwiegend mit der natürlichen Lüftung, die unseres Erachtens, besonders mit Rücksicht auf die klimatischen Verhältnisse der U.d.S.S.R., nicht ausreicht. Die Entwicklung der Lüftungsanlagen in der U.d.S.S.R. wird besonders gefördert, was ja mitunter zu großen, nicht immer berechtigten Ausgaben führt. Aus diesem Grunde versucht man jetzt, ein solches Lüftungssystem zu schaffen, das bei einem zweckmäßigen Nebeneinanderarbeiten der natürlichen und künstlichen Lüftung ein Mindestmaß an Baukosten beanspruchen dürfte, zugleich aber ständige Erhaltung der frischen Luft in den Fertigungsräumen gewährleistet.

### Organisation der Bauarbeiten

Als brennende Frage unserer Bautätigkeit kann jene der richtigen Organisation der Bauarbeiten bezeichnet werden. Der Mangel an entsprechenden Erfahrungen in der früheren Tätigkeit unserer Ingenieure führt zu einer unzulässigen Verlangsamung der Bauvorgänge und einer unwirtschaftlichen Verwendung der Arbeitskräfte und Baumaschinen. Die Leistung der Baumaschinen erreicht mitunter nur 30 vH der zugesicherten Leistungsfähigkeit. Der Verbrauch an Baustoffen ist auch unverhältnismäßig groß, was zum Teil auf die bei uns übliche Verzettelung der Baustoffbeschaffung zurückzuführen ist. Die Bereitstellung der Baustoffe, Fertigstellung einzelner Konstruktionsteile, Herstellung von Mörtel, Beton usw. erfolgen auf den einzelnen Baustellen und erfordern eine rechtzeitige Anschaffung des jährlichen Baustoffbedarfes und seine Unterbringung auf dem Bauhof. Die Mischanlagen, Prüfungslaboratorien, Biegemaschinen mit Schmieden und Werkstätten werden ebenfalls getrennt für jeden größeren Bau angelegt. Diese Arbeitsweise kann nur zum Teil durch die Ausdehnung des Landes erklärt werden.

In den größeren Städten ist die Zusammenfassung der Baustoffbereitstellung durchaus möglich, so daß unser Bestreben dahin geht, auf der eigentlichen Baustelle nur den Zusammenbau der vorher fertiggestellten Konstruktionsteile vorzunehmen. Für die übrigen Baustellen wird nunmehr eine umfassende und rechtzeitige Vorbereitung der Baustelleneinrichtung und sorgfältige Organisation des Baubetriebes gefordert. Um deutsche Erfahrungen auf diesem Gebiet anzuwenden, luden wir mehrere deutsche Fachleute als Baubetriebsleiter nach Rußland ein.

Eine besondere Beachtung verdient die Frage der Mechanisierung unserer Baustellen. Die richtige Verwendung von Baumaschinen und die größte Ausnützung ihrer Leistungsfähigkeit ist bei uns bisher noch nicht erreicht. In unseren bautechnischen Fachkreisen machen sich zwei Standpunkte bemerkbar, von denen der eine die amerikanischen Erfahrungen als Richtlinien für unsere Bautätigkeit in Vorschlag bringt, wohingegen der andre sich nach dem deutschen Vorbild richtet. Meine, wenn auch kurze, Bekanntschaft mit der deutschen Bautätigkeit bewog mich, mich für den letzteren Standpunkt zu entscheiden, da meines Erachtens deutsche Erfahrungen unseren Verhältnissen am meisten entsprechen. Ich entschloß mich daher, auch in diesem Falle vorwiegend deutsche Fachleute für die Mitarbeit an den Mechanisierungsarbeiten zu gewinnen.

Auf dem Gebiete des Baumaschinenwesens steht noch eine große Arbeit bevor, da der Umfang unserer Bautätigkeit und die Notwendigkeit, ihr Tempo zu beschleunigen, eine gute maschinelle Ausrüstung erfordern.

### Bautätigkeit während der Frostperiode

Die Möglichkeit der ununterbrochenen Bautätigkeit während des ganzen Jahres spielt bei uns angesichts der ungünstigen klimatischen Verhältnisse vieler Gebiete (Nordwest-Gebiet, zentrales Industrie-Gebiet, Ural, Sibirien), wo der Winter oft fünf bis sieben Monate und mehr dauert, eine außerordentlich wichtige Rolle. Bisher hält man die Heizung der Bauräume für die einzig mögliche Art der Bauausführung während des Winters. Dieses Verfahren ist sehr teuer, lohnt sich jedoch, wenn eine schnelle Fertigstellung des Bauwerkes gefordert wird. Der diesjährige strenge Winter in Europa zeigte, wie wenig die deutschen Baustellen gegen Frost geschützt sind, wen auch die diesjährigen Temperaturverhältnisse, verglich mit den unsern, noch immer als günstig anzuspreche sind. Eine zweckmäßige Lösung dieser Aufgabe dürf unsere Bautätigkeit wesentlich verbilligen und beschleunige

### Staatliche Bauunternehmungen

Um die Verwirklichung des erwähnten Bauprogramm sicherzustellen, ist es erforderlich, die Anzahl der b stehenden staatlichen Bauunternehmungen noch mehr z vergrößern. Die bisher stark verbreiteten Bauausführu gen in eigener Regie sollen im Laufe der nächsten Ze durch Vergebung der Bauarbeiten an staatliche Sonde unternehmungen ersetzt werden. Im laufenden Jahr e reicht das Bauvorhaben dieser Unternehmungen ein Wert von etwa 500 Mill. Rbl. Wir halten es für erforde lich, die Zahl dieser Unternehmungen so zu vergrößer daß sie ein Bauvorhaben im Werte von 1 Milliarde Rb bewältigen können. Zu diesem Zwecke ist ein zahlreich technisches Personal erforderlich. Die Schwierigkeit d Personalbeschaffung wird zum Teil dadurch behoben, d die Erfahrungen in den einzelnen Sonderunternehmung zusammengefaßt werden.

### Baustoffe

Die Entwicklung der gesamten Bautätigkeit (Industri bau, Eisenbahnbau, Wohnungsbau usw.) bedingt ei außerordentliche Steigerung des Baustoffverbrauches. I Jahre 1928 machte sich ein starker Mangel an Zeme Ziegeln, Eisen usw. bemerkbar. Die Baustoffindust blieb bis zum Jahre 1928 am meisten zurück und erfo derte sehr bedeutende Kapitaleinlagen, um den Anfor rungen der wachsenden Bautätigkeit einigermaßen en sprechen zu können. Die staatlichen Kapitaleinlagen h trugen im Jahre 1928 60 Mill. Rbl., im Jahre 1929 100 Mi Rbl. und sind für die nächsten fünf Jahre mit 700 Mill. R veranschlagt. Eine solche Kapitalsteigerung, zu der no private und genossenschaftliche Kapitaleinlagen hinz zufügen sind, ergibt eine Vergrößerung der Zeme erzeugung um 300 vH, der Ziegelherstellung um 400 v usw. Die oben angeführten Beträge beziehen sich nur a die Industrie der mineralischen Baustoffe, umfassen al nicht Eisen und Holz.

Um den wachsenden Verbrauch zu befriedigen, ist Errichtung von 40 neuen Zementöfen, etwa 400 Ziegelei 150 Dachziegelfabriken und 10 Schamotteziegelfabriken forderlich. Zu diesen Neubauten kommt noch die vo ständige Umgestaltung der bestehenden Werke. Diese sich gewaltige Aufgabe wird durch den Mangel an te nischem Personal und entsprechenden maschinellen E richtungen außerordentlich erschwert. Bisher hatten v keine Fachschule für Ingenieure der Silikatindustrie u bezogen die Einrichtungen der Zement-, Ziegel- und Sch mottewerke aus dem Auslande. Der Bau von Sond maschinen für Silikatindustrie ist nunmehr in die We geleitet, und im laufenden Jahre werden die ersten Zeme öfen und andre Maschinen eigener Herstellung aufgeste Für den Bau neuer Baustoffwerke sind gleichfalls mehr ausländische Fachleute eingeladen worden. Außer Förderung der künstlichen Baustofferzeugung beginn wir, die Gewinnung von natürlichen Baustoffen zu orga sieren: von Trassen (für Zementbeimengung), Asbest ( Schieferplatten), Torf (für Isolierungen, Torfoleum), Bir stein, Tuff usw.

Die Fragen der Baustoffherstellung erfordern e ganz besondere Aufmerksamkeit, weil ein Mangel hie und schlechte Beschaffenheit eine bedeutende Verteueru der Bauwerke verursacht. Die Möglichkeit, den Bausto markt nach dem Ermessen der Regierung zu regeln, stattet uns, das diesjährige Industriebauprogramm ob Einschränkungen auszuführen, wodurch aber ein Man an Baustoffen in allen übrigen Gebieten der Voll wirtschaft unvermeidlich wird. Um sämtliche Bedürfni restlos zu befriedigen, sind außerordentliche Anstreng gen, vor allem in bezug auf eine schleunige Inbetriebnah neuer Produktionsstellen, notwendig. Unerschöpflic Rohstoffquellen der U. d. S. S. R., das Vorhandensein vie natürlicher Baustoffe werden die Bewältigung dieser A gabe trotz der vielen Schwierigkeiten ermöglichen.

### Technisches Personal

Die Heranbildung des technischen Personals bildet enfalls eine außerordentlich ernste Aufgabe. Die vorhin ewähnte geringe Entwicklung des eigentlichen Industrieues im kaiserlichen Rußland, die Unterbrechung jeglicher utätigkeit bis zum Jahre 1926, bedingte einen großen angel an erfahrenen Industriebauingenieuren. Laut Anben des Vorstandes der Hauptverwaltung für Technische chschulen, *Aralow*, ergibt sich ein Ausfall von 30 000 genieuren und 40 000 Technikern für das letzte Jahr s Fünfjahreplanes[1]), falls keine neuen Technischen Hochhulen gegründet werden. Gegenwärtig beträgt der Anteil s technischen Personals in der gesamten Industrie etwa 4 vH (in der Bauindustrie ist dieses Verhältnis noch günstiger) und wir beabsichtigen, ihn auf 1,8 vH zu erhen. Dazu ist aber die Gründung einer ganzen Reihe uer Fachschulen und Vergrößerung der bestehenden hranstalten erforderlich.

Der Umfang der Studienprogramme unserer Technhen Hochschulen steht jetzt im Mittelpunkte der öffentlhen Aufmerksamkeit. Bisher lieferten unsere Hochhulen Ingenieure mit guter Allgemeinbildung, nichtzialisierte Theoretiker, ohne genügende praktische nntnisse. Gegenwärtig strebt man aber nach der Herbildung von Ingenieuren, die nur in einem bestimmten, er nicht zu eng begrenzten Fach ausgebildet werden. Es i selbstverständlich nicht jene weitgehende Spezialisieng, wie sie in Deutschland und noch mehr in Amerika ilich ist, aber es ist immerhin die Abkehr von der bisrigen Universalvorbildung. Insbesondere für den Instriebau werden Industriebauhochschulen gegründet. r erste Versuch — Industriebauabteilung der Technihen Hochschule in Moskau — zeigte glänzende Ergebnisse d lieferte für die praktische Tätigkeit gut vorbereitete uingenieure. Außerdem beabsichtigen wir, die Studienzt der Technischen Hochschule von fünf (in Wirklichit sechs bis sieben) Jahren auf vier zu vermindern, indem r einige für das betreffende Fach überflüssige Gegennde aus dem Programm entfernen und durch andre, E. notwendigere ersetzen; so z. B. Bauwirtschaft, Bauelleneinrichtung, Mechanisierung der Bauverfahren usw. Zugleich (im Sommersemester dieses Studienjahres) ist pflichtmäßige Baustellen- und Werkpraxis eingeführt, teilweise vor dem Eintritt in die Hochschule und teilise während der Studienzeit absolviert werden soll.

Die Diplomaufgabe wird erst nach Abschluß der Bauellenpraxis gestellt. Der Umfang der Diplomarbeit war Gegenstand lebhafter Auseinandersetzungen. Bisher verlangte die Ausführung der Diplomarbeit sehr viel Zeit und Mühe (im Mittel ein Jahr), da sie etwa 10 bis 20 Bogen umfaßte und überaus sorgfältig (in Tusche und Farben) ausgeführt werden mußte. Es ist der Vorschlag gemacht worden, das System der deutschen Hochschulen, d. h. schematische Diplomarbeit, deren Fertigstellung nur sechs bis acht Wochen erfordert, anzunehmen. Dieser Standpunkt setzte sich jedoch nicht durch, und so faßten wir den Beschluß, die Arbeiten für diese Aufgabe nicht auf Kosten des Inhalts, sondern auf Kosten der Ausführungsform zu verringern, wodurch die Zeit für die Fertigstellung auf etwa ½ Jahr herabgesetzt werden soll.

Eine durchgreifende Umgestaltung der Technischen Hochschulen erfordert die Mitwirkung nicht nur pädagogischer, sondern auch praktischer Kreise; man hat daher alle Fragen dieser Umgestaltung zur Diskussion in der gesamten bautechnischen Fachwelt gestellt. Wir beabsichtigen ferner, die eingeladenen ausländischen Fachleute zur Mitarbeit an unseren Hochschulen heranzuziehen.

[1]) Industrie- und Handelszeitung vom 23. März 1929.

### Heranziehung ausländischer Fachleute

Schon aus diesem kurzen Aufsatz ersieht man mit genügender Klarheit jene großen Aufgaben, die vor der U. d. S. S. R. auf dem Gebiete des Bauwesens stehen. Wir halten es für unumgänglich notwendig, bei der Verwirklichung unseres Bauprogramms die Erfahrungen des Auslandes sowohl auf den Baustellen als auch in den Hochschulen zu verwerten. Während der deutsch-russischen Technischen Woche (Januar 1929), als mehrere deutsche Gelehrte bei uns zu Besuch weilten, haben wir die Richtlinien für die Mitarbeit der deutschen und sowjet-russischen Fachkreise festgelegt. Die vorhin erwähnten Einladungen an ausländische Fachleute für die ständige Arbeit in der U. d. S. S. R. stellen den ersten Schritt auf diesem Wege dar. Im März und April d. J. besuchten die Professoren *Kleinlogel*, *Mayer* und Dr. *Kelen* unsre Baustellen, um unsre Bautätigkeit näher kennenzulernen. Der Umfang dieser Bautätigkeit und das Vorhandensein außerordentlich beachtenswerter Ingenieurbauten, wie z. B. Dnjepr-Kraftwerk, Wolga-Don-Kanal, große Hüttenwerke usw., werden zweifellos die Aufmerksamkeit der ausländischen Fachkreise auf sich lenken.

Wir hoffen, daß es uns gelingen wird, immer mehr und mehr ausländische Fachleute für eine schaffende Mitarbeit an der Verwirklichung unserer gewaltigen Industrialisierungspläne zu gewinnen, wobei wir jedoch die vor uns stehenden Schwierigkeiten durchaus nicht verkennen.

[B 3014]

---

## lau von Gasfernleitungen in den Vereinigten Staaten

### insbesondere der Amarillo–Denver-Leitung

*Von Professor Dr.-Ing. GLINZ, Berlin*

Gasfernleitungen von 100 bis 700 km Länge sind heute den Naturgasfeldern von Texas, Oklahoma und Pennsylnien keine Seltenheit mehr. Die Arbeit beginnt mit der stlegung der Leitungsführung. Wenn irgend möglich, rd die gerade Linie gewählt. Infolge von Höhenunterschieden der Landschaft, wegen der Flüsse, Sümpfe, der ege- und Bodenbeschaffenheit und der Entfernungen, über e die Rohre geschleppt werden müssen, ergeben sich doch Abweichungen von dieser geraden Linie. Notwendig es, eine Karte anzulegen, wo alle Grundbesitzverhältse eingetragen werden, die Höhenunterschiede und die ge der Zwischenanlagen.

Bei Einräumung der Rechte zur Verlegung der Leitungen ist zu unterscheiden, ob nur eine Linie gelegt werden soll oder später noch eine oder mehrere. Für jeden neuen Rohrstrang erhält der Grundeigentümer eine vorher festgelegte Summe. Der Unternehmer muß das Recht haben, eine Telephon- oder Telegraphenleitung längs der Linie zu errichten, da die öffentlichen Leitungen dem raschen Verkehr an einzelnen Zwischenstellen untereinander nicht genügen. Ebenso muß man jede Ausbesserung oder Neukonstruktion, die für die Leitung wichtig ist, nach eigenem Ermessen durchführen können. Der Bereich einer Linie soll 3,5 m in der Breite nicht überschreiten. Für Schadenersatzansprüche, sofern sie nicht vorher geregelt werden, wird ein Schiedsgericht, bestehend aus einem Mitglied der Gesellschaft, einem Vertrauensmann des Grundeigentümers und einem Unparteiischen, der vorher ausgewählt wird, eingesetzt.

Sind Besitzer vorhanden, mit denen ein Abkommen nicht getroffen werden kann, so haben die Gesellschaften kraft Gesetzes das Recht, eine zwangsweise Verpachtung zu fordern. Die Ausübung des Rechtes auf den Leitungsweg muß genau nach den Gesetzen der einzelnen Staaten, die sich untereinander etwas unterscheiden, durchgeführt werden und wird wie ein Grundkauf gehandhabt. Der Vertrag wird beim Amte, wo der Grundeigentümer zuständig ist, abgeschlossen. Bei Kompressoranlagen tritt völliger Grundkauf ein.

Wesentlich für die Festlegung der Linie sind die Beförderungsmöglichkeiten der Rohre; man muß sie richtig entlang der Linie verteilen, damit nachher nicht unnötig Rohre bewegt werden müssen. Die Fehlerlosigkeit der Rohre muß geprüft werden. Besonders die Rohrflansche und Muffen werden sorgfältig geprüft. Im allgemeinen soll nach einer solchen Prüfung auf 10 000 Rohre nur ein fehlerhaftes Rohr kommen. Die Bedeutung einer sorgfältigen Prüfung ergibt sich auch aus dem Umstand, daß allein in Kalifornien 1925/26 etwa 1900 km schadhafte Rohrleitungen ausgebessert werden mußten (allerdings meist Ölleitungen)[1]).

Straßenkreuzungen werden am besten untertunnelt. Manchmal müssen Eisenbahnen, Straßen und Ströme über-

[1]) „Petroleum World“ 1927 S. 134.

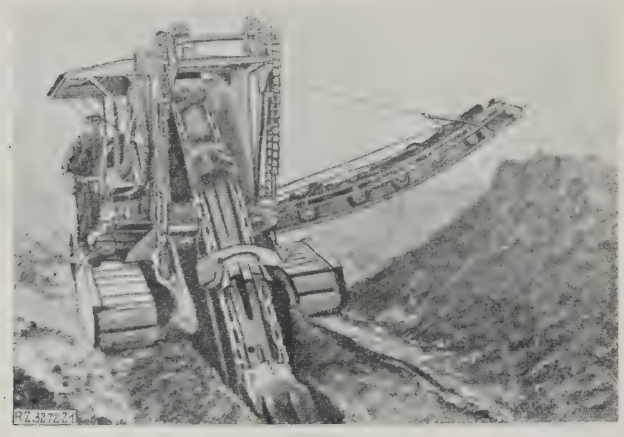


**Abb. 1**
Grabenbagger mit Eimerkette der Parsons Co., Newton, Iowa.

brückt werden. Die Linie wird eingegraben, wo Flüsse gekreuzt werden, der Grund hart ist und daher Gefahr besteht, daß die Rohre durch Eis oder hartes Gestein verletzt werden können. Schließlich muß vom Kriegsamt die Einwilligung zum Kreuzen aller schiffbaren Ströme erlangt werden.

Die Rohre für Gasleitungen müssen unbedingt gasdicht sein. Man nimmt nahtlose Stahlrohre, die bis auf 35 at Innendruck beansprucht werden und auf ungefähr 60 at geprüft sind. Die Rohrlängen betragen 6 bis 9 m, der Durchmesser schwankt zwischen 150 und 500 mm. Als Durchschnittsabstand der einzelnen Kompressoranlagen von einander kann man 80 bis 100 km annehmen. Er hängt vom Leitungsdurchmesser ab. Die Leitungen liegen in einzelnen Fällen auch frei und werden dann nur im bebauten Ackerland und in Gärten eingegraben. Die Gräben werden mittels Bagger ausgehoben. Verträge wurden abgeschlossen, denen eine mittlere Verlegegeschwindigkeit für Leitungen von 200 bis 300 mm Dmr. von 2 bis 3 km täglich zugrunde gelegt ist; verschiedentlich werden die Leitungen noch vor der vereinbarten Zeit vollendet.

Mittels des Grabbaggers der Parsons Co., Newton, Iowa, stellt man Gräben von 600 bis 1000 mm Breite und 5 bis 6 m Tiefe her. Der Bagger ist ein Eimerkettenbagger, Abb. 1, mit 500 bis 700 mm breiten Eimern, die mit Zähnen aus Chromvanadiumstahl versehen sind. Das mit den Eimern hochgeförderte Haufwerk wird auf einen Gummibandförderer ausgeschüttet, der rechtwinklig zur Eimerkette das hereingewonnene Gut entweder neben den Graben abwirft oder aber es in Wagen verladet. Das Band hat hierzu eine Höhe von 2,3 m über dem Erdboden und kann beim Fahren des Baggers an den Bagger heran und hochgeklappt werden, so daß dieser nur eine kleine Durchfahrtöffnung braucht. Das auf Raupenketten verlagerte Gerät wird durch einen 75 PS-Motor angetrieben. Die Geschwindigkeit der Eimerketten läßt sich zwischen 140 und 1340 mm/min Fördergeschwindigkeit regeln.

Eine andre Bauart wird von der Firma The Buckeye Traction Ditcher Co., Findley, Ohio, hergestellt. Der Bagger, Abb. 2, weist in die Erde einsenkbare, an einem umlaufenden Kranz befestigte Grabschaufeln nach Art der Schaufelbagger auf, wobei das gegrabene Gut an der höchsten Stelle des Kranzes nach innen abgeworfen wird.

Eine besondere Berücksichtigung verdient noch der Temperatureinfluß bei verschiedener Tiefenlage der Rohrleitung auf ihre Längenänderung. Eingegrabene Rohrleitungen haben den Vorteil, daß sie wegen der gleichbleibenden Temperatur der Erde weniger von der wechselnden Lufttemperatur abhängig sind und dadurch entstehende Spannungen vermieden werden. Im Winter ist die Temperatur in der Erde höher und im Sommer niedriger.

Versuche an einer Gasfernleitung im Panhandlefeld von Texas ergaben eine höchste Erdtemperatur von 27,5 °C bei 0,9 m Tiefe an einem Tage, wo die Lufttemperatur 31 °C betrug. Die niedrigste Temperatur der Erde im Winter betrug hier 2 °C bei einer Lufttemperatur von — 7 °C. Es ergab sich demnach ein Unterschied von 25 °C gegen 38 °C in der Luft. In Mittelkalifornien angestellte Untersuchungen ergaben, daß in einer Tiefe von 900 mm die Jahrestemperatur nicht mehr als um 10 ° schwankt. Es war daher auch möglich, eine neu geschweißte Erdgasleitung nach San Franzisko ohne Kupplungen und Ausgleichstücke zu verlegen, soweit die Leitung an einigen Flußkreuzungen nicht der Lufttemperatur ausgesetzt ist[1a]).

[1a]) Engineering News-Record Bd. 103 (1929) S. 54.

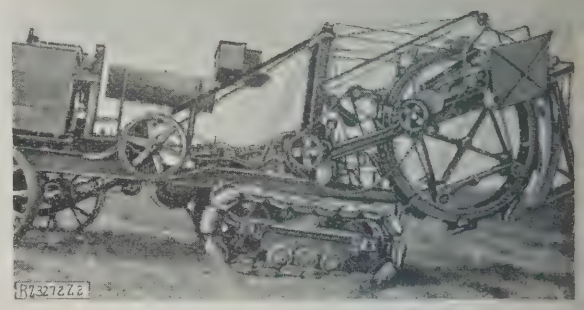


**Abb. 2**
Schaufelrad-Grabenbagger der Firma The Buckeye Traction Ditcher Co., Findley, Ohio.

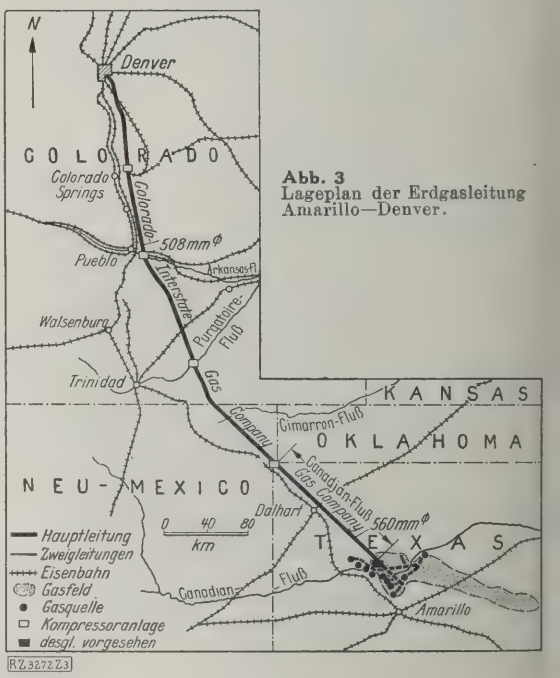



**Abb. 3**
Lageplan der Erdgasleitung Amarillo—Denver.

Für Rohrleitungen großer Länge ist ein Temperatwechsel wegen der dadurch bedingten Ausdehnungs- u Zusammenziehungserscheinungen in der Linie von gröB Bedeutung. Folgeerscheinungen sind Sprünge in den R tings, undichte Ventile und Rohrbrüche. Die Längenv änderung $e$ ist leicht zu berechnen, und zwar ist

$$e = L\,C\,(t_1 - t_2),$$

wobei $L$ die Länge der Leitung, $C$ einen Beiwert für line Ausdehnung, $t_1$ die höchste und $t_2$ die tiefste Tempera bezeichnet.

Wie diese Verhältnisse bei einer der neuesten Anla berücksichtigt sind, soll die Beschreibung der Leitung Amarillo–Denver[2]) zeigen, die von den in letzter Zeit Amerika gebauten auch die längste ist. Sie führt das Nat gas vom Amarillofeld des Texas-Panhandle-Bezirkes Stadt Denver in Colorado und der Colorado Fuel & Iron bei Pueblo zu.

Die allgemeine Lage der Rohrleitung zeigt Abb. 3. B Beginn der Rohrleitung liegt die Leitung in einer Höhe 1150 m und steigt beim Palmer Lake in Colorado auf 212 an. Nur an fünf Punkten werden Eisenbahnlinien gekre Die Gesamtlänge mit Abzweigungen beträgt etwa 620 kr

Durch Texas und den größeren Teil von Neu-Mex geht die Linie 217 km durch Sandboden. Nur an wen kurzen Stellen verhinderte Fels die Anwendung von G baggern. Im nördlichen Neu-Mexiko und südlichen Colo wurde über 65 bis 80 km Länge felsiges Gestein vulkanis Ursprungs durchquert. In diesem Teil liegen die wichtig gekreuzten Schluchten, deren Wände bei einem Einfallen mehr als 45 ° 120 bis 210 m hoch sind. Zwischen den zelnen Schluchten ist praktisch vollkommener Fels mit w oder auch ohne Erdreich. Der Rohrgraben ist hier auf

[2]) Engineering News-Record Bd. 101 (1928) S. 509.

**Abb. 4**
Unterteilung der Erdgasleitung in mehrere Stränge bei Flußkreuzungen (Leitungen etwas stromaufwärts ausgebogen).

änge in festen Fels mit 1,5 m Tiefe eingeschnitten worden. n der höchsten Stelle der Leitung liegt stark waldreiches elände, durch das auf 19,3 km eine 10 m breite Schneise eschlagen werden mußte. An andern Stellen bot das Kreun des Waldes keine besonderen Schwierigkeiten. Auf den tzten 50 km kreuzt die Rohrleitung den Cherry Creek, der r gewöhnlich ein schmales Flüßchen ist, aber durch olkenbrüche gelegentlich stark anschwillt.

Das Amarillogasfeld enthält nach Schätzung 292,5 Milarden m³ Gas, von denen täglich 21 Mill. m³ durch 30 Bohrcher zur Verfügung stehen. Die endgültige Leistungsfähigeit der Leitung wird auf 2,8 Mill. m³ täglich geschätzt. ier Kompressoranlagen befinden sich an verschiedenen unkten längs der Leitung, eine Station in der Nähe von marillo erhält 3000 PS-Maschinen. Hier soll auch eine nlage zur Entbenzinierung des Gases aufgestellt werden.

Die Amarillo—Denver Leitung hat in der Hauptleitung if 378 km Länge Rohre von 560 mm Dmr. und auf 170 km änge Rohre von 508 mm Dmr. aus Siemens Martin-Stahl. a die Leitung mehrere Flüsse durchquert, die während der assen Jahreszeit zeitweise große Mengen Wasser führen, t hier als Schutz gegen mögliche Unterbrechungen mehrch die Rohrleitung in mehrere Einzelleitungen aufgeteilt, nd zwar werden 7 und 6 Rohrleitungen mit 275 mm Dmr. enutzt, Abb. 4, die stromaufwärts ausgebogen sind, um ner Verdrängung durch die Strömung größeren Widerand zu leisten.

Mit Rücksicht auf die verwendeten Verbindungen und en Höchstarbeitsdruck war es in diesem Falle notwendig, berall auf einer Mindesttiefe der Deckschicht von 750 mm n bestehen. Dieses Mindestmaß wurde sowohl bei hartem estein, Flußbetten und Steilhängen als auch in dem weinen Prärieboden aufrechterhalten. Die Grabentiefe beägt in den meisten Fällen 1,4 m.

Abweichungen von mehr als 2 ° in irgendeiner Richng wurden nicht gestattet. Wo schärfere Biegungen notendig waren, die sich nicht mit 6 m langen Rohren ausühren ließen und die 2 °-Grenze überschritten, wurden onder-Rohrverbindungen gewählt. Um die Mindestdeckchicht von 750 mm unter Flußbett usw. aufrechterhalten n können oder zu tiefe Gräben an Schluchtwänden zu verneiden, durfte in einzelnen Fällen die ausführende Firma ie Rohre auf dem Felde im Feuer biegen und anschließend ngsam kühlen.

Unter Eisenbahnen und wichtigen Straßenkreuzungen urden geschweißte Rohrleitungen eingebaut. Die Rohrnden wurden zunächst abgekantet, geschweißt und anchließend im Felde ausgeglüht, indem man sie auf Rotglut rhitzte und dann langsam abkühlen ließ. Außerdem wurn sie mit einer zweiten 750 mm-Stahlrohrummantelung ersehen. Diese hat an den Enden 2″ weite Lüftungsröhrchen, ie bis an die Erdoberfläche reichen und daher das Entreichen von Gas bei kleinen Undichtigkeiten an Stellen estatten, an denen es kein Unheil anrichten kann. Auch nd schnelle Ausbesserungen ohne Grabarbeiten möglich.

Die meisten der Wasserläufe, die gewöhnlich vollommen trocken sind, führen kurze Zeit große Wasserengen. Es war daher notwendig, Vorsichtsmaßregeln egen etwaige Bewegungen der Rohrleitungen zu treffen. lan mußte von der gewöhnlichen Praxis, die Leitung in eton einzubetten, abweichen, da die alkalischen Wässer nd sonstige alkalische Stoffe, die gewöhnlich in großen engen in Sanden vorhanden sind, eine ungünstige Einirkung auf den Beton ausüben. Die Rohrleitungen in asserläufen wurden daher mit Gestein, das an Ort und Stelle vorhanden war, beschwert und außerdem noch an den Verbindungsstellen schwere gußeiserne Übermuffen angebracht. In einigen Fällen wurden zur Beschwerung an Stelle von Steinen Säcke, gefüllt mit Zement und Sand im Mischungsverhältnis 1 : 1, benutzt.

Wegen der ungewöhnlichen Trockenheit von großen Teilen des Landes erschien es möglich, daß Ausgaben für den Schutz der Rohrleitungen dadurch vermieden werden konnten, daß man den Grad der an den verschiedenen Stellen der Rohrleitung zu erwartenden Anfressung untersuchte. Eine derartig weitgehende Untersuchung auf wissenschaftlichem Wege über den Umfang des notwendigen Rohrschutzes für eine unterirdisch verlegte Rohrleitung ist bisher noch nicht durchgeführt worden. Bei früheren Arbeiten machte man nur chemische Analysen von Bodenproben, die in gewissen Abständen längs der Leitungsstraße genommen wurden. Die vorliegenden Untersuchungen dagegen bezogen sich sowohl auf chemische Analysen wie auch auf Feststellung der topographischen Verhältnisse.

Mit Hilfe eines 2″-Bohrers wurden Bodenproben bis zu einer Tiefe von 1,5 m an allen den Stellen längs der zu verlegenden Leitung genommen, an denen sich ausgesprochene Änderungen der topographischen Verhältnisse zeigten. In keinem Fall, auch wenn keine besonderen Oberflächenanzeichen auf einen wahrscheinlichen Wechsel hindeuteten, waren die Abstände zwischen den genommenen Proben größer als 1600 m. Die Probenehmer achteten gleichzeitig auf Änderungen des Gesteins, auf das Einfallen der Schichten, auf auffällige Oberflächenfeuchtigkeit, das Vorkommen von Wasserläufen, Seen und Talsenken, ferner die Art des Pflanzenwuchses. Durch Auswertung der so erhaltenen analytischen und topographischen Daten konnten alle Teile der Wegstrecke in bezug auf eine mögliche anfressende Wirkung auf Stahlröhren untersucht werden. Diese Untersuchungen wurden insbesondere für die schlechtesten Stellen durch verschiedene Laboratoriumsverfahren noch nachgeprüft, die vom National Bureau of Standards, der Cast Iron Pipe Research Association und der Universität von Denver vorgeschlagen waren.

Die Aufzeichnungen über die Größe der Anfressung der Rohrleitung ließen es angebracht erscheinen, auf 276 km oder 50,5 vH der gesamten Leitung eine starke Schutzschicht anzubringen und für weitere 231 km oder 42,3 vH der Leitung eine leichte Schutzschicht aufzutragen. 39,5 km oder 7,2 vH, der Leitung konnten auf Grund der Untersuchungen ohne irgendwelchen Schutz verlegt werden.

Ungefähr 2000 Wagenladungen Rohrleitungen waren erforderlich. Jede Wagenladung umfaßte 36 bis 54 Rohrstücke von je 6 m Länge. Insgesamt waren 139 Wagenladungen Kupplungen und 19 Ladungen Kupplungsbolzen, sowie mehrere Ladungen mit Schutzmasse für die Rohre notwendig. Obgleich die Rohrleitung längs der Hauptlinie der Denver-Rio Grande sowie der Fort Worth-Denver City-Eisenbahn entlang läuft, war die Anfuhr keine einfache Aufgabe. Die Wagen wurden mit der Hand an den vorläufigen Lagerplätzen entladen. Die Rohre wurden von den Lagerplätzen mittels 3 t-Schlepper, die mit besonders großen Luftreifen versehen waren, verteilt.

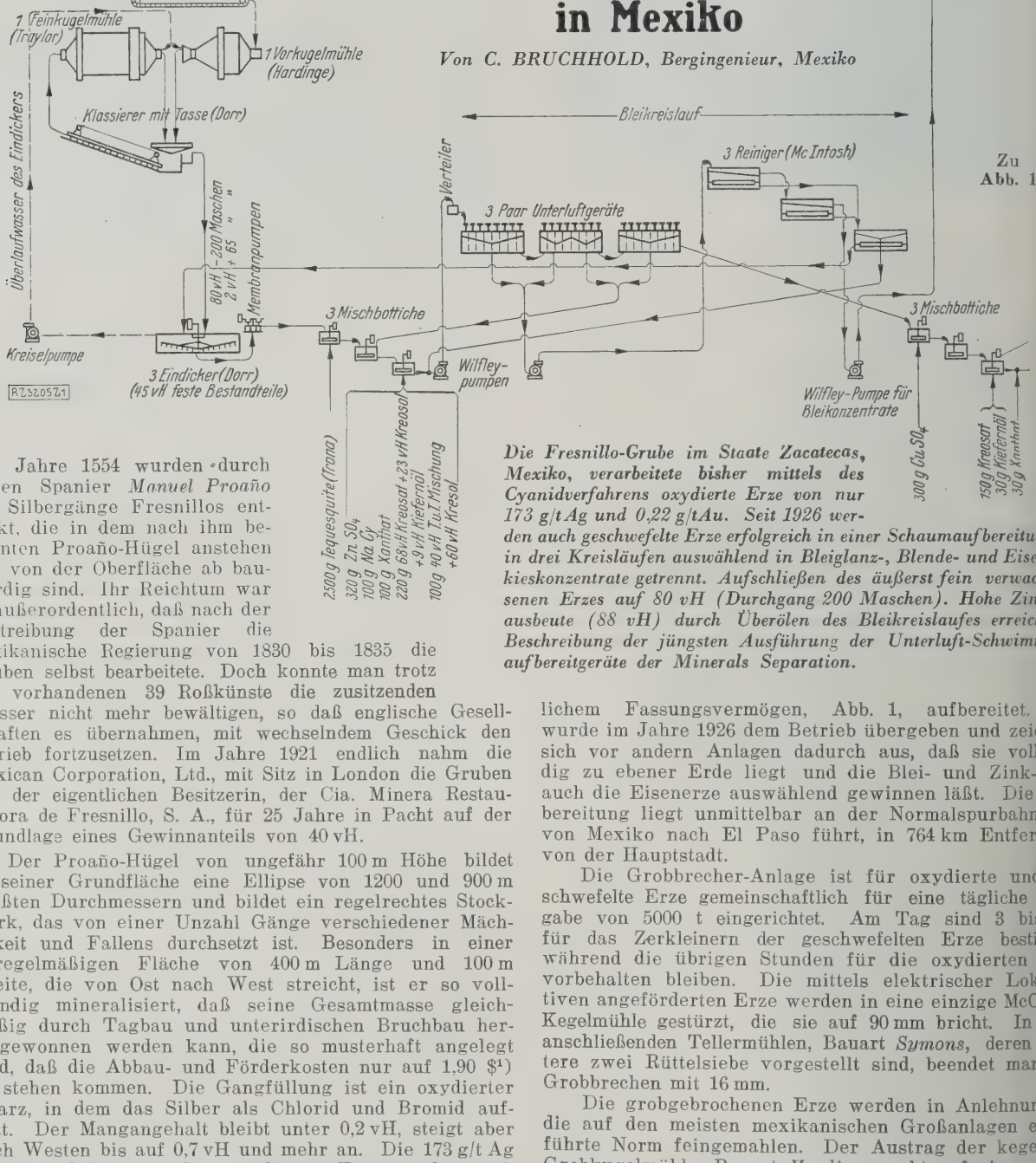
Die Grabmaschinen leisteten täglich 1600 m Graben von 1,5 m Tiefe und 66 cm Breite. Die Mechanisierung bezog sich auch auf die Anbringung der Schutzschichten auf die Rohrleitung. Es wurden eingeborene Arbeiter verwendet. Von den Firmen wurden nur Meister, Vorarbeiter und geschickte Arbeiter mitgebracht. Die Höchstzahl der beschäftigten Arbeiter betrug 2000.

Für die Hauptleitung wurden von acht Lieferfirmen Angebote für die verschiedenen Arbeiten eingereicht. Zur raschen Vollendung der Gasfernleitung war notwendig, daß die Arbeiten an verschiedenen Punkten gleichzeitig begannen. Konstruktionslager wurden im allgemeinen vermieden. Der Bau der Leitung von 620 km erforderte im ganzen nur 193 Kalendertage.

Zum Schluß sei über die Bemessung der Rohrleitungen bemerkt, daß sie der stündlichen Höchstmenge aller angeschlossenen Gasabnehmer genügen sollen. Berücksichtigt werden muß dabei, daß an kalten Tagen in gemäßigten Zonen der Gasverbrauch sich verdreifachen kann. Trotzdem nimmt man den Querschnitt der Rohrleitungen infolge der hohen Kosten so klein wie möglich; lieber leitet man das Gas unter hohem Druck, also mit großer Geschwindigkeit fort. Infolge der leichten Zusammendrückbarkeit der Gase kann auch eine vorübergehende größere Ansammlung in der Rohrleitung erreicht werden. Nach Angaben aus Pennsylvanien kostet das Verlegen einer Rohrleitung 25 000 bis 30 000 ℛℳ/km, einschließlich aller Nebenarbeiten. [M 3272]

# Auswählende Schwimmaufbereitung von Erzen in Mexiko

*Von C. BRUCHHOLD, Bergingenieur, Mexiko*




Zu Abb. 1

***Die Fresnillo-Grube im Staate Zacatecas, Mexiko, verarbeitete bisher mittels des Cyanidverfahrens oxydierte Erze von nur 173 g/t Ag und 0,22 g/t Au. Seit 1926 werden auch geschwefelte Erze erfolgreich in einer Schaumaufbereitung in drei Kreisläufen auswählend in Bleiglanz-, Blende- und Eisenkieskonzentrate getrennt. Aufschließen des äußerst fein verwachsenen Erzes auf 80 vH (Durchgang 200 Maschen). Hohe Zinkausbeute (88 vH) durch Überölen des Bleikreislaufes erreicht. Beschreibung der jüngsten Ausführung der Unterluft-Schwimmaufbereitgeräte der Minerals Separation.***

Im Jahre 1554 wurden durch den Spanier *Manuel Proaño* die Silbergänge Fresnillos entdeckt, die in dem nach ihm benannten Proaño-Hügel anstehen und von der Oberfläche ab bauwürdig sind. Ihr Reichtum war so außerordentlich, daß nach der Vertreibung der Spanier die mexikanische Regierung von 1830 bis 1835 die Gruben selbst bearbeitete. Doch konnte man trotz der vorhandenen 39 Roßkünste die zusitzenden Wasser nicht mehr bewältigen, so daß englische Gesellschaften es übernahmen, mit wechselndem Geschick den Betrieb fortzusetzen. Im Jahre 1921 endlich nahm die Mexican Corporation, Ltd., mit Sitz in London die Gruben von der eigentlichen Besitzerin, der Cia. Minera Restauradora de Fresnillo, S. A., für 25 Jahre in Pacht auf der Grundlage eines Gewinnanteils von 40 vH.

Der Proaño-Hügel von ungefähr 100 m Höhe bildet in seiner Grundfläche eine Ellipse von 1200 und 900 m größten Durchmessern und bildet ein regelrechtes Stockwerk, das von einer Unzahl Gänge verschiedener Mächtigkeit und Fallens durchsetzt ist. Besonders in einer unregelmäßigen Fläche von 400 m Länge und 100 m Breite, die von Ost nach West streicht, ist er so vollständig mineralisiert, daß seine Gesamtmasse gleichmäßig durch Tagbau und unterirdischen Bruchbau hereingewonnen werden kann, die so musterhaft angelegt sind, daß die Abbau- und Förderkosten nur auf 1,90 $[1]) zu stehen kommen. Die Gangfüllung ist ein oxydierter Quarz, in dem das Silber als Chlorid und Bromid auftritt. Der Mangangehalt bleibt unter 0,2 vH, steigt aber nach Westen bis auf 0,7 vH und mehr an. Die 173 g/t Ag und 0,22 g/t Au haltenden, oxydierten Erze werden nach dem Cyanidverfahren verarbeitet.

Während der Abbau der oxydierten Erze von der Tagesoberfläche bis auf ungefähr 270 m Teufe umgeht, gibt es noch einen nicht zu Tage anstehenden 1,5 m mächtigen Gang, Cueva Santa genannt[2]), der nur geschwefelte Erze führt. Seine Abbaue befinden sich augenblicklich zwischen der 105 und 165 m-Sohle. Ungefähr die Hälfte der Gangfüllung besteht aus geschwefelten Erzen (10 vH Bleiglanz, 11 vH Zinkblende, 2 vH Kupferkies und 25 vH Schwefelkies), während die Gangart in der Hauptsache Quarz ist. Im Vergleich zu den oxydierten Erzen ist hervorzuheben, daß der Gehalt an Edelmetallen wesentlich höher ist: 424 g/t Ag und 1,4 g/t Au. Diese Erze werden in einer Schwimmaufbereitanlage von 450 t täglichem Fassungsvermögen, Abb. 1, aufbereitet. S wurde im Jahre 1926 dem Betrieb übergeben und zeich sich vor andern Anlagen dadurch aus, daß sie vollst dig zu ebener Erde liegt und die Blei- und Zink- u auch die Eisenerze auswählend gewinnen läßt. Die A bereitung liegt unmittelbar an der Normalspurbahn, von Mexiko nach El Paso führt, in 764 km Entfern von der Hauptstadt.

Die Grobbrecher-Anlage ist für oxydierte und schwefelte Erze gemeinschaftlich für eine tägliche A gabe von 5000 t eingerichtet. Am Tag sind 3 bis für das Zerkleinern der geschwefelten Erze bestim während die übrigen Stunden für die oxydierten E vorbehalten bleiben. Die mittels elektrischer Loko tiven angeförderten Erze werden in eine einzige McCu Kegelmühle gestürzt, die sie auf 90 mm bricht. In z anschließenden Tellermühlen, Bauart *Symons*, deren l tere zwei Rüttelsiebe vorgestellt sind, beendet man Grobbrechen mit 16 mm.

Die grobgebrochenen Erze werden in Anlehnung die auf den meisten mexikanischen Großanlagen ei führte Norm feingemahlen. Der Austrag der kegeli Grobkugelmühle, Bauart *Hardinge*, geht auf einen K sierer mit Tasse Dorr, der Schlämme mit 80 vH (Du gang 200 Maschen) und 2 vH (Rückstand 65 Masch der Schaumaufbereitung übergibt und das gröbere an eine zylindrische Feinkugelmühle, Bauart *Tra* zurückfördert, die mit dem Klassierer in geschlosse Kreislauf steht. Diese Anordnung ist unzweifelhaft einfach, zeigt aber den großen Nachteil, daß der ein vorhandene Klassierer überladen ist und kein so gle mäßiges Gut abgeben kann, als wenn jede Mühle i eigenen Klassierer hätte. Ferner kann ein hohes hältnis der umlaufenden Gutmenge zur ursprüngli Aufgabe und damit bessere Leistung der Mühlen n recht ausgenutzt werden. Jedenfalls ist der neuzeitl Grundsatz vorzuziehen, die Aufgabe der Grobmi durch Zwischenschaltung eines Klassierers in offe Kreislauf zwischen jener und den Tellermühlen zu schlämmen, da dadurch ein Übermahlen in der G

[1]) Mexikanische Dollar = 2,02 ℛℳ.

[2]) Heilige Höhle, wahrscheinlich weil am Eingange eines größeren Abbaues ein Christusbild aufgehängt war.

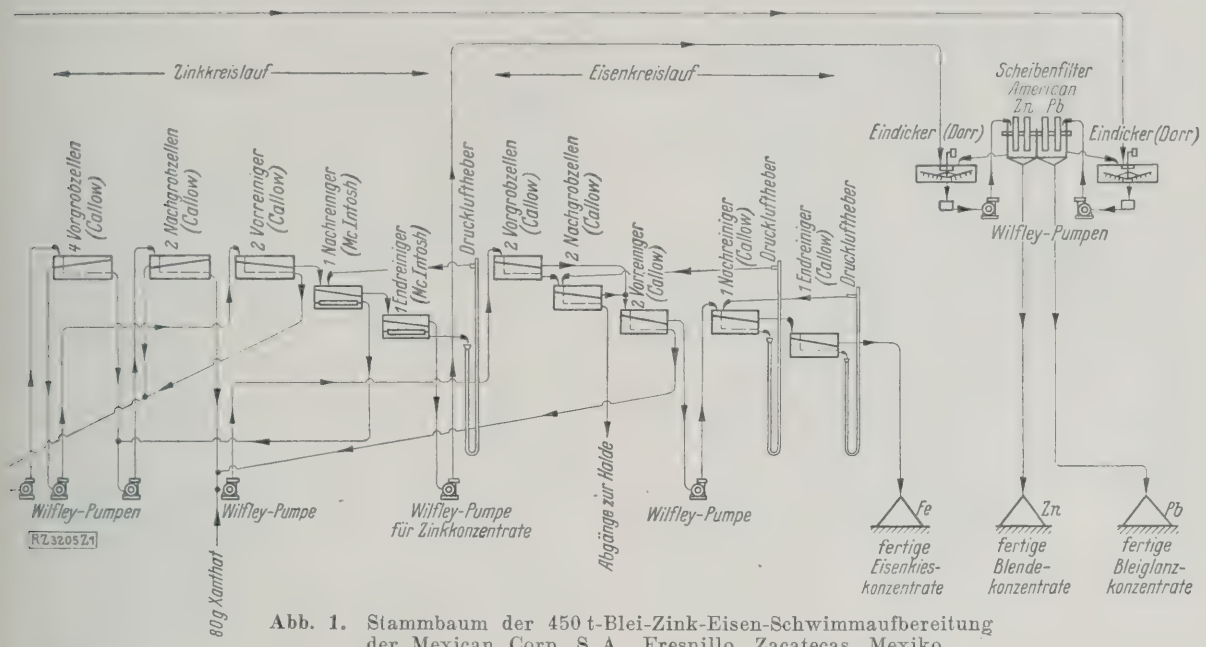



**Abb. 1.** Stammbaum der 450 t-Blei-Zink-Eisen-Schwimmaufbereitung der Mexican Corp. S. A., Fresnillo, Zacatecas, Mexiko.

mühle nach Möglichkeit vermieden, das Fassungsvermögen erhöht und die Betriebskosten vermindert werden. Der Kraftverbrauch beträgt 19,3 kWh/t Erz.

### Bleikreislauf

Bevor das Mahlgut in den Bleikreislauf eintritt, verdickt man die Trübe in drei parallel geschalteten Dorr-Eindickern auf 45 vH fester Bestandteile und hebt den Austrag der letzteren auf drei Mischbehälter. Im ersten Mischer wird die Trübe durch Zusatz von 2500 g Tequesquite[3]), bezogen auf 1 t Erz, alkalisch gemacht, und im letzten Mischer werden als unterdrückender Zusatz 230 g $ZnSO_4$ und 100 g NaCy auf 1 t Erz aufgegeben, während die fördernden Zusätze aus 100 g Xanthat, 220 g einer Mischung aus 68 vH Steinkohlenteer-Kreosot, 23 vH Kresylsäure und 9 vH Kiefernöl, und weiteren 100 g einer Mischung aus 40 vH T. u. T.-Mischung[4]) mit 60 vH Kresylsäure bestehen. Bemerkt sei hier, daß auf den meisten mexikanischen Schaumaufbereitungen der Gebrauch des Zinksulfates als überflüssig abgeschafft worden ist. Die mit den Reagenzien versehene Trübe wird nun auf Unterluftgeräten der Minerals Separation, Abb. 2, im Schwimmverfahren aufbereitet; die reicheren Konzentrate fördert man mittels Kreiselpumpen zu zwei hintereinander gestellten Reinigern, Bauart Mc Intosh, während die ärmeren Konzentrate und Zwischenstoffe der Endzellen von selber zum zweiten Mischbehälter zurückfließen, um, mit neuen Reagenzien versehen, in den Bleikreislauf zurückzukehren. Dieses Überölen ist die Ursache, daß die Zwischenerzeugnisse, worin das Zink vorwiegt, in die Abgänge gedrängt werden, und so im Zinkkreislauf die vorzügliche Ausbeute von 88 vH Zn erreicht werden kann. Die Abgänge der beiden Reiniger gehen zu einem dritten Endreiniger, Bauart Mc Intosh, dessen arme Konzentrate zum Saugrohr der Pumpe für die Unterluft-Maschinen fließen, während die zinkhaltigen Abgänge zum Eindicker zurückströmen, um in den Mischbottichen nochmals geölt zu werden.

### Zinkkreislauf

Vor dem Eintritt der Abgänge des letzten Schwimmaufbereiters für Blei in den Zinkkreislauf, fließen sie durch drei weitere, in Reihe gestellte Mischbottiche. Im ersten werden 300 g Kupfersulfat, bezogen auf 1 t Roherz, als betätigendes Reagens zugesetzt und im dritten als schaumbildendes Reagens eine Mischung aus 150 g Steinkohlenteerkreosot und 30 g Kiefernöl. Endlich läßt man noch in das Saugrohr der Kreiselpumpe, die die Abgänge zu den Zink-Schwimmaufbereitern hebt, 30 g Xanthat in Lösung einlaufen, wodurch es vorzüglich mit der Trübe gemischt wird. Da die Gesamtanlage eingeschossig ausgeführt werden mußte, wurden der Zink- und der Eisenkreislauf in einem 3 m über dem Bleikreislauf gelegenen Geschoß in Holzbau untergebracht, wodurch sich die Verwendung der ungewöhnlich hohen Zahl von Wilfley-Kreiselpumpen zum Heben der Trübe erklärt. Die Trübe strömt durch die in Reihe gestellten Vor- und Nach-Zinkschwimmaufbereiter, Bauart Callow, und die Konzentrate der Vormaschine werden in drei Reinigern, Bauart Callow und Mc Intosh, angereichert, während die der Nachmaschine zusammen mit den Abgängen des Callow-Reinigerpaares in den dritten Mischbehälter eintreten, um aufs neue geölt, in den Zinkkreislauf zurückzukehren. Von den Reinigern gibt nur der letzte fertige Zinkerzeugnisse. Die Abgänge des ersten Reinigers fließen in den dritten Mischbottich, die des zweiten Reinigers werden zum Nach-Grobschwimmaufbereiter gepumpt und die des dritten mittels eines Druckluftthebers zum zweiten Reiniger gehoben.

### Eisenkreislauf

Die Abgänge des Zinkkreislaufes werden nun in einem dritten, dem Eisenkreislauf, weiter behandelt. Durch eine Kreiselpumpe, in deren Saugrohr 80 g Xanthat als einziges schaumbildendes Reagens, bezogen auf 1 t, eintreten, wird die Trübe auf zwei paarweise aufgestellte Vor- und Nach-Callowzellen gehoben. Die in ihnen erzeugten Konzentrate reichert man auf drei in Reihe gestellten Callow-Zellen an, deren letzte fertige Eisenerzeugnisse liefert. Die Abgänge des ersten Reinigers fließen zur Kreiselpumpe der Vorgrobzellen zurück, die des zweiten werden durch einen Druckluftheber auf die Nachgrobzellen gehoben und die des letzten Reinigers durch einen weiteren Druckluftheber in die zweite Reinigerzelle zurückgefördert.

Nach dem Verdicken in einem Dorr-Eindicker entwässert man die Blei- und Zinkkonzentrate auf einem gemeinsamen Scheibenfilter und verfrachtet die Bleikonzentrate an die Schmelzhütten in Monterrey oder Torreon, während die Zinkkonzentrate unmittelbar nach Belgien

[3]) Tequesquite (Stein der ausblüht) bezeichnet in Mexiko alle natürlich vorkommenden Sodakarbonate und entspricht dem Mineral Trona. Chemisch ist er eine Mischung aus 70 bis 79 vH Natriumsesquikarbonat, 15 bis 30 vH Steinsalz, etwas Natriumsulfat und Chlorkalium mit Verunreinigungen durch Lehm, feinen Sand und organische Massen.
[4]) 80 vH Orthotoluidin und 20 vH Thiocarbanilid.

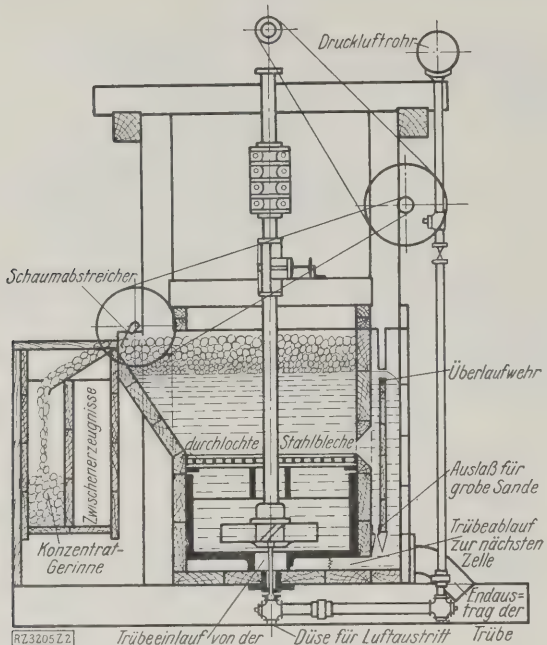



Abb. 2
Unterluftgerät der Minerals Separation.

verschifft werden. Von den Eisenkonzentraten trocknet man ungefähr 8 t täglich auf einem Ofen und röstet sie dann zur Darstellung von $SO_2$, welches Gas zur Wiedergewinnung des NaCy nach dem Mills-Crowe-Verfahren in der Cyanidabteilung benutzt wird. Der Rest wird an der freien Luft getrocknet und an die Schmelzhütte in San Luis Potosi als Zuschlag verkauft.

In dem Unterluftgerät der Minerals Separation, Abb. 2, bläst man unter 1,5 m W.-S. durch den Boden in das Flügelrad Druckluft ein, die durch die Trübe in feinsten Bläschen aufsteigt und so wesentlich zur Schaumbildung beiträgt. Um die Durchwirbelung mit Luft auf den untersten Teil der Maschine zu beschränken, sind in halber Kastenhöhe durchlochte, waagerechte Stahlbleche (38 mm Lochdurchmesser) angebracht und außerdem vier niedrige Staubleche eingebaut, die von den Ecken nach der Welle zu laufen, um so die Wirbelbildung zu brechen. In der ruhigen Zone über den Stahlblechen findet eine reichliche Schaumabsonderung statt. Durch ein weiteres schräg anlaufendes Staubrett wird der Schaum gezwungen, in das Konzentratgerinne überzutreten und gleichzeitig verhindert, daß Luftbläschen in die Atmosphäre entweichen, ohne Schaum gebildet zu haben. In jeder Maschine sind acht Zellen hintereinander aufgestellt; das Flügelrad jeder Zelle saugt die von der vorhergehenden ausgetragene Trübe durch einen flachen Kanal am Boden der Rückwand an. Je ein senkrecht stehender elektrischer Motor treibt immer zwei Rührwellen mittels kurzen Seilantriebes an. Der Kraftverbrauch wird zu 1,15 kWh/t Roherz angegeben; davon entfallen angenähert 12 bis 15 vH auf den Antrieb der Root-Lüfter, die unter einem Druck von 3,3 m W.-S. arbeiten. Der Luftverbrauch beträgt 0,9 m³/min. Offenbar ist die Ausführung äußerst gedrängt und von größter Einfachheit, aber die besondere Hochdruck-Lüfteranlage und die damit verbundenen Überwachungskosten sind ein Hauptgrund dafür, daß diese Maschine nicht gegen die nur mit Druckluft betriebenen aufkommen kann. Auf vielen mexikanischen Schwimmaufbereitanlagen sieht man überhaupt ganz von der Aufstellung der letzteren ab und zieht den Einbau der alten K. & K.-Maschinen[5]) vor, da die Überwachung derselben, besonders in der Nachtschicht, wo jede Aufsicht mangelhaft arbeitet, bei weitem nicht so peinlich durchzuführen ist als bei Druckluft-Maschinen, wo ein geringer Fehler in der Regelung der Luftzufuhr schwerwiegende Folgen nach sich zieht.

Zahlentafel 1
Ausbringen im Monat August 1928

| | Täglich t | Au g/t | Ag g/t | Pb vH | Zn vH | Fe vH | Cu vH | SiO₂ vH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Aufgabe . . . | 391 | 1,4 | 424 | 8,8 | 7,3 | 11,4 | 0,7 | — |
| Bleiglanz-Konzentrate | 46 | 6,2 | 2236 | 57,9 | 4,8 | 6,4 | 3,9 | 5,8 |
| Blenden-Konzentrate | 42 | 1,0 | 523 | 0,6 | 51,7 | 11,1 | 1,0 | 1,1 |
| Eisenkies-Konzentrate | 21 | 1,0 | 486 | 0,7 | 5,5 | 36,4 | 0,5 | 9,0 |
| Gesamtausbeute . . vH | — | 54 | 81 | 79 | 88 | 34 | 80 | — |

Konzentrationsverhältnis 8,5 : 1 für Bleiglanz
„ 9,3 : 1 „ Blende
„ 18,6 : 1 „ Eisenkies

Das Ausbringen des Monats August 1928 zeigt Zahlentafel 1. Die Betriebskraft für den gesamten Aufbereitungs- und Grubenbetrieb wird von vier Turbodynamos, Bauart Westinghouse-Parsons, geliefert, die 15 000 kVA abgeben. Die Kessel werden mit mexikanischem Rohöl (chapopote) geheizt und verbrauchen 0,545 kg/kWh Öl. Der Gesamtverbrauch beträgt 1,71 kWh bezogen auf 1 t Erz, wovon 1,27 kWh/t auf die Schaumaufbereitung entfallen. Die Betriebskosten belaufen sich bezogen auf 1 t Erz, auf 2,22 $[6]) an Arbeitslöhnen in der Grube und Aufbereitungen und 3,75 $ an verbrauchten Stoffen, ein Ergebnis, das von keiner Großanlage in Mexiko erreicht wird. [B 3205]

[5]) Kohlberg & Kraut. [6]) Mexik. $ = 2,02 ℳ.

## Über die Dichte geschmolzener Metalle und Legierungen

*J. Matuyama*[1]) hat von einer großen Anzahl Metalle und Legierungen im geschmolzenen Zustande die Dichte nach dem Pyknometerverfahren bis höchstens 730 ° bestimmt. Er untersuchte zunächst die Metalle Zinn, Kadmium, Wismut, Blei und Zink; sodann die binären Legierungen: Zinn-Kadmium, Zinn-Wismut, Wismut-Blei, Zinn-Zink, Wismut-Kadmium, Kadmium-Blei und Kadmium-Zink über den ganzen Konzentrationsbereich; endlich die ternären Legierungen: Zinn-Wismut-Kadmium, Wismut-Kadmium-Blei, Zinn-Wismut-Blei, Zinn-Kadmium-Blei, Zinn-Kadmium-Zink und Kadmium-Blei-Zink (letztere sind nur in einer Konzentration untersucht, und zwar sind sie etwa im Verhältnis 1 : 1 : 1 gemischt).

Aus den umfangreichen Beobachtungen ergibt sich nur folgendes: Der thermische Ausdehnungskoeffizient der geschmolzenen Metalle ist von der Temperatur nahezu unabhängig; er zeigt eine geringe Tendenz, mit wachsender Temperatur abzunehmen. Bei einigen Legierungen macht sich dagegen eine entgegengesetzte Tendenz bemerkbar.

Die durch Extrapolation der Dichte-Temperatur-Kurven sich ergebenden Dichten der geschmolzenen Metalle im Schmelzpunkt stimmen befriedigend mit den Werten überein, die sich aus den Ausdehnungszahlen der festen Metalle und den Volumenänderungen beim Schmelzen berechnen. Das Atomvolumen geschmolzener Legierungen ist größer als das Mittel der Atomvolumina der einzelnen Bestandteile; die größte Abweichung zwischen beiden beträgt etwa 1 vH. Die der größten Abweichung entsprechende Konzentration liegt nicht bei 50 vH, sondern ist nach der Seite des Bestandteils kleinerer Dichte verschoben. Bei allen Legierungen wurden positive Mischungswärmen beobachtet.

Bei der zur Berechnung der Berichtigungen notwendigen Ausdehnungsbestimmung von Glas wurden folgende Umwandlungspunkte beobachtet: weiches Glas bei 490 °, hartes Glas bei 630 °, anderes hartes Glas bei 520 °, Geräteglas bei 550 °. Bei den Umwandlungspunkten tritt eine starke Änderung der Ausdehnungszahl ein.
[N 3571] *A. S.*

[1]) Science Reports of the Tôhoku Univ. Bd. 18 (1929) S. 19.

# Kostenplanung und Vertriebsrechnung

*Bericht über die Fachsitzungen „Industrielles Rechnungswesen" und „Vertriebstechnik" gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Königsberg bis 24. Juni 1929.*

Mit der Fachsitzung „Industrielles Rechnungswesen" am Montag, den 24. Juni, wandte sich Verein deutscher Ingenieure im Rahmen seiner Hauptsammlung zum ersten Male einem betriebswissenschaftlen Gebiete zu, das für den Ingenieur von immer größerer leutung wird. Zwar hat der Verein deutscher Ingenieure on in früheren Jahren die Erziehung zum wirtschaftlen Denken als wichtige Aufgabe erkannt und sich mit gen des Rechnungswesens befaßt. Damals erschien der undplan der Selbstkostenberechnung" als erste planßige Darstellung der industriellen Selbstkostenhnungsverfahren. Es hat sich aber gezeigt, daß die it begonnene Arbeit einer Fortsetzung und Erweiterung arf, um dem Ingenieur im betrieblichen Rechnungswesen feinfühliges Meßgerät für die Wirtschaftlichkeit er Tätigkeit in die Hand zu geben. Dem „Ausschuß für hnungswesen" beim V. d. I. ist diese Aufgabe gestellt l auch die Berichte der Fachsitzung sollen ihr dienen, em sie Fragen zur Erörterung stellen, die für unsre Intriebetriebe steigende Bedeutung gewinnen.

In seinen Einführungsworten kennzeichnete der Vorende, Prof. *Meyenberg*, Braunschweig, ausführlich diese ichtspunkte; sodann berichtete an der Hand zahlreicher htbilder Dr.-Ing. *Sommer*, Köln, über

**Grundzüge der Plankostenrechnung.**

Das industrielle Rechnungswesen soll eine Übersicht r Vermögen und Geschäftserfolg in kurz- oder langtigen Zwischenräumen gewähren, um die Richtigkeit der ganisatorischen Maßnahmen und insbesondere der Gehungspreisrechnung zu bestätigen; weiter soll sie über die rtmäßigen Veränderungen, die die betrieblichen Vorge verursachen, Auskunft geben. Die in Deutschland ichen Rechnungsverfahren bringen Erfolg und Wertverderungen erst nach Abschluß des jeweiligen Rechnungsschnittes zum Ausdruck; sie ermöglichen daher keinerlei ßnahmen, um das Ergebnis zu beeinflussen.

Die Plankostenberechnung, aufgebaut auf einer ins nzelne gehenden Kalkulation, bezweckt, alle Vorgänge im riebe und ihre Auswirkungen bereits vorher festzulegen l dem Betrieb „Leistung" und „Kosten" als Richtschnur vorzuschreiben. Nicht der normale Betriebsverlauf, sondern die Abweichungen von ihm werden beobachtet und unter Angabe der Gründe dem Rechnungsbüro zur Kenntnis gebracht.

Die Umstellung des Rechnungswesens auf Plankosten erfordert eine starke Unterteilung des Betriebsinhalts, so daß man nur noch mit dem Element des Betriebsinhalts, dem „Arbeitsplatz" zu tun hat. Die Kosten laufen über die Betriebstellen den Arbeitsplätzen zu und gehen dort als Bearbeitungsanteil auf das Werkstück, den Kostenträger, über.

Abb. 1 zeigt diesen Verrechnungsgang der Kostenarten auf Kostenstellen und Kostenträger und kennzeichnet damit zugleich die Rechnungsaufgaben, die auch bei Ermittlung der Plankosten zu lösen sind. Manche Kostenarten, Hauptkosten genannt, nehmen ihren Weg unmittelbar zum Arbeitsplatz, andre, die Nebenkosten, hängen sich den Hauptkosten auf diesem Wege an. Auf diese Weise gelangt man zu einer völligen Auflösung der Gemeinkosten, die, von vornherein aufgegliedert, in den Kostenvoranschlägen der Arbeitsplätze erscheinen. In Kostenberichten, Gegenüberstellungen von Soll- und Istkosten jeder Kostenstelle, werden endlich die Werte der Kostenvoranschläge und die des tatsächlichen Betriebsablaufs kritisch verglichen.

Die Plankostenrechnung bietet die Möglichkeit, Störungen durch plötzliche Wertanforderungen und die Einflüsse des wechselnden Beschäftigungsgrades in der Rechnung zu berücksichtigen. Erstere verteilt man durch Ausgleich auf lange Fristen, und die Einflüsse des Beschäftigungsgrades umgeht man durch die Jahresstundenrechnung.

Die Plankostenrechnung ist somit eine Verbindung der Arbeitsplatz-Kostenrechnung mit der Jahresstundenrechnung. Sie ermöglicht überdies die Berechnung von Rückwirkungen auf den Gesamtbetrieb, die durch technische Änderungen verursacht werden; eine solche Auswertung gestatten die Verfahren der Nachrechnung und der zuschlagmäßigen Umlegung der Gemeinkosten nicht.

**Die Analyse der Vertriebskosten**

behandelte ein Vortrag von Dr. *Schnutenhaus*, Berlin.

An Stelle des bequemen Sammelpostens „Handlungsunkosten" müssen verfeinerte Verfahren der Vertriebskostenrechnung eingeführt werden, um die Kosten des Vertriebs buchmäßig und statistisch so zu verarbeiten, daß sie sofort alle für Vertriebsorganisation und Absatzpolitik, für Aufstellung von Haushaltplänen und Überwachung der Verantwortlichkeiten nötigen Aufschlüsse bieten.

Voraussetzung dafür ist zunächst ein Überblick über den trotz verschiedenster Verkaufstaktik grundsätzlich überall wiederkehrenden technischen Ablauf der Vertriebsarbeit, wie er in Abb. 2 wiedergegeben ist.

Je klarer die Kostenstellen des Vertriebs abgegrenzt sind, um so feiner kann die Überwachung aller Vertriebsvorgänge sein. Dabei reicht eine Beschränkung

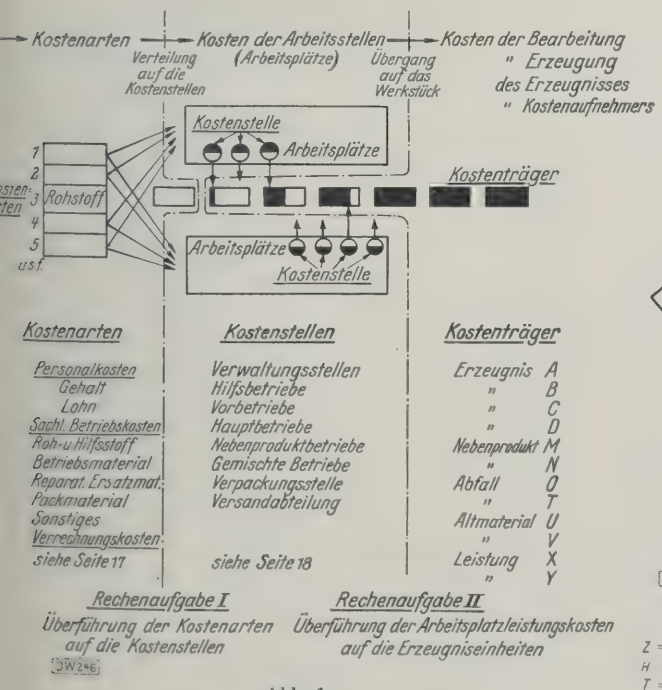



**Abb. 1**
Verrechnungsgang der Kostenarten auf Kostenstellen und Kostenträger.

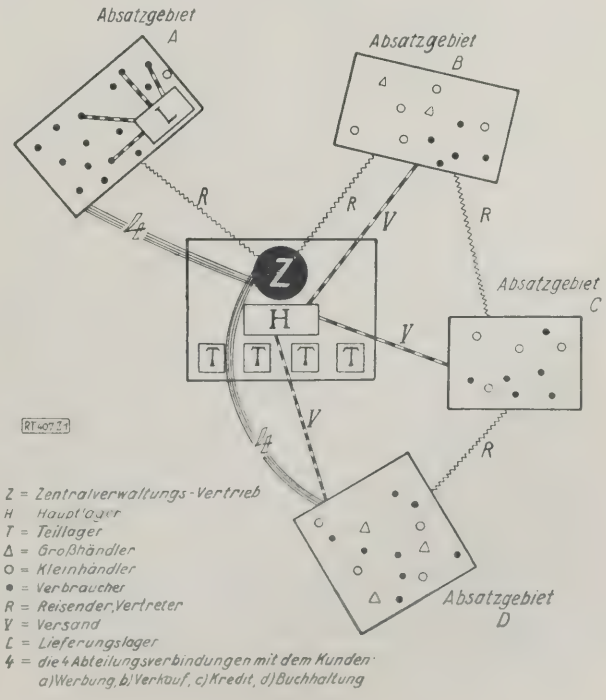



**Abb. 2**
Ablauf der Vertriebsvorgänge zwischen Vertriebsorganisation und Absatzgebieten.

auf „innerbetriebliche“ Vertriebskostenstellen nicht aus, sondern auch die über den gesamten Markt der Unternehmung verstreute Absatzorganisation muß stellenmäßig erfaßt werden.

Während die innerbetrieblichen Kostenstellen im wesentlichen durch den Ablauf der Arbeitsgänge des Vertriebs, durch räumliche und organisatorische Abgrenzungen gegeben sind (Fertiglager, Verpackung, Versand, Aufstellung, Vertriebsleitung, Marktuntersuchung, Vertriebskostenbüro, Auftragbearbeitung, Rechnungserteilung, Kundenbearbeitung, Werbung), erfordert der Markt eine andere Stellengliederung, z. B. nach Absatzgebieten, Vertreterbezirken, nach Käuferschichten, nach neuen und alten Kunden, nach Warengruppen u. ä. Auf diese Kostenstellen des Marktes sind die Aufwendungen der innerbetrieblichen Kostenstellen umzulegen, um Meßzahlen für den Wirkungsgrad der einzelnen Teile der Vertriebsorganisation zu erhalten.

In den so gegliederten Kostenaufstellungen, für die der Vortragende verschiedene Vorschläge vorlegte, sind zweckmäßig neben die tatsächlichen Kosten des abgerechneten Zeitraumes die entsprechenden des Vorjahres sowie die Plankosten des geltenden Vertriebskostenplanes zu setzen, um durch ständige Vergleichung der Plankosten mit den Istkosten die außerbetrieblichen Einflüsse klar zu überblicken und entsprechend zu berücksichtigen.

Eine derartig eingehende Gliederung erst ermöglicht es, bei stark unterschiedlichen Erzeugnissen oder Erzeugnisgruppen, mittels gesonderter, den unterschiedlichen Kostenstellen entsprechender Vertriebskostenzuschläge eine gerechte Kostenzurechnung durchzuführen.

In der eingehenden Aussprache wurde zunächst auf die Anfragen von Prof. *Meyenberg* und Prof. *Rogowsky*, Königsberg, von den Vortragenden ausgeführt, daß naturgemäß die erstmalige Aufstellung des Haushaltplanes und der Plankosten einen grundlegenden Arbeitsaufwand erfordert, besonders wenn nur mangelhafte Unterlagen der bisherigen Arbeitsvorbereitung und Selbstkostenrechnung vorhanden sind. Eine Verminderung der Schreibarbeit und der Verwaltungskosten ergibt sich aber in der laufenden Kostenüberwachung, zumal die richtig ausgebaute Plankostenrechnung eine erhebliche Verfeinerung gegenüber dem ursprünglichen Nachrechnungsverfahren bedeutet. Eine Trennung von Zeitkosten und Mengenkosten ist auch für die Kostenplanung des Vertriebs erforderlich; hierzu soll auf Grund der vom Vortragenden besprochenen Hilfsmittel für die Kostengliederung durch die Ausschüsse für „Rechnungswesen“ und „Vertriebskosten“ beim Verein deutscher Ingenieure eine Art „Grundplan der Vertriebsrechnung“ aufgestellt werden.

In seinem Schlußwort besprach Prof. *Meyenberg* noch die weiteren Aufgaben des „Ausschusses für Rechnungswesen“ und die Ergebnisse der bisherigen Arbeit, die im Laufe der nächsten Monate im Druck erscheinen werden. Es ist beabsichtigt, die Berichte der Fachsitzung im kommenden Winterhalbjahr in erweiterter Form als Vortragsreihe in Berlin nochmals zur Aussprache zu stellen, um die Ergebnisse möglichst umfassend der praktischen Nutzbarmachung zuzuführen.

Auch die Fachsitzung „Vertriebstechnik“ am Sonnabend, den 22. Juni, war in weitem Umfange von Kostenfragen beherrscht. Nach den einleitenden Worten des Vorsitzenden, Direktor Dr.-Ing. *Litz*, und einem Berichte von Ziv.-Ing. *Bader* über die Arbeitsergebnisse der Fachgruppe „Vertriebsingenieure“ sprach Dr.-Ing. *Weicken*, Berlin, über

**Verpackungs- und Versandkosten und deren Anteil am Warenpreise**[1]).

Die Belastung der industriellen Erzeugnisse durch Verpackungs- und Versandkosten kann gesenkt werden, wenn alle für ein bestimmtes Erzeugnis grundsätzlich möglichen Verpackungsarten auf ihre Kosten und die Zweckmäßigkeit ihrer Anwendung hin eingehend geprüft werden.

Die Kosten der Verpackung gliedern sich in die der Vorpackung und der Versandpackung, wozu die Versandkosten und gegebenenfalls Sonderkosten bei ganz besonders hochwertigen Gütern, z. B. feinmechanischen Meßgeräten, kommen. Der Einfluß der Verpackungsart auf die Versandkosten ist begründet durch die Verschiedenartigkeit der Beförderungstarife. Man kann das Verpackungsmittel oder die Verpackungsart also nicht nur vom Billigkeitsstandpunkte aus vornehmen, sondern muß die Versandkosten gleichzeitig in die Berechnung einbeziehen.

Um zu einer brauchbaren vergleichenden Gegenüberstellung und zweckvollen Auswahl des geeignetsten und, unter Berücksichtigung der Versandkosten, billigsten Verpackungsmittels zu kommen, bedient man sich vorteilhaft einer zahlenmäßigen Gegenüberstellung der verschiedenen Verpackungsmittel und der hierfür geltenden Beförderungsbestimmungen, nach denen die Versandkosten berechnet werden. Wie notwendig diese Untersuchungen sind, zeigt eine Gegenüberstellung des Anteils der Verpackungs- und Versandkosten an der Verkaufsmark, Zahlentafel 1. Bei Beurteilung dieser Kostengröße ist der in der Verpackung vorhandene Werbewert zu berücksichtigen. Er führt dazu, daß schon bei Markenartikeln, die dem täglichen Gebrauch dienen, besonders aber bei Luxusgegenständen der Verpackungskostenanteil einen sehr beträchtlichen Teil des Warenpreises ausmacht.

**Zahlentafel 1.** Anteil der Verpackungskosten am Warenpreis.

| Im Inlandversand betragen die Verpackungskosten für | | *Rpf* je Verkaufsmark |
|---|---|---|
| Elektromotoren | auf Balken | 0,25 bis 0,3 |
| | in Verschlag | 0,5 „ 0,7 |
| | „ Kisten | 1,3 „ 1,5 |
| Kreiselpumpen | | 0,8 |
| Staubsauger | | 1 |
| Werkzeugmaschinen in Verschlag | | 0,3 bis 1,5 |
| Tischventilatoren | | 3,5 „ 5 |
| Möbel | | 4 |
| Eier in Kartons | | 4 |
| Zigaretten in 25 Stück- bzw. 10 Stück-Packung | | 3,2 bis 6 |
| Fische in Kisten | geräuchert | 7 „ 8 |
| | frisch | 10 |
| Marinade-Konserven in Dosen und Verschlag | | 17 bis 28 |
| Pralinen in $^1/_2$ Pfd.- und 1 Pfd.-Packung | | 3 „ 20 |
| Parfümerien | | bis 80 |

Die Zusammenhänge zwischen

**Saisonschwankungen und Vertriebsplanung**

behandelte ein Vortrag von Dr. *Reithinger*, Berlin[2]).

Saisonschwankungen in ihren jeweils typischen Formen sind meist auf den einzelnen Industriezweig beschränkt und nach Dauer und Stärke mit Hilfe der Statistik leicht feststellbar. Sie sind mehr oder weniger feste Größen, mit denen der Betriebsleiter rechnen kann, um dementsprechend die Bereitstellung von Kapital und Arbeitskräften, den Materialeinkauf und die Lagerhaltung elastisch zu gestalten, ganz besonders aber den Vertriebsplan und die Werbung, der je nach der Jahreszeit wiederkehrenden Ausdehnung und Einschränkung des Absatzes anzupassen.

Die für den einzelnen Industriezweig oder Betrieb feststellbaren Saisonschwankungen lassen sich häufig in mehrere Komponenten zerlegen; zudem können sie in ihrer Stärke wie in ihrem zeitlichen Anfall für das gleiche Erzeugnis in verschiedenen Absatzbezirken ganz verschieden liegen. Eine die gegebenen Möglichkeiten geschickt ausnutzende Werbung wird also nicht nur zeitlich, sondern nötigenfalls auch bezirksweise verschieden eingestellt sein müssen. Die in Lichtbildern gezeigten Beispiele und graphischen Darstellungen lassen die Zusammenhänge deutlich erkennen. Sie weisen auf die Notwendigkeit einer planmäßigen Erforschung der Ursachen hin, die zur Steigerung oder Verminderung des Absatzes je nach der Jahreszeit führen.

In der Aussprache zum Bericht von Dr.-Ing. *Weicken* wurde von Dr.-Ing. *Litz* und Prof. *Meyenberg* auf die Bedeutung scharfer Kostenerfassung für Verpackungs- und Versandaufwendungen hingewiesen und empfohlen, den vorgelegten Kostenbogen in gemeinsamer Arbeit der Ausschüsse für „Rechnungswesen“ und „Vertriebskosten“ zu Richtlinien für Verpackungs- und Versandkostenermittlung auszugestalten. Aus den Ausführungen von Dr. *Lucae*, Institut für Konjunkturforschung, Dr. *Schäfer*, Institut für Wirtschaftsbeobachtung, Handelshochschule Nürnberg, und Dipl.-Ing. *Fr. Frölich*, Berlin, ging hervor, daß die bei der Fachgruppe „Vertriebsingenieure“ begonnenen Untersuchungen verschiedener industrieller Märkte in Anbetracht der anders gerichteten Forschungsarbeit der genannten Institute eine notwendige praktische Ergänzung hierzu bedeuten. Die volkswirtschaftliche Markt- und Konjunkturforschung ist noch nicht genügend auf Sonderbedürfnisse der einzelnen Industriezweige eingestellt, so daß erst die Gemeinschaftsarbeit aller Vertriebsingenieure für den einzelnen Betrieb oder Wirtschaftsverband zu einer praktisch brauchbaren Nutzbarmachung der Wirtschaftsstatistik führen kann.

[M 3388] *Zeidler*

[1]) Vergl. „Technik und Wirtschaft“ Bd. 22 (1929) Nr. 8 S. 208.

[2]) Vergl. „Technik und Wirtschaft“ Bd. 22 (1929) Nr. 7 S. 177.

# *R U N D S C H A U*

## *Elektrotechnik*

### Gekapselte Hochspannungsanlagen

Der wachsende Strombedarf der Großstädte bedingt die rgrößerung bestehender Verteilanlagen, daneben auch Bau neuer Speisepunkte im Schwerpunkt des Versor-ngsgebiets. Den Elektrizitätswerken wie den Elektrizi-firmen erwächst hierbei die Aufgabe, in einem möglichst inen Raum betriebsichere und ungefährliche Hochspan-gschaltanlagen unterzubringen. Eine Lösung dieser Auf-e stellen gußgekapselte Hochspannungsschaltfelder dar, . 1[1]). Alle Hochspannung führenden Teile liegen ge-ützt in gußeisernen, mit Isoliermasse ausgegossenen sten. Ein feststehendes Gerüst trägt die als Becher-takte *e* ausgebildeten Anschlüsse der Sammelschienen abgehenden Kabel; zwischen beide wird der fahrbar auf Lagerbock *i* angeordnete Ölschalter *q* über die Steck-takte *c* eingeschaltet. Die Trennung der Kontakte *e*, *c* er Strom wird durch eine Verriegelung verhindert, die bei ausgeschaltetem Ölschalter freigegeben wird. Der bau *l* über dem Ölschalter enthält Stromwandler, ein terer Aufsatz *k* Strom- und Spannungsmesser sowie den ler. Die dazu notwendigen Spannungswandler sind im äuse *r* eingebaut. Der Ölschalter ist nach dem Heraus-ren aus den Trennkontakten spannungslos, die Klappen *b* ützen durch Überdecken der Becherkontakte vor Berüh-g der unter Spannung stehenden Teile. Geringer Raum-arf und vollendeter Berührungsschutz ermöglichen den bau dieser Schaltfelder in Kellerräumen und Wohnhäu-n sowie unter Straßen und Plätzen. Ausführungen der chriebenen Art haben sich im Betrieb einwandfrei bewährt.

Die großen Vorteile des gußgekapselten Schaltmaterials anlaßte die Berliner Städtischen Elektrizitätswerke WAG), Verteilanlagen für 6 kV damit auszurüsten[2]). Raumersparnis dadurch betrug rd. 70 vH. Durch die ammenarbeit zwischen der BEWAG und den Lieferfirmen stand eine Einheitsausführung, die die Austauschbarkeit sprechender Teile verschiedener Herkunft ermöglicht und urch das Ersatzteillager wesentlich verkleinert, Abb. 2. gekapselte Schaltmaterial ist für 600 A und 10 kV be-sen, wird jedoch von der BEWAG nur für 6 kV ver-det. Erwärmungsversuche und Durchschlagprüfungen Isolier- und Dichtungsmasse haben die Brauchbarkeit gekapselten Schaltmaterials erwiesen. Überschläge tra-von 46 kV ab, Durchschläge erst bei noch wesentlich eren Prüfspannungen auf.

Gekapseltes Schaltmaterial ist wegen seines hohen ff- und Arbeitswertes teurer als offenes. Zu berücksich-n ist allerdings, daß infolge des geringeren Platzbedar-in den meisten Fällen Grundstückerwerbungen und so-besonders in Großstädten erhebliche Anlagekosten er-rt bleiben, und daß sich ferner die Kabelkosten verrin-n, weil die Verteilanlagen näher an den Verbrauchs-werpunkt angelegt werden können.

Die Ausführung gußgekapselter Schaltzellen von ge-ngter Bauart wurde im Jahre 1908 der Firma R e y-l l e in England durch Patent geschützt[3]). Die erwähn-Vorteile, zu denen noch die große Übersichtlichkeit mt, haben schon damals die schnelle Einführung ge-selter Schaltanlagen in England begünstigt. Versuche, he Anlagen in Deutschland zu errichten, hatten in da-iger Zeit wenig Erfolg, da die Raumfrage noch nicht heutige Bedeutung hatte. Erst in den letzten Jahren en neben Deutschland auch andere Nachbarländer den gekapselter Schaltanlagen erfolgreich aufgegriffen.

M 2851] *Zn.*

[1]) ETZ Bd. 50 (1929) S. 154.
[2]) „Elektrizitätswirtschaft" Bd. 28 (1929) Nr. 476 S. 58.
[3]) „Engineering" Bd. 86 (1908) S. 610.

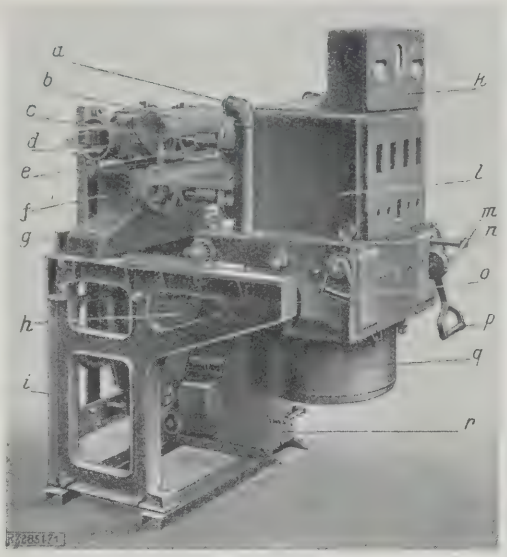



**Abb. 1.** Hochspannungsschaltfeld mit eingekapselten Hochspannungsteilen.

*a* Ölauswurfrohr
*b* Schutzklappe
*c* Steckkontakt
*d* Sammelschienenkasten
*e* Becherkontakt
*f* Kuppelstange für die Schutzklappe
*g* Kabeltrennkasten
*h* Kabelendverschluß
*i* Lagerbock
*k* Aufbau für Meßgeräte
*l* Aufbau für Stromwandler
*m* Steckschlüssel zum Herausfahren des Ölschalters
*n* Ausfahrbarer Teil
*o* Handgriff
*p* Griff zum Schalten
*q* Ölschalter
*r* Gehäuse für Spannungswandler

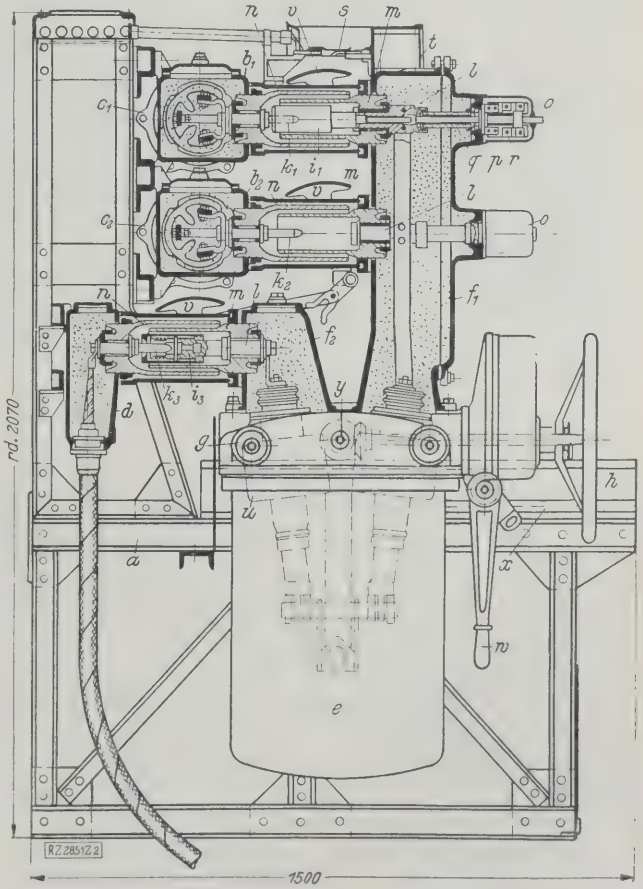



**Abb. 2.** Schnitt durch ein Kabelfeld.

Zu Abb. 2:

*a* Gerüst
*b*$_1$, *b*$_2$ Sammelschienenkasten
*c*$_1$, *c*$_2$ Zwischenkasten
*d* Kabelendverschluß
*e* Ölschalter
*f*$_1$, *f*$_2$ Ölschalteraufbauten
*g* Rollen des Ölschalters
*h* Fahrbahn für den Ölschalter
*i*$_1$, *i*$_2$ Steckkontakte
*k*$_1$, *k*$_2$, *k*$_3$ feststehende Kontakte
*l* Anschlußstücke des ausfahrbaren Teiles
*m* becherförmige Porzellanisolatoren am ausfahrbaren Teil
*n* desgl. am feststehenden Teil
*o* Anzeigevorrichtung
*p* Isolierstab
*q* Isolierrohr
*r* Hilfskontakte
*s* Trennkontakte für Meß-, Steuer- und Signalleitungen
*t* Blechkasten für Instrumente
*u* Stromwandler
*v* Abdeckklappen
*w* Ratsche
*x* Zahnstange
*y* Verriegelung

## *Werkzeugmaschinen*

### Fräsmaschine für Zylinderblöcke

Die Rationalisierung in der deutschen Kraftwagenindustrie, soweit sie in der Aufstellung von leistungsfähigen Sonderwerkzeugmaschinen besteht, hat in der letzten Zeit bemerkenswerte Fortschritte gemacht, so daß der Vorsprung, den die Amerikaner auf diesem Gebiet hatten, eingeholt wurde. Ein Beispiel einer solchen Sonderwerkzeugmaschine bietet die im folgenden beschriebene Fräsmaschine für Zylinderblöcke[1]).

Die zu bearbeitenden Zylinderblöcke (bis zu zwölf Blöcke) werden mittels einer Aufspannvorrichtung auf dem Tisch der Maschine, Abb. 3, befestigt. In einer Aufspannung werden nun die Unterflächen der Zylinderblöcke und die Lagerdeckelflächen bearbeitet. Die Maschine hat an jeder Seite zwei Ständer $a$ und $a_1$, an denen je zwei Frässchlitten unabhängig voneinander senkrecht verschoben werden können, so daß man die Fräser genau auf die Lage und Breite der Lagerdeckelversätze der Zylinderblöcke einstellen kann. Jeder Frässchlitten nimmt zwei Spindeln auf, so daß die Maschine mit insgesamt 16 Frässpindeln arbeiten kann. Die Spindeln werden von Flanschmotoren, die auf den Ständern angeordnet sind, mit gleichbleibender Drehzahl angetrieben.

Den Aufbau des Spindelantriebes und die Spindellagerung zeigen Abb. 4 und 5. Die Frässpindeln, die mit drei verschiedenen Drehzahlen laufen können, sind sämtlich in der Richtung ihrer Achsen einstellbar. Nach erreichter Einstellung werden sie festgestellt. Auch die Ständer sind in der Richtung der Frässpindelachsen verschiebbar. Die beiden Ständer $a_1$ sind außerdem noch parallel zur Tischbewegungsrichtung mit Hilfe besonderer Motoren oder auch mit der Hand verstellbar. Diese Ständer dienen dem Schruppen, während die beiden andern für d Schlichten bestimmt sind. Die Einstellmöglichkeit d Schruppständer hat den Zweck, sie soweit von den Schlich ständern entfernen zu können, daß man zum Anstellen d Fräser, zum Messen und zum Auswechseln der Fräsköp bequem zwischen die Frässchlitten treten kann. Beim A beiten dagegen sollen die Frässchlitten möglichst dicht a einander stehen, damit die Fräszeit möglichst kurz ist.

Der Waagerechtflanschmotor $b$, Abb. 1, dient für d Tischvorschub. Über ein Schieberädergetriebe, Wechselräd und ein Schneckengetriebe treibt er eine in die Tischzah stange eingreifende Schnecke an. Der Vorschub ist in d Grenzen von 40 bis 200 mm/min veränderlich. Bei d Schnellverstellung des Tisches sind das Schieberäde getriebe, die Wechselräder und das Schneckengetriebe au geschaltet. Das Bett ist 11 m lang.

Auf- und Abspannen der Zylinderblöcke erfolgt zu größten Teil während des Arbeitens der Maschine. D Maschine fängt an zu arbeiten, sobald das erste Bloc paar aufgespannt ist. Während des Aufspannens d übrigen läuft der Tisch langsam in die Maschine. Soba das erste Blockpaar auf der andern Seite die Schlicl fräser verlassen hat, wird mit dem Abspannen begonne Es fällt also nur das Aufspannen des ersten und das A spannen des letzten Paares nicht in die Arbeitzeit d Maschine. Nach Abspannen des letzten Paares läuft d Tisch im Eilgang in die Ausgangstellung zurück.

Die elektrische Ausrüstung besteht also aus sieb Motoren, den vier Hauptantriebmotoren, dem Vorschu motor und den beiden Motoren für die Schnellverstellu der beiden Ständer $a_1$. Als Motoren sind durchweg sole mit Kurzschlußläufern gewählt. Die beiden Motoren für d Ständerverstellung werden durch Druckknöpfe gesteue und in den Endstellungen durch Anschläge selbsttätig au geschaltet. Die Fräsmotoren werden mittels eines Walz schalters angelassen, der über zwei Rela und einen Schützenschalter die vier Motor nacheinander in Betrieb setzt, wobei die Z des Anlassens von einem Stromwächter ge gelt wird. Da es vorkommt, daß nur auf d vorderen oder nur auf der hinteren Seite Tisches gearbeitet werden soll, ist die Sch tung so eingerichtet, daß mit einem einfach Drehschalter die vordere oder die hint Seite abgeschaltet werden kann. Von jed Ständer aus kann die Maschine durch Dru knöpfe in Gang gebracht und stillgese werden.

Die Motoren sind in ausgiebigster We gegen Überanstrengung und Fehlschaltung gesichert. Sämtliche Sicherungen, Schu schalter usw. sind in einem Schaltschra übersichtlich angebracht, der in der Nähe Maschine aufgestellt ist. [M 3337]

Chemnitz Prof. *M. Coenen*

[1]) Erbaut von der Werkzeug-Maschinenfabrik Union, Chemnitz.

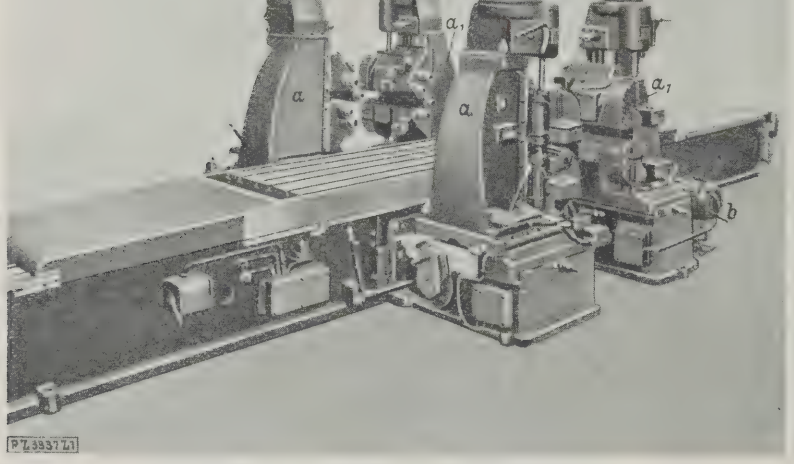



**Abb. 3**
Fräsmaschine für Zylinderblöcke.
$a$, $a_1$ Ständer mit Frässchlitten
$b$ Waagerechtflanschmotor

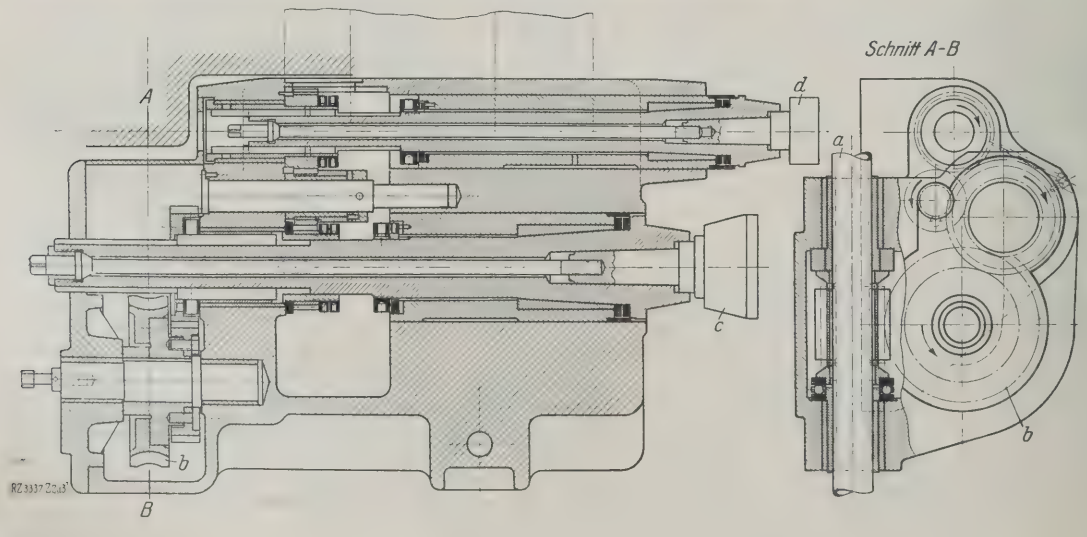



**Abb. 4 und 5**
Spindelantrieb und Spindellagerung in Frässchlitten.
$a$ Schnecke
$b$ Schneckenrad
$c$ Fräser für die Unterfläche der Zylinderblöcke
$d$ Fräser für Lagerdeckel

## *Staubtechnik*

### Luftfilter und Filterwirkung

Bei der steigenden Bedeutung, die die Luft- und Gas-eranlagen in der Industrie einnehmen, dürften die von Wärmestelle der Dortmunder Union durchgeführten stungsprüfungen bei einem Delbag-Viscin-Luftfilter zur nigung der Kühlluft eines Turbo-Stromerzeugers von gemeiner Bedeutung sein. Weitere Prüfungen mit ande-Luftfiltern sind beabsichtigt.

Das Tuchfilter ist im Laufe der letzten Jahre durch allfilter, die mit zähflüssigem Mittel benetzt sind, voll-mmen verdrängt worden. In den Betrieben der Vereinig-Stahlwerke A.-G. sind eine große Anzahl solcher Filter verschiedensten Bauarten in Betrieb, teils für Neu-agen, teils als Ersatz der veralteten Tuchfilter, die wegen er ungenügenden Filterwirkung, ihrer hohen Feuergefähr-keit, ihres großen Raumbedarfs und nicht zuletzt wegen hohen Unterhaltungskosten nach und nach gegen viskos etzte Metallfilter ausgewechselt wurden. Diese Metall-er lassen sich nach ihrer Bauart in zwei Klassen eintei-: Schichtfilter und Streichfilter.

#### Schichtfilter.

Die Schichtfilter gleichen grundsätzlich den ersten ein-hen Luftfiltern, die aus zwischen Rosten gelagerten sserberieselten Schichten Brechkoks, Steinschlag, trocke-Pflanzenfaser, Holzwolle usw. bestanden. Die neuen ichtfilter bestehen aus kleinen nahtlos gezogenen, ver-ferten Stahlringen, die in leicht auswechselbaren Filter-en zwischen Sonder-Streckmetallwänden gelagert sind. Abmessungen der Filterringe und der Filterschicht wer-dem Verwendungszweck und dem erforderlichen Rein-sgrad der gefilterten Luft angepaßt. Die Filterzellen rden vor der Inbetriebnahme in ein nicht verdunstendes ubbindeöl getaucht (Viscinol). Die zu reinigende Luft chströmt in stetem Richtungswechsel die labyrinthartige terschicht. Bei dieser eigenartigen Durchwirbelung und chknetung der Luft werden die Staubteilchen an den enetzten Oberflächen der Filterschicht ausgeschieden.

#### Streichfilter.

In den Streichfiltern strömt die Luft unter mehrfachem htungswechsel zwischen rolladen- oder lamellenartigen r wellenförmigen parallel gelagerten Leitblechen, die mit benetzt sind, durch. Wo von den Herstellerfirmen eine terleistung verbürgt wird, kann man eine auffallende erstimmung feststellen. Einige Firmen nennen überhaupt ne Zahlen, sondern sprechen von vollkommener oder loser Staubausscheidung, also einer Leistung von vH, die bekanntlich in der Technik selten erreichbar Die zahlenmäßigen Filterwirkungen beziehen sich zum l auf den absoluten Reinheitsgrad der Reinluft, zum l auf die Staubausscheidung in Hundertteilen.

Welche Bauart soll man nun wählen? Man findet, daß die billigsten Filter eine angeblich vollkommene Staub-scheidung gewährleisten. Die genannten Angaben ver-ren. Soll man rein gefühlsmäßig seine Entscheidung ffen? Jede Leistungsangabe muß sich aber prüfen lassen, sie doch von den Herstellern festgestellt und genannt rd. Im Schrifttum findet man aber wenig darüber. Jeder antwortliche Betriebsleiter urteilt und entscheidet nach nen praktischen Erfahrungen, der Einkäufer dagegen nach n Preis im Zusammenhang mit dem Gewicht und den im gebot genannten Leistungsangaben. Da aber gerade bei tfilteranlagen sich diese Leistungsangabe so außerordent-schwer nachprüfen läßt, ist bei der Entscheidung größte sicht geboten, zumal doch besonders bei Maschinen-agen eine einwandfrei gereinigte Betriebsluft von größter htigkeit für die Lebensdauer und Betriebsicherheit der effenden Anlagen ist. Für die Werke, deren Anlagen ch Luftfilter geschützt werden sollen, ist die Entscheidung der Wahl des Filters nicht lediglich eine Preis- oder Ge-htsfrage, sondern in erster Linie eine Frage der Lei-g und Betriebsicherheit. Nun haben die Vereinigten hlwerke A.-G. wohl Hunderte von Luftfiltern in Betrieb, ch in nur verhältnismäßig wenigen Fällen hat man l ihre Leistung einwandfrei nachgeprüft. Man war zu-den, wenn der Augenschein genügende Staubabscheidung ennen ließ. Manche sollen sogar stolz auf ein Filter sein, jahrelang nicht gereinigt zu werden braucht und ihnen t wenig Arbeit macht.

#### Meßverfahren.

Da es richtig ist, die Luftfilterung in viel höherem Maße bisher anzuwenden, so mußten über die Wirkung der er genaue zahlenmäßige Unterlagen geschaffen werden. ifellos müssen an den Reinheitsgehalt der Kühlluft bei bo-Stromerzeugern die höchsten Anforderungen gestellt

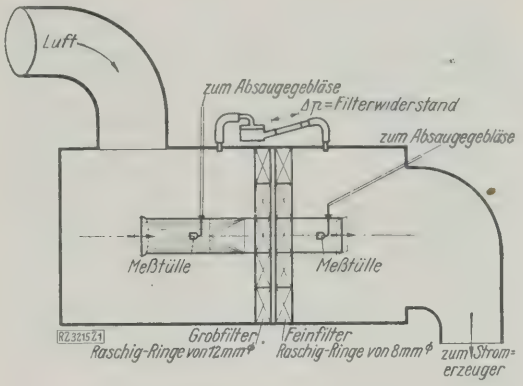



**Abb. 6.** Versuchsanordnung für die Untersuchung des Wirkungsgrades von Metallfiltern bei der Reinigung der Kühlluft für Turbostromerzeuger.

werden. Zunächst wurde ein Viscin-Filter der Deutschen Luftfilter-Baugesellschaft m. b. H., Berlin (Delbag), das auf der Dortmunder Union vor etwa zwei Jahren bei einer Frischdampf-Turbodynamo von rd. 5000 kW als Ersatz eines Tuchfilters eingebaut war, untersucht. Die Delbag hatte für dieses Filter einen Reinheitsgrad der gefilterten Luft von 0,01 mg zugesichert. Es wurden deshalb bei dieser Firma Erkundigungen eingezogen, nach welchem Meßverfahren diese Werte ermittelt worden sind. Empfohlen wurde das Verfahren von Prof. *Baer*[1]), das im Laufe der letzten Jahre in mancher Hinsicht eine Vereinfachung und Verbesserung erfahren hat. Nach meinen Erkundigungen wurde das verbesserte *Baersche* Verfahren von dem Hygienischen Institut der Universität Berlin sowie von der Versuchsanstalt für Heizungs- und Lüftungsanlagen der Technischen Hochschule Charlottenburg als durchweg einwandfrei anerkannt und von dem genannten Institut für die gravimetrische Staubbestimmung benutzt. Da daran gelegen war, unbedingt zuverlässige Versuchsergebnisse zu gewinnen, mußte Vorsorge getroffen werden, daß die Präparatträger auch den feinsten Staub unter 1 μ Teilchengröße ausschieden. Die von *Baer* verwandten Papiertüllen, die bei einer sehr geringen Schichtgröße eine Porengröße bis zu 3 μ aufweisen, erschienen nicht zuverlässig genug. Als Präparatträger wurden deshalb Glastüllen, die mit einer 4 cm dicken Schicht entfetteter Watte gefüllt waren, genommen. Dieselben Tüllen werden zur Zeit vom Hygienischen Institut und vom staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem für den gleichen Zweck benutzt. Besondere Sorgfalt wurde darauf verwendet, daß die Einströmgeschwindigkeit in diesen Präparatträger genau die gleiche war wie die Geschwindigkeit des Hauptluftstromes. Die Versuchsanordnung geht aus Abb. 6 hervor.

Die gefüllte Staubmeßtülle wurde vor dem Versuch bis zur Gewichtskonstante in einem elektrischen Ofen bei 110 °C und in einem Chlorkalzium-Exsikkator getrocknet. Die Probeluftmenge wurde gleichzeitig vor und hinter dem Filter mittels eines Enke-Gebläses entnommen. Zum Zwecke größerer Genauigkeit wurden etwa 10 m³ durch die Meßtülle gesogen und mittels genau geeichter Gasmesser aufgezeichnet. Nach dem Versuch wurden diese Meßtüllen ebenfalls wie vor dem Versuch bis zur Gewichtskonstante getrocknet. Die Wägungen erfolgten auf einer hochempfindlichen Mikrowaage, auf der $^1/_{100}$ mg abgelesen werden konnte. Bei einer Entnahme von 10 m³ Probeluft war also der Staubgehalt für 1 m³ bis auf $^1/_{1000}$ mg genau festzustellen. Die Durchführung dieser Versuche mit ihren wiederholten Wägungen erfordert für jeden Versuch zwei Tage und verlangt große Geschicklichkeit und Sorgfalt. Das sorgfältige Trocknen der Präparate hat den Vorzug, daß Wägefehler, die bei dem veränderlichen Feuchtigkeitsgehalt des Staubes und der wasseranziehenden Wattefüllung unvermeidlich gewesen wären, praktisch ausgeschlossen werden. Zahlentafel 1 gibt die gewonnenen Werte an.

Bei Versuch I wurde ein Teil des Filters abgedeckt, um für die übrigen Filterzellen wie auch für die untersuchte Filterzelle die normale volumetrische Belastung zu erreichen. Die Versuche II und III wurden aber bei dem gewöhnlichen Betriebzustand des Filters und üblichen Betriebsverhältnissen durchgeführt. Der verhältnismäßig hohe Staubanfall aus der angesaugten Rohluft macht es erforderlich, daß von den 32 Doppelfilterzellen täglich eine Zelle gereinigt werden muß. Für die jeder Hauptfilterzelle nachgeschaltete Feinfilterzelle mit Filterringen kleinerer

[1]) Z. Bd. 67 (1923) Nr. 41 S. 970.

Zahlentafel 1
Ergebnisse der Versuche zur Bestimmung des Wirkungsgrades eines Metallfilters

| Versuch Nr. | I | II | III |
|---|---|---|---|
| Zeit | 12. bis 13. April 1929 | 16. bis 18. April 1929 | 18. bis 19. April 1929 |
| Dauer | $18^{10}$ bis $11^{10}$ | $17^{45}$ bis $11^{15}$ | $17^{30}$ bis $17^{30}$ |
| Luftgeschwindigkeit m/s | 1,37 | 0,83 | 0,83 |
| durch das Filter strömende Luftmenge, bezogen auf die Luftgeschwindigkeit der untersuchten Zelle $m^3/h$ | 32 000 | 19 400 | 19 400 |
| Filterwiderstand mm W.-S | 16,7 | 6,2 | 6,2 |
| Lufttemperatur im Durchschnitt °C | rd. 5 | rd. 10 | rd. 15 |
| Staubdichte vor dem Filter $mg/m^3$ | 6,96 | 6,25 | 6,70 |
| „ hinter dem Filter $mg/m^3$ | 0,009 | 0,011 | 0,010 |
| Entstaubungsgrad des Filters vH | 99,87 | 99,82 | 99,85 |

Abmessung genügt die wöchentliche Auswechselung einer Filterzelle, so daß jede Feinfilterzelle 32 Wochen im Betrieb ist. Diese Reihenfolge in der Reinigung hat den Vorzug, daß das Filter sich stets in dem gleichen Betriebzustand befindet, und auch der Widerstand des Filters gleich groß bleibt. Auffallend bei diesem Filter ist die außerordentlich hohe Speicherfähigkeit für anfallenden Staub. Jede Hauptfilterzelle ist in der Lage, etwa 4,5 kg Staub in sich aufzuspeichern. Der Inhalt dieser Staubmenge würde etwa 2000 $cm^3$ betragen. Die filternde oder staubbindende Oberfläche des Filters beträgt bei der Hauptfilterzelle etwa das 40fache, und bei der Feinfilterzelle etwa das 50fache der Stirnfläche einer Filterzelle. Die staubbindende Oberfläche des gesamten Filters beträgt danach rd. 583 $m^2$.

Bemerkenswert ist bei diesem Filter die Staubablagerung, die hauptsächlich an den Stauflächen und im Strömungsschatten der Filterkörper stattfindet, so daß die freien Luftwege des Filters keine schädlichen Verengungen erfahren. Durch das Tauchen der reinen Filterzellen in Viscinol haften an den vieltausenden der Berührungsflächen der einzelnen Filterringe winzige Tröpfchen dieses Staubbindeöles, die während der Betriebsdauer von dem anfallenden Staub aufgesogen werden. Darauf, in Verbindung mit der Ablagerung des Staubes in den toten Ecken, ist die hohe Filterwirkung zurückzuführen. Die Untersuchung des Stromerzeugers ergab, daß dieser nach 10 000 Betriebstunden praktisch vollkommen sauber war, so daß eine besondere Reinigung der Wicklungen nicht notwendig war.

Diese Untersuchungen des Viscin-Filters haben ergeben, daß die von der Lieferfirma angegebenen Leistungen zutreffen. Auf Grund dieser Prüfung braucht man für die Folge keine Bedenken zu tragen, Turbodynamos an Stelle der in den letzten Jahren für diese Maschinen vielfach verwandten Kreislaufkühlung mit einem zweistufigen Viscin-Filter auszurüsten, das nach den vorliegenden Erfahrungen die Betriebsicherheit der Turbostromerzeuger selbst bei einem Dauerbetrieb bis zu 8000 h und darüber nicht gefährden wird.

Auf Grund dieser praktischen Erfahrungen und der vorbeschriebenen Untersuchung muß gesagt werden, daß die Ausführungen in Bd. 72 (1928) auf S. 1385/86 der VDI-Zeitschrift über den Stand der Staubtechnik in der Einschätzung der gebräuchlichsten Filterbauarten einen Pessimismus erkennen lassen, der durchaus unberechtigt ist. Jeder Ingenieur wird den bei dem untersuchten Filter festgestellten Wirkungsgrad als erfreulich und zufriedenstellend bezeichnen müssen, denn es fehlen nur 0,13 vH bis zu einer Leistung von 100 vH. In diesem Zusammenhange können auch die Ausführungen der Zeitschrift „Rauch und Staub“ September 1927 S. 75 nicht unwidersprochen bleiben. Es ist hier der Grundsatz aufgestellt, „. . . daß in der Technik das Regelmäßige dem Regellosen vorzuziehen ist . . .“. Offenbar ist mit dem Regellosen die Schüttung des Filtergutes gemeint und daraus ein Nachteil für dieses Filter abgeleitet. Das dürfte wohl nach den vorerwähnten Versuchsergebnissen technisch verfehlt sein. Gerade infolge der unregelmäßigen Führung der Luftwege innerhalb der Filterschicht ist der erreichte Wirkungsgrad des Filters von 99,85 vH zu erklären.

Dortmund [M 3215] Dr.-Ing. *Froitzheim.*

## *Hüttenwesen*

### Festigkeits- und Gefügeuntersuchungen an kaltgewalzten und geglühten Bandstählen verschiedener Vorbehandlung

*A. Pomp* und *H. Poellein*[1]) haben Kaltwalz- u Glühversuche an Bandstählen mit 0,09 bis 1,44 vH C a gestellt. In Abb. 7 sind die Änderungen der Zugfestigk in Abhängigkeit von der Querschnittsverminderung für d Bandstähle 3, 6 und 9 mit 0,29, 0,65 und 0,93 vH C scha bildlich dargestellt. Jeder Stahl lag in drei verschieden Gefügeausbildungen vor: körniger Zementit, streifiger P lit und Sorbit. Je nach dem Gefüge des Ausgangswer stoffes ist der Verlauf der Verfestigung mit steigender Qu schnittsabnahme verschieden. Besonders fallen die Scha linien der Stähle mit streifigem Zementit auf. Ein V gleich dieser mit den Kurven der vor dem Walzen wei geglühten Stähle ergibt bei Stahl 3 trotz einer um 10 kg/m höheren Festigkeit eine etwas geringere, bei Stahl 9 d gegen eine stärkere Verfestigung, während sich bei Stah die entsprechenden Kurven im Anstieg nur wenig voneinander unterscheiden.

Weiterhin wurde der Einfluß verschiedener Glü behandlungen auf die Festigkeits- und Gefügeänderung eines kaltgewalzten Bandstahles mit 0,65 vH C untersuc Nach einem Kaltwalzen von 1,75 an 0,4 mm entspreche einer Abnahme von rd. 75 vH wurden die Proben bei 2 400, 550, 600, 650 und 700 ° geglüht, Abb. 8. Wie aus d Lage der beiden obersten Linienzüge, die den ungeglüht und den bei 250 ° geglühten Reihen entsprechen, ersichtli ist, wächst der Einfluß der Alterung mit dem Walzgrad zu einer Querschnittsverminderung von etwa 25 vH. V da ab verlaufen die beiden Kurven parallel in einem A stand von im Mittel 9 kg/mm².

Die Schaulinie der bei 400 ° geglühten Proben ze nur noch in ihrem ersten Drittel eine leichte Festigkeiterhöhung infolge Alterung. Der weitere Anstieg der Kur ist flacher als bei den ungeglühten Reihen. Bei 75 vH A nahme beträgt die Festigkeit nur mehr 125 kg/mm² gegü über 140 kg/mm² im ungeglühten Zustande. Sodann folg die Schaulinien der Zugfestigkeit der bei 550, 600 und 65 geglühten Reihen mit dem bemerkenswerten Sprung v 600 auf 650 °; wenig tiefer liegt die Linie der bei 700 ° glühten Proben.

[1]) Mitt. a. d. Kaiser-Wilhelm-Inst. f. Eisenforsch. Bd. 11 (1929) S.

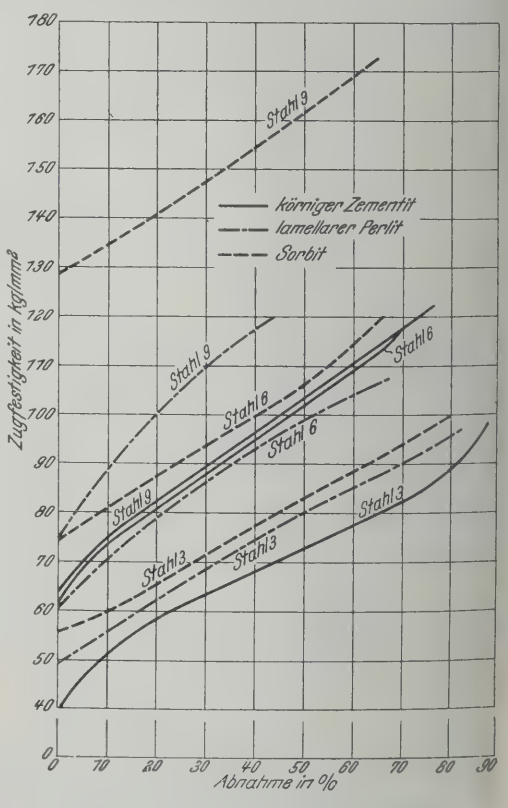



**Abb. 7.** Änderung der Zugfestigkeit dreier Stähle (3, 6 und 9) durch Kaltwalzen.

Bei den Schaulinien der Dehnung fällt auf, daß die ten Dehnungswerte durch die Glühung bei 650 ° insondere bei einem vorausgegangenen Walzgrad von 40 bis vH erreicht werden. Die höhere Glühtemperatur von ) ° ergab zwar noch eine geringe Abnahme der Zugfestigit, aber auch einen Abfall der Dehnung um rd. ein Drittel.

Die Gefügebilder des ungeglühten Stahles lassen in der gewalzten Probe entsprechend dem warmgewalzten Zund lamellar-sorbitisches Gefüge mit Ferritinseln ernnen. Mit steigendem Walzgrad tritt eine zunehmende reckung der Gefügeelemente ein. Bei 77 vH Abnahme d die Ferritfelder zeilenförmig gestreckt. Außerdem fin- sich zerriebener Sorbit, in den kleinere und größere ümmer von Zementitlamellen eingesprengt sind. Deutche Gefügeänderungen nach einer Glühung bei 250 ° sind ht zu erkennen. Dagegen rief die viereinhalbstündige ühung bei 400 ° übereinstimmend mit der beschriebenen stigkeitserniedrigung bereits unverkennbare Einforngserscheinungen hervor, die sich mit steigendem Walzad verstärken. Ein Vergleich des Gefüges der mit 77 vH nahme gewalzten Proben des ungeglühten, sowie des er Glühung bei 400 ° entsprechenden Zustandes zeigt den terschied besonders deutlich. Das vor der Glühung ukturlose Sorbitgemenge erscheint nach der Glühung wie neuer Gefügebestandteil. Das Bestreben der submikroopisch kleinen Zementitsplitter des zertrümmerten Sors, sich zu größeren Zementitindividuen zusammenzuließen, ist deutlich erkennbar. Bei den niedrigeren lzstufen ist diese Erscheinung je nach dem Grad der raufgegangenen Kaltverformung weniger zu finden. Die nformung des Zementits geht also bereits bei 400 ° ühtemperatur in ausgedehntem Maße vonstatten.

Die bei 550 und 600 ° geglühten Proben zeigen mit fortreitendem Walzgrad zunehmende Einformungserscheingen, jedoch noch keine frei in der ferritischen Grundsse eingebetteten Körner. Bei den höheren Walzstufen gt das dichte, ursprünglich formlose Zementit-Ferrit-Gesch zwar deutliche Ansätze zur Bildung einzelner Kügelen. Ein Vergleich mit den Gefügebildern der bei 650 ° llkommen eingeformten Proben zeigt jedoch einen wesenhen Unterschied. In dem einen Falle liegen die Körnen einzeln im Ferrit locker verstreut, im andern Falle den sie ein ineinander verfilztes Haufwerk, in dem die

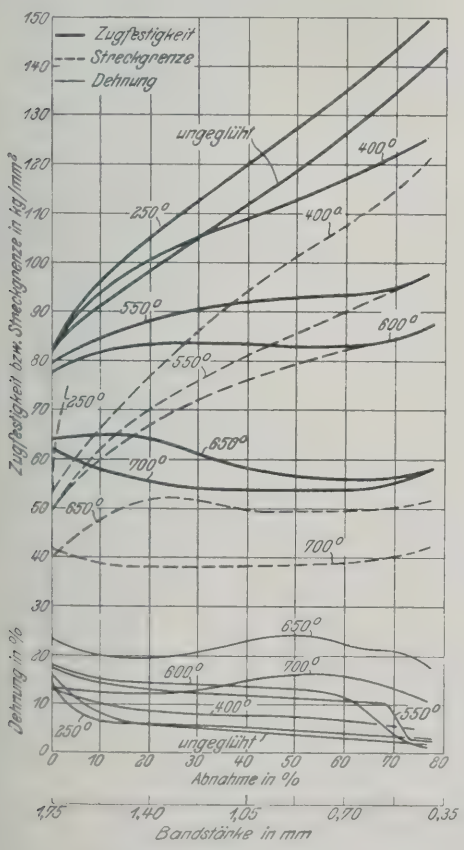



**Abb. 8.** Festigkeitsänderungen des Stahles 6 (0,65 vH C) durch $4\frac{1}{2}$-stündiges Glühen bei 250 bis 700°.

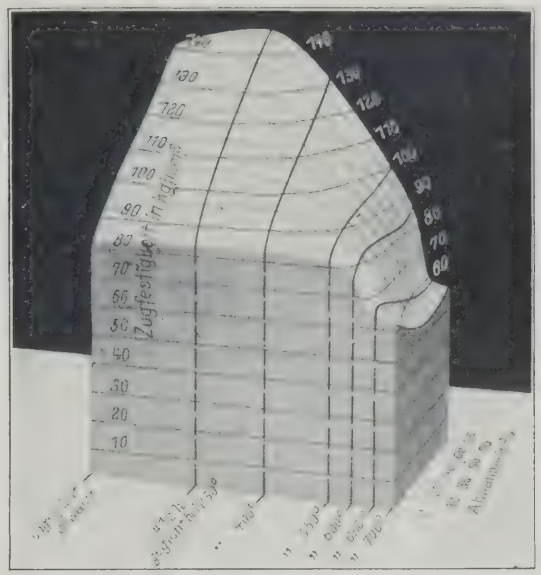



**Abb. 9.**
Räumliche Darstellung der Änderungen der Zugfestigkeit von Stahl 6 (0,65 vH C) durch Kaltwalzen und $4\frac{1}{2}$-stündiges Glühen bei 250 bis 700°.

Zementitteilchen noch nach allen Richtungen hin in engster Fühlung miteinander stehen. Hierdurch findet der große Unterschied in den Festigkeitseigenschaften zwischen den bei 650 ° geglühten Proben und den bei 600 und 550 ° geglühten seine Erklärung.

Die Gefügeuntersuchung der bei 700 ° geglühten Proben ergab folgendes Bild: Bei 0 und 23 vH Abnahme wurde körniger Zementit gefunden, die höheren Walzstufen zeigten sämtlich lamellar-sorbitischen Perlit. Die Untersuchung zahlreicher weiterer Schliffe konnte dieses Ergebnis jedoch nicht bestätigen, es konnte vielmehr auch in den stark gewalzten Proben rein körniger Zementit und in den ungewalzten Proben lamellar-sorbitischer Perlit nachgewiesen werden. Eine Vergleichsglühung einzelner Proben steigender Walzgrade bei 700 ° ergab durchweg ein aus lamellarsorbitischem Zementit bestehendes Gefüge. Rein körniger Zementit entstand dagegen in kaltgewalzten Proben nach einer Glühung bei 690 °. Die verschiedene Ausbildung des Zementits in den ursprünglich geglühten Zerreißproben ist demnach darauf zurückzuführen, daß in den Zerreißprobenpaketen ein Temperaturunterschied von nur wenigen Graden zwischen den äußeren und inneren Teilen genügte, um in ein und demselben Probenpaket sowohl die lamellar-sorbitische wie auch die körnige Ausbildungsform des Zementits hervorzurufen. Die erwähnten niedrigeren Dehnungswerte finden so ihre Erklärung.

Eine Übersicht über die beim Kaltwalzen und Glühen eines Stahles mit 0,65 vH C eintretenden Änderungen der Zugfestigkeit gibt die räumliche Darstellung, Abb. 9.

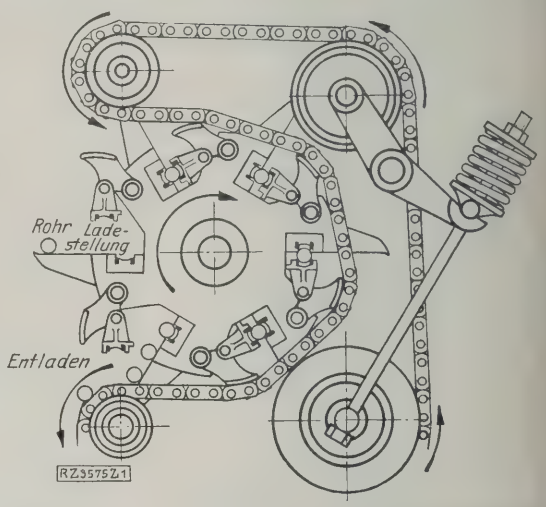
Aus den Untersuchungen ergeben sich folgende für die Praxis wichtigen F o l g e r u n g e n: Bei Bandstahl, der nach dem Kaltwalzen gehärtet werden soll, ist ein gleichmäßig feines Zementitkorn von besonderer Wichtigkeit für die Erzielung eines guten Härtungsgefüges. Um dahin zu gelangen, muß der Zementit möglichst weitgehend beim Kaltwalzen zertrümmert werden. Bei Stählen mittleren C-Gehaltes (bis etwa 0,75 vH) ist dies ohne vorausgegangenes Glühen im allgemeinen möglich. Bei höheren C-Gehalten dürfte ein kurzes, etwa vier- bis fünfstündiges Glühen bei 650 ° genügen, damit ein wirtschaftliches Kaltwalzen und hierdurch eine Zertrümmerung des noch nicht oder unvollständig eingeformten Gefüges möglich wird. Die an das erste Kaltwalzen anschließende Glühung soll dann die Temperatur von 600 ° nicht überschreiten; bei weiteren Zwischenglühungen kann man allmählich auf 550 ° zurückgehen, da bei dieser Temperatur bereits eine genügende Erweichung des stark verformten Werkstoffes stattfindet. Bei dieser Arbeitsweise sind Randentkohlungen nicht zu befürchten, ebensowenig tritt bei geringer Überschreitung der Glühtemperatur, womit im praktischen Betrieb immer gerechnet werden muß, schon eine Vergröberung des Zementitkorns ein. Das Enderzeugnis wird stets nur feinkörnigen, gleichmäßig verteilten Zementit enthalten.

Düsseldorf. [M 3208] *A. Pomp.*

# Kleine Mitteilungen

### Ununterbrochenes Gewindeschneiden von Rohren

Die Firma Davis & Thompson Co., Milwaukee, baut eine Maschine, die ganz selbsttätig und ununterbrochen an Rohren von 25 bis 100 mm Dmr. Gewinde schneidet. Ein Fördertisch führt die Rohre der Maschine an der Längsseite zu, wo sie eine mit sechs Ladestellen versehene umlaufende Trommel aufnimmt, selbsttätig festklemmt und nach einem Trommelumlauf wieder auswirft, s. nebenstehende Abbildung. Während des Umlaufs der Trommel scheiden sechs ebenfalls mitlaufende Schneidköpfe das Gewinde. Die Spindeln der Schneidköpfe werden mittels Kurve und Feder vor und zurückbewegt. Ein Regelmotor treibt die Hauptwelle der Maschine, die über eine Kupplung die Trommel und den Spindelstock bewegt, mittels geräuschloser Kette an. („Iron Age" 12. September S. 680*) [N 3575 c] *Schr.*




Ladetrommel der selbsttätigen Rohrgewinde-Schneidemaschine.

### Betriebsergebnisse einer Hochdruckanlage

Der Bericht des Prime Mover's Committee der National Electric Light Association enthält folgende Erfahrungszahlen über einen 91 at-Kessel und eine 7000 kW-Turbodynamo in einem für 21 at entworfenen Kraftwerk der Milwaukee Electric Railway & Light Co.:

| | 1927 (8 Monate) | 1928 |
|---|---|---|
| Mögliche Betriebsdauer . . . . . h | 5880 | 8761 |
| Betriebsdauer des Kessels . . . . . „ | 5035 | 6945 |
| Ausnutzung des Kessels (Betriebstunden) . . . . . vH | 86 | 79,4 |
| Betriebsdauer der Turbine . . . . . h | 4785,2 | 5993,6 |
| Gelieferter Strom . . . . Mill. kWh | 30,97 | 39,23 |
| Ausnutzung der Turbine (Betriebstunden) . . . . . vH | 81 | 68 |
| Ausnutzung der Turbine (gelieferter Strom) . . . . . vH | 75 | 64,5 |

Da sich an den Bronzeschaufeln der Turbine Anfressungen zeigten, wurden sie gegen Schaufeln aus Stahl ausgewechselt. Auf Grund der guten Erfahrungen hat das Werk einen zweiten Hochdruckkessel angeschafft und die Aufstellung von zwei weiteren Kesseln mit den zugehörigen Turbinen in Aussicht genommen. („Electrical World" 7. September 1929 S. 472) [N 3575 a] *Le.*

### Rohrleitungen für ein Kraftwerk in Schottland

In Schottland plant man den Bau von zwei großen Hochdruckrohrleitungen für ein Wasserkraftwerk im Grampian-Gebirge, wo das Wasser des Loch Ericht durch einen 5,6 m langen Stollen mit 145 m Gefälle nutzbar gemacht werden soll. Dieser Stollen von 3,8 m Dmr. gabelt sich an seinem unteren Ende in zwei Stahlrohre von 3,1 m Dmr., die Rohre wiederum am Wasserschloß, das 317 m über dem Meeresspiegel liegt, je in zwei weitere Stahlrohre von 2,4 m Dmr. Von diesen vier Zuleitungen des Betriebswassers sollen zwei vorläufig geschlossen bleiben. Im Krafthaus will man zwei Wasserturbinen von insgesamt 42 000 PS einbauen. Die Anlage soll später mit den umliegenden Dampfkraftwerken verbunden werden.

Die beiden oberen Druckleitungen bestehen aus Stahlrohren, deren Wanddicke 12 mm am oberen, 24 mm am unteren Ende beträgt; die Länge jedes Rohrschusses beträgt i. M. 7,5 m; das schwerste Stück wiegt rd. 13½ t. Die Rohre, die nicht überall gerade verlaufen, erhalten an den Biegungen Druckringe. Die Stöße sind überlappt und doppelt genietet. Vor dem Einbau werden die Rohre einem Probedruck von 15 at am oberen und 25 at am unteren Ende unterworfen. („Power" 13. August 1929 S. 270) [N 3575 b] *Bl.*

### Einheitliche Betonmischanlage für verschiedene Baustellen

In den Vereinigten Staaten von Amerika geht man seit einiger Zeit immer mehr dazu über, in den Mittelpunkten der jeweiligen Bautätigkeit besondere Mischanlagen zu errichten, die den umliegenden Baustellen den Beton gießfertig liefern. Die Wirtschaftlichkeit solcher Mischanlagen hängt im wesentlichen von der Auswahl geeigneter, in ihrem Arbeiten aufeinander abgestimmter Lager- und Ladevorrichtungen ab.

Eine in Cincinnati, Ohio, seit kurzem in Betrieb befindliche Anlage hat vier gleich große Behälter von insgesamt 1200 t Fassungsvermögen, in denen vier Arten v Zuschlagstoffen gelagert werden. Ein unter diesen Behä tern geführtes Förderband von 56 m Länge und 400 m Breite führt die Zuschlagstoffe schräg ansteigend zu de aus vier Kammern bestehenden Verwiegebunker von 20 Fassungsvermögen. Hier wird jede Art getrennt verwoge Die Wiegevorrichtungen können auf einmal je rd. 1130 verwiegen. Sodann fallen die abgemessenen Mengen der Z schlagstoffe in den Füllrumpf des Mischers. Der in Eise bahnwagen lose beförderte Zement wird mittels einer Eime leiter zu einem vollkommen geschlossenen Bunker von 5 Fassungsvermögen gebracht. Die unten an den Bunker a schließende Abwiegevorrichtung kann bis zu 900 kg a einmal verwiegen. Von dort aus wird der Zement mitte einer Förderschnecke zum Füllrumpf des Mischers beförde Die Wassermeßvorrichtung, die Gewicht und Hohlmaß a zeigt, ist so gebaut, daß man ohne große Verzögerung d Wasserzusatz von aufeinanderfolgenden Mischungen ände kann. Der Mischer kann auf einmal 1,5 m³ Beton herstell

Ein Dampfkessel, der aus einem geschlossenen Wasse behälter von rd. 3,2 m³ Inhalt gespeist wird, ermöglicht, au im Winter Beton zu verarbeiten. Alle Behälter sind n Heizröhren versehen, so daß der Beton auch an Frosttag beim Verlassen des Mischers eine Temperatur von 20 ° a weist. Wie sich im letzten strengen Winter gezeigt h kann man den so warmgehaltenen Beton in schnellaufe den Wagen von 1,5 m³ Fassungsvermögen, deren Räd Gummibereifung haben, 9 bis 10 km weit befördern, oh daß er viel an Wärme verliert. („Mechanical Engineerin September 1929 S. 700) [N 3575 e] *Sd.*

### Fahrgestell für Kraftomnibusse

Die General Motors Corporation stellt neuerdings ihrem Werk Pontiac, Mich., ein Fahrgestell für Kra omnibusse her, das mehrere bemerkenswerte Einzelheit aufweist. Es wird von einem Sechszylindermotor mit 108 m Zyl.-Dmr. und rd. 140 mm Hub angetrieben, der l 2000 U/min 100 PS leistet und nach der Bauart Knight n Doppelschiebersteuerung versehen ist. Die Zylinder hab getrennte Köpfe aus Leichtlegierung. In das Antriebr der Steuerwelle, auf der die kurzen Exzenterstangen d Steuerschieber ohne besondere Lagerschalen laufen, ist ei Gleitkupplung eingefügt, so daß die Steuerung versa wenn einer der Schieber zu hohe Reibung verursacht. I durch wird den bekannten Zylinderschäden durch Fress der Schieber vorgebeugt. Die Antriebkette der Steuerwe wird selbsttätig nachgespannt. Der Motor ist mit Bren stoffpumpe, Schmierölfilter und einem durch den Unterdru beeinflußten Drehzahlregler versehen. Die Kupplung h eine einfache trockene Scheibe und kann bei schweren Fal zeugen mittels Druckluft ausgerückt werden. Beim vi stufigen Wechselgetriebe bleiben die Zahnräder für d zweiten und den dritten Gang ständig im Eingriff. S werden nur mittels Zahnkupplungen geschaltet. In d Mitte der gelenkigen Treibwelle ist eine Bremse mit zw Scheiben angebracht, die mittels Handhebels betätigt wi Die Hinterachse hat Schneckenantrieb und wie die Vorde achse Westinghouse-Unterdruckbremse. („The Automob Engineer" September 1929 S. 319/24*) [N 3575 g] *H.*

### Der Lloyddamm in Indien

Der Lloyddamm im Bezirk Bombay, der größte Damm Welt, ist jetzt fertiggestellt. Er ist die letzte von einer ihe von Schutzanlagen, die man in dieser Gegend errichtet , wie z. B. den Wilsondamm und den Pravarakanal. Mit n Bau dieser Anlagen hat man im Jahre 1903 begonnen, der großen Trockenheit und der damit verbundenen ngersnot, die dort herrschte, abzuhelfen. Die Ernten in der vässerten Gegend haben sich seitdem erheblich gebessert. Der Damm hat 1625 m Länge, rd. 58 m Höhe und 0 000 m³ Gesamtinhalt. Das durch ihn abgeschlossene mmelbecken von 685 Mill. m³ Inhalt ist 27 km lang und 23 300 m² Fläche bei rd. 18 m mittlerer Tiefe. Den sserstand im Becken regeln 81 Schleusentore, von denen selbsttätig arbeiten. Die Wasserkraft von 1200 PS, die rbei frei wird, will man vorläufig nicht ausnutzen. Die den Hauptläufe der Nira-Kanalanlage, die von dem cken gespeist werden, sind 160 km lang und bestreichen e Fläche von 338 000 ha, wovon jährlich 82 000 ha bessert werden. Der Bau des Lloyddammes, der den alten atyardamm ersetzen soll, hat 15 Jahre gedauert. (Engineering News-Record 5. September 1929 S. 362*) [N 3575 f] *Bl.*

### Schwere Kohlenstaubexplosion

Eine folgenschwere Kohlenstaubexplosion, die sechs Tote und fünf Schwerverletzte forderte, ereignete sich im Eisenwerk Joliet III der William E. Pratt Mfg. Co. Sie wurde dadurch hervorgerufen, daß Arbeiter beim Reinigen des Staubvorratbunkers hinter der Mühle der zentralen Mahlanlage das Mühlengebläse anstellten, um mehr Kühlung zu haben; denn die Bunkertemperatur war wegen der in demselben Gebäude untergebrachten, unmittelbaren Trocknung sehr hoch. Der Vorratbunker war in eine darunter befindliche Grube entleert, die Einstieg- und Explosionsklappen standen offen. So konnte sich ein sehr explosibles Staub-Luftgemisch bilden, das sich an einem durch die Trocknung in den Bunker gelangten Funken entzündete. Die Arbeiter, die sich teils in der Grube, teils vor dem Gebäude, jedoch in unmittelbarer Nähe des Bunkers befanden, wurden durch die aus allen Klappen hervorschießenden Flammen verbrannt. Unfälle derselben, wenn auch nicht so schwerer Art waren, schon in ähnlichen Anlagen vorgekommen. Sie geben die Lehre, die Vorschriften für das Lagern und Befördern von Kohlenstaub genauer zu befolgen. („Power" 10. September 1929 S. 427) [N 3575 h] *Stg.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

rschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 317. H.: **Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und m Azetylen auf die Wirtschaftlichkeit und Güte des Schnittes bzw. der Schweißnaht.** Von *W. Rimarski, C. Kantner* und *E. Streb*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 44 S. n. 76 Abb. Preis 6,— *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 *RM*.

Die umfangreichen Versuche wurden auf Anregung Fachausschusses für Schweißtechnik in der Chemisch-chnischen Reichsanstalt, Berlin, und in der schweißhnischen Versuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn, ttenberge, durchgeführt und umfassen zwei Hauptgrupn: das Schneiden und das Schweißen mit Azetylen.

Nach einer kurzen Zusammenfassung der auf dem Gete des Brennschneidens bekannten Forschungsarbeiten d der hieraus sich ergebenden Erkenntnisse folgt eine ersichtliche Zusammenstellung der eigenen Versuchsgebnisse. Untersucht wurde der Einfluß der Sauerstoffnheit auf die Schnittleistung, der Einfluß der Vorwärmung Sauerstoffs und die Gefügeveränderung des Werkstücks der Nähe der Schnittflächen. An der Hand vieler Zahlenln, Diagramme und Schliffbilder werden die Versuchsgebnisse belegt und verschiedene umstrittene Fragen gert. Desgleichen wird der Einfluß des Wasserdampfhaltes des Sauerstoffs auf die Schnittleistung bestimmt.

Die Schweißversuche erstrecken sich auf die Feststelng des Einflusses der Verunreinigungen im Sauerstoff d im Azetylen auf die Flammenwirkung und auf die rtschaftlichkeit und Güte der Schweißnaht. Insbesondere rd der Einfluß des Azetons im Azetylen auf die Schweißstung untersucht und festgestellt, inwieweit die Vereinigung des Azetylens an Phosphor und Schwefelsserstoff-Verbindungen die Güte der Schweiße beeinchtigen.

Die von berufenster Seite mit großer Mühe und Sorgt durchgeführten Versuche bestätigen z. T. ältere durch rsuche und rechnerisch ermittelten Werte und tragen eblich dazu bei, widersprechende Ansichten zu klären. len Fachleuten, die sich mit wissenschaftlichen Fragen auf n Gebiete des Schweißens und Schneidens, auf dem noch nches zu erforschen ist, befassen, muß das Studium vorgender Arbeit dringend empfohlen werden. [E 3506]
*Horn*

**nellaufende Dieselmaschinen.** Von *O. Föppl, H. Stromeck* und *L. Ebermann*. 4. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 237 S. m. 143 Abb. Preis 16,50 *RM*.

Der Bau von schnellaufenden Dieselmotoren befindet h zur Zeit in stürmischer Entwicklung, der ein Handch nicht folgen kann. Daher widmen sich die Verfasser n größten Teil der Bauart und Bedienung des klassischen nellaufenden Dieselmotors, des U-Boot-Motors; unter dem ang der Kriegsverhältnisse hat er sich in Deutschland einer Vollendung entwickelt, die wohl selten von einer schinenart erreicht wurde. Die Gesichtspunkte für den n und die Erfahrungen, die in dem Buch mit Sorgfalt zunmengetragen sind, gelten zum größten Teil noch heute. r die kompressorlose Bauweise ist nicht so behandelt, wie ihrer heutigen Bedeutung zukommt. Die Entwicklung nach dem kompressorlosen raschlaufenden Leichtmotor hin, der in bezug auf Drehzahl, Kolbengeschwindigkeit und Gewicht für 1 PS die U-Boot-Motoren weit übertrifft, wird nicht berührt.

Der erste Teil enthält die allgemeine Beschreibung des schnellaufenden Viertaktmotors für U-Boote, viele Einzelheiten der Hauptteile und des Zubehörs, die die Erfahrungen als notwendig und beachtenswert erwiesen haben.

Im zweiten Abschnitt wird die Frage Zweitakt- oder Viertaktmaschine behandelt, wobei besonders auf die richtige Abstimmung von Spülluftmengen und -drücken und Auspuff und Spülquerschnitten hingewiesen wird; mit den Schlußfolgerungen über angehängte oder selbständige Hilfsmaschinen wird man allerdings nicht ganz einverstanden sein; denn die technischen Gesichtspunkte haben sich heute stark geändert. Von Sonderbauarten werden die kompressorlosen Motoren beschrieben, unterstützt durch klare Zeichnungen der Pumpen, Steuerung und Ventile.

Nach Behandlung des Massenausgleichs führt *O. Föppl* in sein Berechnungsverfahren der Drehschwingungen der Wellen ein, das gegenüber dem allgemein üblichen (*Geiger, Tolle, Holzer*) wenig übersichtlich erscheint. Die Abschnitte über Erfahrungen, Berechnung und Konstruktion und Betrieb bieten eine Fülle von wertvollen Angaben. Hier spricht der erfahrene Konstrukteur und Betriebsfachmann mit seltener Klarheit und Ausführlichkeit. [E 3447]
Dr.-Ing. *Fr. Schmidt*

**Die Grundbautechnik und ihre maschinellen Hilfsmittel.** Von *G. Hetzell* und *O. Wundram*. Berlin 1929, Julius Springer. 399 S. m. 436 Abb. Preis 35 *RM*.

Im ersten Teil behandelt *G. Hetzell* zunächst klar und kurz, dabei völlig ausreichend, die technischen Grundlagen. Sodann folgt eine ausgezeichnete, durch gut gewählte Beispiele erläuterte Darstellung der verschiedenen Gründungsarten. Dabei sind besonders zu begrüßen eingestreute Beschreibungen einzelner, geschickt ausgesuchter Arbeitsvorgänge auf der Baustelle und der Erfahrungen, die hierbei gemacht wurden.

Sehr dankenswert ist, daß in einem besonderen Kapitel die Einrichtung von Gründungsbaustellen besprochen wird. Zur stärkeren Betonung der beabsichtigten Zusammenfassung wäre es wünschenswert, wenn auch hier im ersten Teil, bei der Besprechung der einzelnen Grundbautechniken, durch Klammervermerke hingewiesen würde auf die entsprechenden Kapitel des zweiten Teiles, in denen die benutzten Baumaschinen behandelt sind. Daß dies im zweiten Teil mit Bezug auf den ersten recht häufig geschieht, ist sein besonderer Vorzug.

Den ersten Abschnitt des zweiten Buchteiles, Kraftquellen und Antriebmaschinen, schließt *O. Wundram* mit einer sehr beachtenswerten Schlußbetrachtung über Wahl und Organisation der maschinellen Hilfsmittel für Grundbaustellen Im weiteren werden dann die Baumaschinen selbst behandelt, wobei besonderer Wert darauf gelegt ist, dem Bauingenieur ein Urteil zu verschaffen über Leistungsfähigkeit, Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit sowie über den Kraftbedarf. Dieser zweite Teil wird die

Aufmerksamkeit in erhöhtem Maße verdienen, weil er wertvolle Fingerzeige bringt für die im Gang befindlichen Rationalisierungsbestrebungen im Grundbau.

So geben in den beiden Buchteilen die Verfasser gemeinsam in klarer, flüssiger Darstellung, unterstützt durch viele gute Abbildungen und ergänzt durch sachlich gegliederte Literaturhinweise, ein anschauliches Bild des gesamten Grundbaues mit besonderer Betonung der hierbei vorkommenden Abhängigkeiten und Beziehungen zwischen Bau- und Maschinentechnik.

Das Werk kann deshalb allen werdenden und in der Praxis stehenden Ingenieuren bestens empfohlen werden. [E 3503] *W. Eiselen*

**Der Eisenbetonbau,** seine Theorie und Anwendung. Herausgeg. von *E. Mörsch.* 6. Aufl. 1. Bd. 2. H. Stuttgart 1929, Konrad Wittwer. 541 S. m. 614 Abb. Preis 27 *RM.*

In der vorliegenden Neuauflage wird zunächst die Wirkung der Schubkräfte bei Biegung eingehend behandelt. Im Hinblick auf die scharfen Auseinandersetzungen in den Zeitschriften „Der Bauingenieur" und in „Beton und Eisen" wird erneut der Beweis gebracht, daß die Schubsicherung nach den Bestimmungen vom Jahre 1925 bei sachgemäß getroffener Anordnung weniger Eisenaufwand erfordert, als nach den Vorschriften von 1907 und 1916. Weiterhin wird in einem Kapitel „Ermittelung der äußeren Kraftwirkungen" der Nachweis erbracht, daß auch Rahmen aus Eisenbeton als elastische Tragwerke anzusehen sind, wenn es sich um die Ermittelung der statisch unbestimmten Auflagerkräfte handelt, daß also die sogen. *Lösersche* Bezugsachse nicht richtig sei. Bei Besprechung der Platten mit kreuzweise angeordneter Bewehrung tritt *Mörsch* für den von Dr. *Leitz* gemachten Vorschlag ein, wegen der schwierigen Durchführung auf die günstige Wirkung der Drillingsmomente zu verzichten und dafür die seitenparallele Streifenbewehrung stärker zu nehmen. Bei der Besprechung der Wirkung einer konzentrierten Last empfiehlt *Mörsch* gewisse Einschränkungen bezüglich der in Rechnung zu stellenden Plattenbreite. Sehr beachtlich sind schließlich noch die Ausführungen über die Berechnung der Gelenkquader. Es sei vor allem wichtig, bei werkstattmäßig hergestellten Kunststeinen einen möglichst zugfesten Beton zu verwenden. In jedem Falle, also auch bei Herstellung der Quader unmittelbar auf dem Lehrgerüst, sei zur Verwendung eines plastischen Betons zu raten. Die vorliegende Neuauflage bedarf keiner besonderen Empfehlung. Ihre Bedeutung liegt vor allem in der wissenschaftlichen Auswertung der bisherigen Versuchsarbeiten. Das Buch ist nach wie vor für jeden Fachmann ein unentbehrlicher Ratgeber. [E 3397] *C. Kersten*

**Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie,** 8. Auflage, herausgegeben von der Deutschen Chemischen Gesellschaft, System-Nummer 59: Eisen, Teil A — Lieferung 1, Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin 1929. 224 S. Preis 33 *RM.*

Der einleitende geschichtliche Teil geht, entsprechend der überragenden Bedeutung, die dem Metall Eisen im wirtschaftlichen Leben aller Völker seit den ältesten Zeiten her zukommt, weit über die knapp begrenzten Angaben hinaus, die sonst in dem Handbuch die einzelnen Elemente einleiten. Die 59 Seiten umfassende Quellensammlung zur Geschichte des Eisens stellt eine Bibliographie dar, die bisher in ähnlicher Weise wohl noch nirgends geboten wurde ist und die für historische Forschungen auf diesem Gebiet wertvolle Unterlagen bildet. Auch das nächste Kapitel „Vorkommen" ist mit größerer Ausführlichkeit behandelt, als man es sonst im Gmelin gewohnt ist. Der erste Teil „Lagerstättenkundliche Stellung des Eisens" ist als Einführung in das Verständnis der beiden folgenden Abschnitte „Topographische Übersicht der Lagerstätten" und „Eisenmineralien" gedacht. Hieran schließt sich ein wirtschaftlich statistischer Teil, der Angaben über die Eisenerzvorräte und die Eisenerzeugung der Erde bringt. Der letzte Abschnitt behandelt das reine Eisen, dessen Darstellung auf elektrolytischem und chemischem Wege, wobei auch die metallurgischen Verfahren zur Erzeugung von Eisenschwamm, von Armco-Eisen und die Darstellung von Eisen-Carbonyl kurz gestreift werden.

Der Band wird nicht nur dem Chemiker, sondern auch dem Mineralogen, dem Geologen und dem Eisenhüttenmann von Nutzen sein. [E 3453] *A. Pomp*

**Rohrbrunnen.** Das erste Buch über Rohrbrunnen. Von Dr.-Ing. *Erich Bieske.* München und Berlin 1929, Verlag von R. Oldenbourg. 214 S. m. 170 Abb. Preis 14 *RM.*

Im Schrifttum ist der Brunnenbau als Sondergebiet wenig behandelt. Um so beachtenswerter ist es, wenn einer auf ihm wissenschaftlich und praktisch sehr erfahrene Ingenieur seine Kenntnisse der Allgemeinheit übergibt. Dies Buch ist nicht nur für den Brunnenbauer, sondern noch mehr für den Brunnenverwender bestimmt. Die Beschränkung auf den Rohrbrunnen ergibt sich aus seiner fast ausschließlichen Anwendung in der Praxis. Es werden Herstellung, Unterhaltung und Einzelteile solcher Brunnen betrachtet sowie die Untersuchung des Wassers und die wirtschaftlichen Fragen der Kostenberechnung (leider nicht über Brunnenbetrieb!). Inhalt und Ausstattung des Buches empfehlen es nach jeder Richtung hin. [E 3452] *Baer*

**Bericht über Unternehmungen betreffend die Ursachen zur Zerstörung von Beton in Wasserbauten.** Herausgeg. Trollhättans Tryckeri Aktiebolag 1929, Trollhätta 145 S. m. Abb. Preis 4 Kr.

**Braunkohlen-Brikettverladeanlagen.** Von *Friedr. Iss* Halle a. d. Saale 1929, Wilhelm Knapp. 76 S. m. 38 Abb. Preis 15,50 *RM.*

**Der Hochofenzement und seine Verwendung.** Von *Richard Grün.* Berlin 1929, Verlag Zement und Beton G. m. b. H. 175 S. m. Abb. Preis 4,20 *RM.*

**Die Dauerprüfung der Werkstoffe.** Von *O. Föppl, E. Beck, G. v. Heydekampf.* Berlin 1929, Julius Springer. 124 S. m. 103 Abb. Preis 10,75 *RM.*

Mitteilungen a. d. Forschungs-Institut der Vereinigten Stahlwerke A.-G., Dortmund. 1. Bd. 5. H.: **Beiträge zur Kenntnis des Siliziumbaustahles.** Von *H. Buchholz* Berlin 1929, Julius Springer. 23 S. m. 50 Abb. Preis 3 *RM.*

**Schluß des Textteiles**

## *INHALT:*


Seite

Die Leistungstheorie der Lokomotive in ihrer Entwicklung. Eine geschichtliche Skizze zur hundertsten Wiederkehr des Tages von Rainhill. Von *H. Nordmann* . . . . . 1413

Die Kräfte im Triebwerk von Dreizylinderlokomotiven. Von *F. Loewenberg* . . . . . 1417

Über das System Eisen-Molybdän . . . . . 1420

Das Trocknen und künstliche Altern des Holzes. Von *H. Will* . . . . . 1421

Strömung des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen. Von *J. Nikuradse* . . . . . 1423

Neuzeitliche Riemenprüfung. Von *F. Pelckmann* . 1425

Über die Bearbeitung von Spanholzplatten und Sperrholzplatten. Von *F. Hetzel* . . . . . 1427

Thermischer und thermodynamischer Wirkungsgrad von Dampfkraftmaschinen. Von *G. Zerkowitz* . 1429

Löschen des Schaltlichtbogens mit Druckluft (Druckluftschalter) . . . . . 1433

Das Bauwesen in der Union der Sozialistischen Sowjet-Republiken. Von *B. Barsky* . . . . . 1435

Bau von Gasfernleitungen in den Vereinigten Staaten insbesondere der Amarillo-Denver-Leitung. Von *Glinz* . . . . . 1437

Auswählende Schwimmaufbereitung von Erzen in Mexiko. Von *G. Bruchhold* . . . . . 1

Über die Dichte geschmolzener Metalle und Legierungen . . . . . 1

Kostenplanung und Vertriebsrechnung . . . . . 1

Rundschau: Gekapselte Hochspannungsanlagen — Fräsmaschine für Zylinderblöcke — Luftfilter und Filterwirkung — Festigkeits- und Gefügeuntersuchungen an kaltgewalzten und geglühten Bandstählen verschiedener Vorbehandlung — Kleine Mitteilungen . . . . . 1

Bücherschau: Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf die Wirtschaftlichkeit und Güte des Schnittes bzw. der Schweißnaht. Von *W. Rimarski, C. Kantner* und *E. Streb* — Schnellaufende Dieselmaschinen. Von *O. Föppl, H. Strombeck* und *L. Ebermann* — Die Grundbautechnik und ihre maschinellen Hilfsmittel. Von *G. Hetzell* und *O. Wundram* — Der Eisenbetonbau. Von *E. Mörsch* — Gmelins Handbuch der anorganischen Chemie — Rohrbrunnen. Von *E. Bieske* — Eingänge . . . . . 1

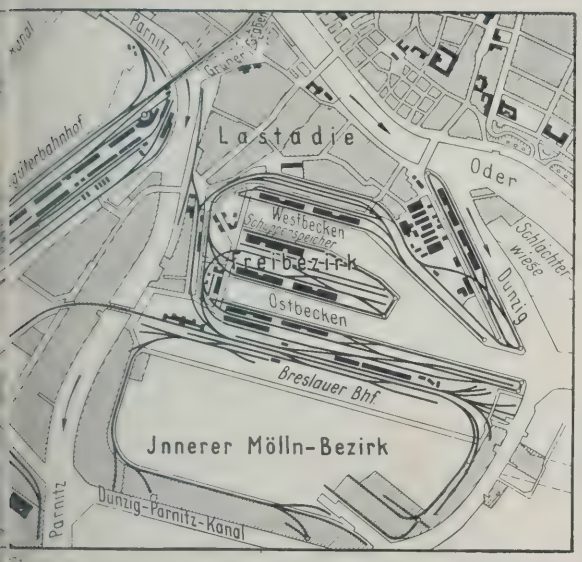

Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß,* in Vertr. *K. Meyer,* Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

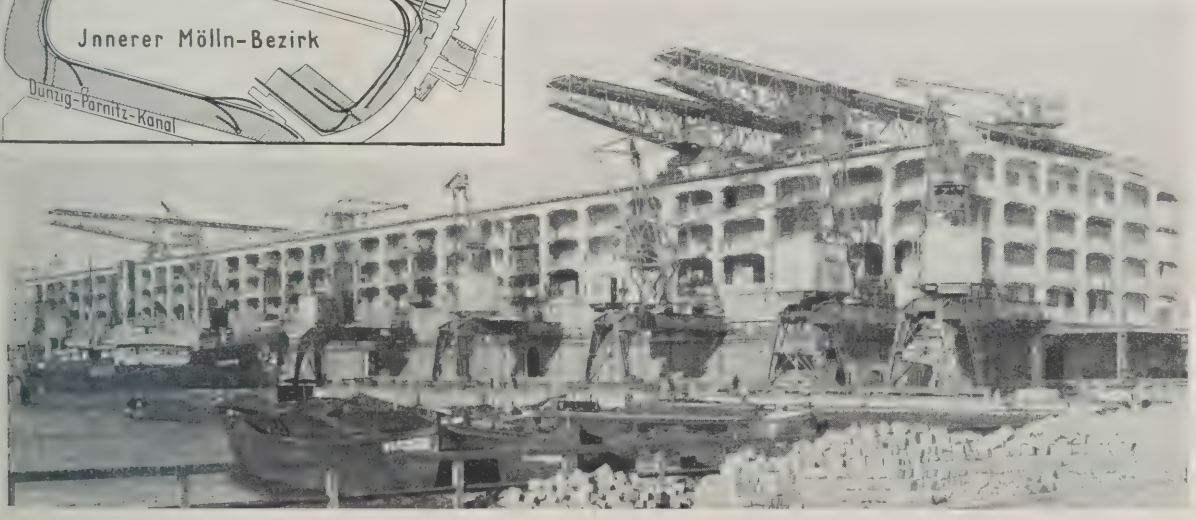
ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
Bd. 73 SONNABEND, 12. OKTOBER 1929 Nr. 41

# Ein neuer Schuppenspeicher für Stückgut im Seehafen Stettin

*Von Stadtbaurat a. D. Dr.-Ing. E. h. G. FABRICIUS und Magistratsoberbaurat H. SCHULZE, Stettin*

*Wirtschaftliche und verkehrstechnische Begründung des Baues eines sechsgeschossigen „Schuppenspeichers" von 210,7 m Länge und 37,7 m Breite. Beschreibung der Gründungs- und Betonarbeiten und der Einrichtung des Bauwerkes, insbesondere der Feuerschutzanlagen. Die Umschlageinrichtungen.*



### Der Hafen Stettin

Der Seehafen Stettin liegt an der Mündung des westlichen Armes der Oder. Die 65 km lange Schiffahrtstraße Stettin – Swinemünde, die Stettin mit der Ostsee verbindet, ist 8,7 m tief und wird gegenwärtig auf 9,6 m vertieft[1]).

Für die Binnenschiffahrt stehen der auf 655 km bis Küstrin schiffbare Oderstrom, die bei Küstrin in die Oder mündende Warthe, die auf 288 km Länge schiffbar ist, mit ihren auf 270 km schiffbaren Netze, und der Hohenzollernkanal nach Groß-Berlin, der die Verbindung mit dem Elbegebiet vermittelt, zur Verfügung.

Nachdem Stettin 1873 als Festung geschleift war, wurde 1878 am Dunzig die erste Hafenanlage mit Gleisanschluß, Becken und Schuppen errichtet. Beide Ufer der Oder und das nördliche Ufer der Parnitz sind im Bereiche der Stadt mit Kaimauern versehen und dienen dem Lösch- und Ladeverkehr, Abb. 1.

Im Jahre 1898 wurde der Freibezirk mit zwei Kaischuppen und einem Warenspeicher an einem 100 m breiten Becken eröffnet[2]). 1901/2 wurden zwei weitere Kaischuppen errichtet. Die Verkehrszunahme führte 1907/8 zum Ausbau eines zweiten Beckens mit zwei Schuppen, so daß bisher im ganzen sechs Kaischuppen von je 182 m Länge und 30 m Breite — davon zwei unterkellert —, ein sechsgeschossiger Speicher gleicher Länge von 20 m Breite und 3,3 km Kaimauern mit 76 Kranen vorhanden waren[3]).

Die gesamten Anlagen an der Oder, Parnitz, am Dunzig und im Freibezirk dienen fast ausschließlich dem Stückgutverkehr. Da der Warenumschlag, der im Jahre 1928 4 600 000 t betrug, zu mehr als der Hälfte Massengutverkehr (Erze, Kohle, Phosphate) ist, wurde 1920 im östlichen Hafengebiet eine besondere Umschlaganlage für Massengüter, bestehend aus vier 5 t-Verladebrücken und einem Seeschiff-Kohlenkipper, errichtet. Diese Hafenanlage, „der Reiherwerderhafen", wurde 1926/7 durch drei 15 t-Verladebrücken[4]) mit zugehörigen fahrbaren Wiegebunkern erweitert. Die Zufahrt zu dieser gerade von den größten Schiffen aufgesuchten Anlage führt zur Zeit von der Oder durch den Dunzig, den Dunzig-Parnitz-Kanal und die Parnitz. Sie ist schiffahrtstechnisch ungünstig. Man entschloß sich daher, eine neue Zufahrt zum Reiherwerderhafen zu schaffen, die jetzt vollendet ist.

[1]) Vergl. a. Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft Bd. 5/6 (1926) S. 142 und „Bautechnik" Bd. 6 (1928) S. 93.
[2]) s. Zentralblatt der Bauverwaltung Bd. 18 (1898) S. 471.
[3]) s. „Beton und Eisen" Bd. 8 (1909) S. 237, 261.
[4]) s. „Bautechnik" Bd. 6 (1928) S. 117.

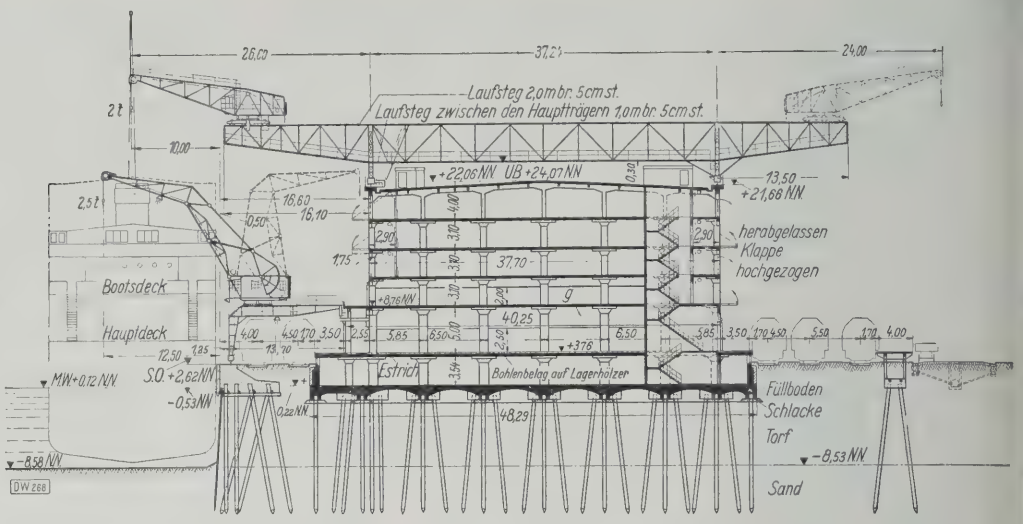



**Abb. 2** Gesamtquerschnitt des Schuppenspeichers. (Buchstabenerklärung s. Abb. 3.)

Bald nach dem Kriege stellte sich auch für Stückgüter der bereits vor dem Kriege aufgetretene Mangel sowohl an Umschlagfläche wie an Lagerraum wieder ein. Infolgedessen wurden für den Ausbau des östlichen Ufers am Westbecken des Freibezirks die erforderlichen Mittel bereitgestellt. Die Aufgabe bestand darin, das noch zur Verfügung stehende Ufer in möglichster Länge durch die Errichtung eines Kaischuppens und eines Warenspeichers für Umschlag- und Lagerzwecke nutzbar zu machen. Dieser Ausbau bedeutet die Vollendung des Freibezirkes in seiner jetzigen Umgrenzung.

## Der Schuppenspeicher

ist ein sechsgeschossiges Gebäude auf hölzernem Pfahlrost in Eisenbeton, s. Titelbild sowie Abb. 2 bis 4. Er hat folgende Abmessungen:

| | Länge m | Breite m | Höhe m | Säulenquerschnitt m |
|---|---|---|---|---|
| Kellergeschoß . | 217,70 | 47,25 | 3,5 | 1,04/1,04 |
| Erdgeschoß . . | 210,70 | 40,25 | 5.0 | 0.86/0,86 |
| 1. Obergeschoß | 210,70 | 37,70 | 3,1 | 0,80/0,80 |
| 2. Obergeschoß | 210,70 | 37,70 | 3,1 | 0,70/0,70 |
| 3. Obergeschoß | 210,70 | 37,70 | 3,1 | 0,70/0,70 |
| Dachgeschoß . | 210,70 | 37,70 | 4,0 | 0,55/0,50 |

Das Gebäude hat auf der Wasserseite zwei, auf der Landseite drei Gleise; hier liegt zwischen Gleisen und Straßen eine freistehende Rampe. Im Schuppengeschoß befinden sich zwei Einfahrten für Fuhrwerke, für die auch an den Giebeln Verlademöglichkeiten gegeben sind. An Hebezeugen weist das Bauwerk acht Kaikrane, drei Verladebrücken, vier Lastaufzüge und zwei Sackrutschen auf. Die gesamten Anlagen wurden nach Entwürfen der Hafenverwaltung ausgeführt.

### Begründung der gewählten Lösung

Die zur Verfügung stehende Uferstrecke war für einen Ausbau mit Kaianlagen nur auf dem südlichen 330 m langen Stück geeignet, da der nördliche Teil der Landzunge für Gleisanlagen gebraucht wurde. Die Gleisführung ließ indessen bei dem zunächst geplanten Bau eines Schuppens und eines Speichers getrennt von einander nur Längen von 100 bis 120 m für jedes Bauwerk zu, die dem bestehenden Mangel nicht ausreichend abgeholfen hätten. Die Möglichkeit, einen längeren Kaischuppen zu erbauen und dahinter, wie am Kaiser-Wilhelm-Kai, einen Speicher zu errichten, war nicht gegeben; selbst bei einem nur 30 m breiten Schuppen mit Rampen von je 3,50 m verblieb nur eine nutzbare Bebauungstiefe von etwa 10 m für den Speicher.

Die Ausnutzung des Kais mußte bei einem entsprechend längeren Bauwerk, in dem Schuppen und Speicher auf gemeinsamer Gründung angelegt werden, die vollkommenste sein.

Dem Vergleich der Kosten von getrennten und gemeinsamen Bauwerken sind Zahlen zugrunde gelegt, die von Bauausführungen im Stettiner Hafen hergeleitet und auf den jetzigen Preisstand umgestellt sind.

Bei einem Schuppen ohne Unterkellerung von 6600 Fläche würden die Gesamtkosten 1 100 000 ℳ entsprechend 167 ℳ/m² betragen haben,

bei einem Schuppen mit Unterkellerung von 13 615 m Fläche 1 620 000 ℳ, entsprechend 119 ℳ/m²,

der Schuppenspeicher mit sechs Geschossen u 52 900 m² Fläche hat 4 900 000 ℳ gekostet, e sprechend 93 ℳ/m².

Die Zahlen enthalten die Flächen der Verladeramp und Einbauten; die Kosten umfassen Innenausrüstu Feuerlösch- und Wiegeeinrichtungen, Klappen, Tore, leuchtung und Berohrung, also den schlüsselfertigen Schu pen oder Speicher. Die besonders hohen Kosten des Schu pens ohne Unterkellerung mit 167 ℳ/m² beruhen vorw gend darauf, daß es bei dem moorigen Untergrund ni möglich ist, den Fußboden unmittelbar auf Gelände legen; eine derartige Ausführung würde infolge starker S kungen für eine Reihe von Jahren umfangreiche u wiederholte Hebungen bedingen. Die damit verbunde empfindlichen Betriebstörungen sind für einen lebhaf Kaibetrieb nicht erträglich. Man muß also auch bei Schu pen ohne Unterkellerung unter dem Fußboden Pfähle ra men lassen.

Für die gleiche Fläche von 52 900 m² würde ein ni unterkellerter Schuppen und ein getrennt davon erri teter Speicher 5,4 Mill. ℳ, ein unterkellerter Schupp und ein Speicher 5,27 Mill. ℳ gekostet haben.

Der Kostenunterschied gegenüber einem Schuppensp cher mit 52 900 m² beträgt also 500 000 ℳ b 370 000 ℳ. Außerdem hätte man bei den örtlichen V hältnissen eine Bodenfläche von 52 900 m², die das geme same Bauwerk aufweist, bei getrenntem Speicher u Schuppen nicht ohne weiteres erreichen können.

Das Ergebnis der vergleichenden Kostenberechnu sprach also für die Zusammenlegung von Kaischuppen u Warenspeicher zu einem Schuppenspeicher. Der Entschl einen solchen zu errichten, mußte indessen in erster Li davon abhängig gemacht werden, ob der Umschla- und der Lagerverkehr ohne gegenseiti Störung in einem Gebäude betrieben we den konnte. Die gefundene Lösung ist nicht allein deutsche Seehäfen neuartig. Dem Umschlagbetrieb dient Kaischuppen das Erdgeschoß, Abb. 4, bei besonders s kem Warenandrang auch das erste Obergeschoß. A Portalkrane befördern die Waren vom Schiff zur Ra auf der Wasserseite und umgekehrt, Abb. 2.

Getrennt von diesem Umschlagbetrieb dienen der förderung von Speichergütern in die vier Obergeschosse mittelbar aus dem Schiff drei verfahrbare Verladebrü auf dem Dach, von denen die Ware auf Speicherklap abgesetzt wird, Abb. 2. Von den Klappen aus wird si Seitengängen zu den einzelnen Abteilungen verkarrt. aus den Schuppengeschossen Ware zu Lager gehen, kann sie entweder mittels vier Lastenaufzüge, Bauart Fl oder in Betriebspausen über die Rampen mittels der He zeuge in die oberen Geschosse gebracht werden.

$a_1$ Zollräume
$a_2$ Zollverschläge
$a_3$ Zollinspektor
$b$ Eisenbahn-Verlademeister
$c$ Schuppenvorsteher
$c_1$ Wächter
$d$ Kellerklappen
$d_1$ Ladestelle für Elektrokarren
$e$ Ventilstation für Sprinklerleitung
$f$ Dehnfuge
$g$ Feuerschürze
$h$ Aufzüge
$i$ Sackrutschen
$k$ Waagen
$m$ Brandmauer
$p$ Regenwandanlage

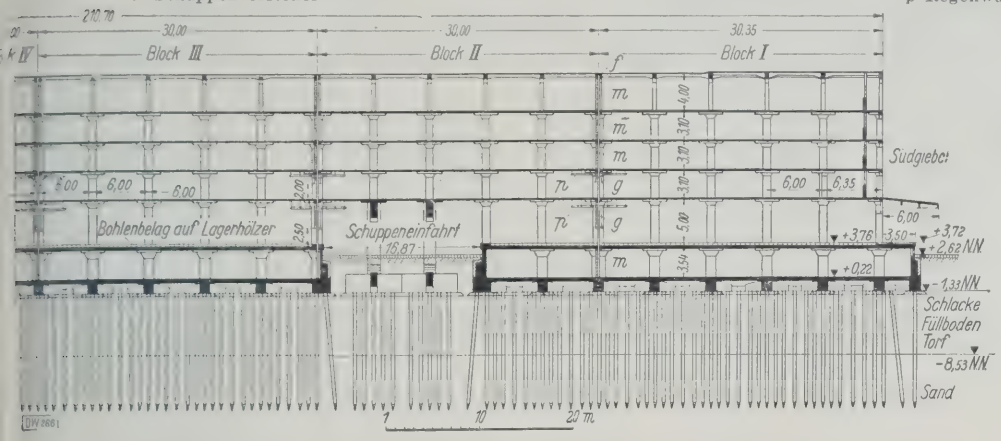



**Abb. 3**
Längsschnitt durch die drei südlichen Blöcke.

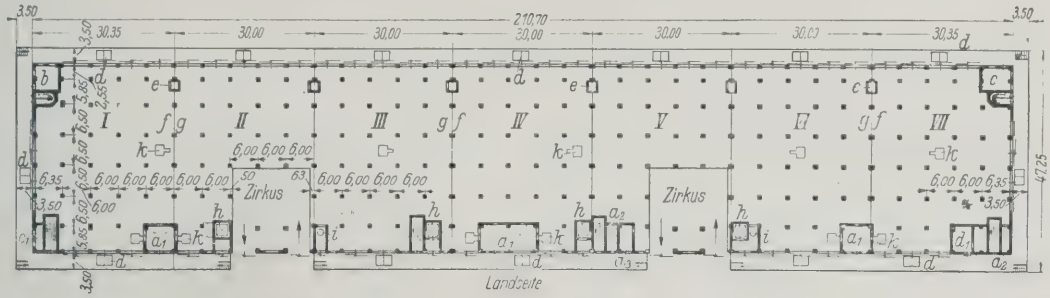



**Abb. 4**
Grundriß des ganzen Erdgeschosses.

Mit dieser Anordnung ist eine reinliche Scheidung zwischen Umschlag- und Speicherbetrieb, soweit er durch die Hebezeuge bewirkt wird, erreicht.

Für den Speicherbetrieb sind mit Ausnahme des Kellers in Verbindung mit den überdeckten seitlich offenen Gängen zum Absetzen der Lasten an den Längsseiten Klappen angebracht. Für die Beförderung des Speichergutes vom und zum Bahnwagen und Fuhrwerk ist auf der Landseite — durch die Gleise vom Gebäude getrennt — eine besondere Rampe gebaut, da die landseitige Rampe des Schuppengeschosses durch den Speicherverkehr nicht erheblich belastet werden durfte. Das im Keller lagernde Gut wird über Klappen der Erdgeschoßrampe ein- und ausgebracht. Diese Anordnung, die an sich eine Durchbrechung der oben angegebenen grundlegenden Forderungen darstellt, ist bereits bei den Schuppen V und VI im Freibezirk vorhanden und hat sich bewährt.

Unvermeidlich war auch die zeitweilige Inanspruchnahme der Schuppenrampen durch den Lagereiverkehr aus den beiden Sackrutschen und den vier Aufzügen. Da es sich aber dabei um die landseitige Rampe handelt, die durch die freistehende Rampe vom Lagergut entlastet ist, macht dies keine Schwierigkeiten.

### Die nutzbaren Flächen

Die überbauten Flächen enthalten besonders im Keller, im Erd- und im ersten Obergeschoß eine erhebliche Zahl von Einbauten für Personal- und maschinelle Anlagen. Für abgetrennte Räume sind 3729,5 m² aufgewendet worden.

Die von den Säulen bedeckte Grundfläche beträgt in allen Geschossen zusammen 713,1 m². Da die von den Außenwänden umschlossenen Flächen (ohne die 3,10 m breiten Umgänge im Keller) im ganzen 44 000 m² groß sind, ergibt sich als Nutzfläche 44 000 — 3729,5 — 713,1 = 39 557,4 m², d. s. rd. 90 vH der umbauten Fläche.

Besonders hoch ist der Raumbedarf der Zollverwaltung mit 297,5 m²; da das erste Obergeschoß im Belastfalle für den Umschlag mit herangezogen werden soll, mußten dort ebenfalls Zollräume vorgesehen werden. Von den rd. 39 560 m² Nutzfläche des Bauwerkes entfallen auf das Erdgeschoß (den Umschlagschuppen) rd. 7080 m², auf das erste Obergeschoß rd. 6500 m² und 25 980 m² auf die oberen drei Speichergeschosse und den Keller. Im Keller und im Erdgeschoß sind als zulässige Belastung 2500 kg/m², in den Obergeschossen 1200 kg/m² festgesetzt. Demgemäß ist eine Lagerungsmöglichkeit für rd. 65 000 t vorhanden.

### Die Gründung

Der Untergrund besteht bis etwa 7 m unter NN aus schlickigem Torfmoor. Die Bohrungen ergaben eine nach Norden zu von 6 m auf 10 m wachsende Schichtdicke des Torfmoores, unter dem sich eine tragfähige, in größerer Tiefe mit Kies durchsetzte Sandschicht befindet. Das Bauwerk ist auf 4557 Holzpfählen von 40 cm mittl. Dmr. gegründet; die Lasten der Säulen werden an die Pfähle, die in Gruppen zusammengefaßt sind, durch eisenbewehrte Betonkörper abgegeben. Diese sind durch Gewölbe und Rippen miteinander verbunden. Der Keller ist in der Sohle und in den Seitenwänden gegen Grundwasser durch eine Isolierschicht gedichtet. Gewählt wurde hierfür ein Belag aus doppelter Asphaltteerpappe mit dreifachem Anstrich von rd. 10 mm Dicke; auf diese Dichtung wurde eine 3 cm dicke Schutzschicht aus Beton mittels des Torkretverfahrens aufgebracht. Die Betonkonstruktion der Sohle besteht also aus zwei Teilen.

Die Festigkeitsberechnung[5]) geht von der Annahme aus, daß die Betonbauteile oberhalb der Dichtung alle Lasten aufnehmen und auf die Pfähle übertragen. Auf die statische Mitwirkung der Betonkörper unterhalb der Dichtung hat man also verzichtet. Sie haben lediglich die während der Herstellung der Kellersohle auftretenden Eigengewichte auf die Pfähle zu übertragen.

Die Dicke der Betongewölbe unter der Dichtung beträgt 10 cm.

Die Höchstbelastung der Pfähle beträgt je etwa 41 t. Die Pfahlgruppen sind in der Regel symmetrisch angeordnet. Eine normale innere Stütze in einem Felde von $6{,}5 \times 6 = 39$ m² besteht z. B. aus 16 Pfählen, Abb. 5. Sie überträgt 476,7 t; Eigengewicht und Nutzlast der Keller-

[5]) Näheres hierüber vergl. die ausführliche Veröffentlichung im Jahrbuch der Hafenbautechnischen Gesellschaft Bd. 11 (1928/29), im Druck

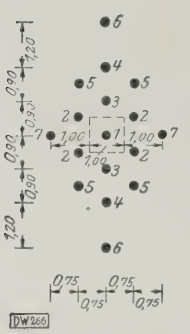



Abb. 5
Grundriß einer normalen inneren Pfahlgruppe.

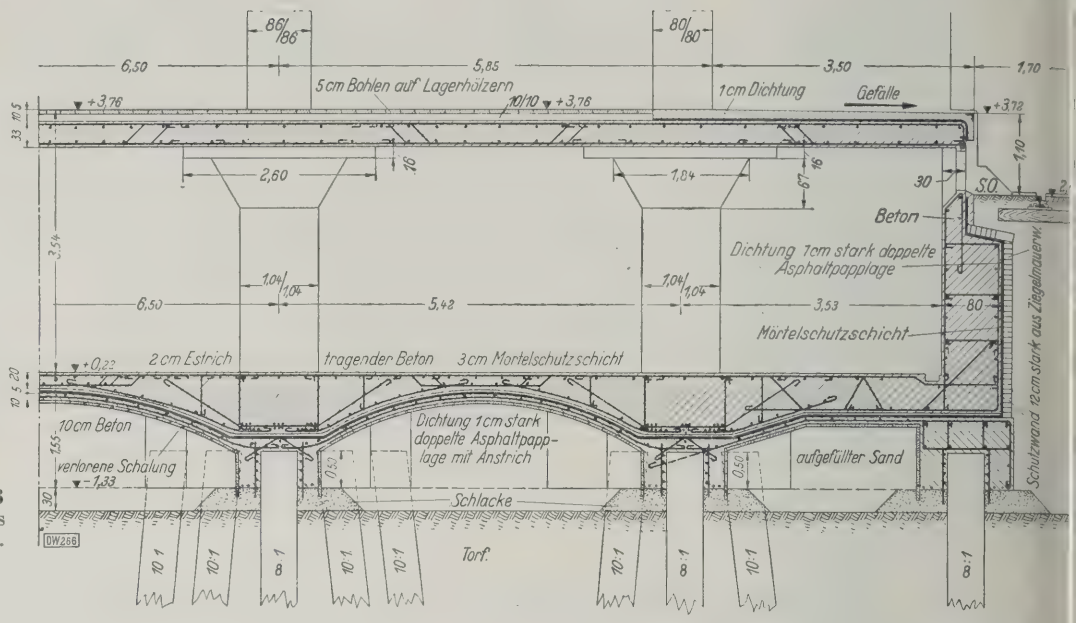



Abb. 6
Dichtung des Kellers.

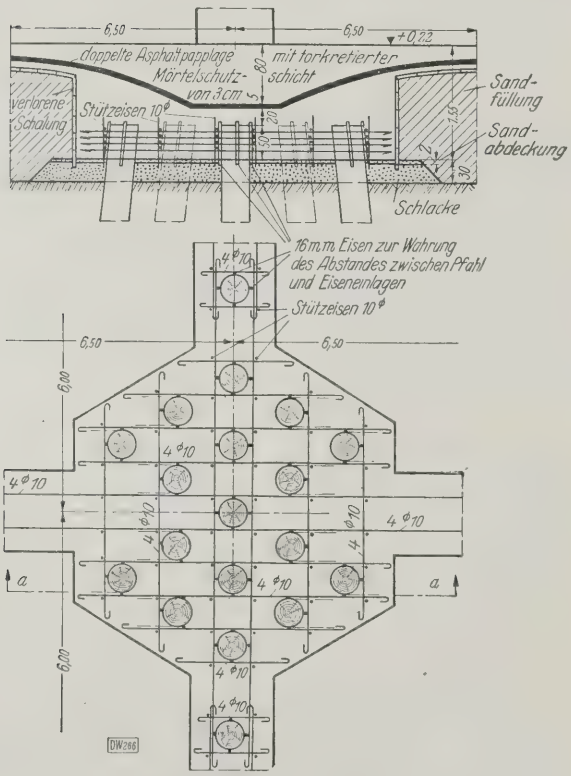



Abb. 7 und 8. Kreuzweis angeordnete Bewehrung zwischen den Pfählen.

sohle betragen 171.8 t, so daß im ganzen 648,5 t von 16 Pfählen aufzunehmen sind, d. h. je Pfahl $\frac{648{,}5}{16} = 40{,}5$ t, was nach den hiesigen Erfahrungen zugelassen werden kann. Für die Berechnung der oberhalb der Dichtung liegenden Rippe, die die Stützendrücke auf die Pfähle überträgt, ist angenommen, daß die Lasten aus der Kellersohle unmittelbar von den Randpfählen der Gruppe (Pfähle 4, 5, 6, 7) aufgenommen werden, die dafür entsprechend weniger von den Stützenlasten erhalten.

Die Pfahlköpfe ragen 50 cm in den Betonkörper hinein und sind in ihrer Lage durch vier übereinander verlegte längs- und querlaufende Rundeisen von 10 mm Dmr. gesichert, Abb. 6 bis 8. Um ein Verrosten dieser Eisen durch Berühren mit den Pfahlköpfen möglichst zu verhindern, hat man an diesen äußere senkrechte Rundeisen von 16 mm Dmr. befestigt. Diese Anordnung der Eise einlagen wird auf Grund der hier gemachten Erfahru gen der sonst üblichen Verbindung der Pfahlköpfe dur Umschnürung mit Rund- oder Flacheisen vorgezoge Die Betonkörper unter der Dichtung ruhen auf ein 28 cm dicken Kohlenschlackenschicht, die 2 cm dick n Sand abgeglichen ist. Sie sind zwischen verloren Schalungen mit 270 kg Eisenportlandzement auf 1200 Kiessand hergestellt.

Die Pfahllängen wurden auf Grund von Probera mungen ermittelt. Mit Rücksicht auf die verschieden Dicken der Torfschicht mußte man mit den Längen we seln, und zwar zwischen 13 und 17 m. Gerammt wur vom Gelände aus.

Die Rammungen dauerten bei Einsatz von zehn Ra men vier Monate. Der Bodenaushub zwischen den Pf len, das Abschneiden der Pfähle, das Einbringen d Schlacken- und Sandschicht und die Einschalungsarbeit für den Beton unterhalb der Dichtung folgten unm telbar. Am 17. März 1927 wurde mit dem Einbring des Betons begonnen, und zwar wurden zunächst Streifen unter den land- und wasserseitigen Kellerwä den über Schurren geschüttet und gestampft. Für d Aufbringen der Gewölbeschalungen blieben zwischen d Pfahlgruppen Erdkörper aus Torfboden bestehen, die s seitig mit Sand abgedeckt wurden.

Nach Fertigstellen der Längsstreifen und der Bet sohlen für die Aufzugschächte diente zum weiteren Be nieren eine Holzbrücke, Abb. 9, die die 48 m breite Ba grube quer überspannte und über die ganze 210 m lan Baustelle verfahrbar war. Als Stützen dienten die Läng streifen.

### Das Einbringen des Betons

Die Aufführung des Traggerippes über der Kell sohle in Stahlbauweise kam wegen der höheren B kosten, die sich nach den Angeboten ergaben, nicht Frage. Das Bauwerk enthält rd. 32 000 m³ Beton, da etwa die Hälfte im Fundament und im Kellergeschoß. I Anlage einer wirtschaftlich und reibungslos arbeitend Misch- und Förderanlage für das Betongemenge war da von grundlegender Bedeutung für die Baukosten. Abb. zeigt die Lage der Baustelle und der Mischanlage den Fördergleisen[6]). Die fahrbare Holzbrücke mit weglichen Rampen wurde auch für die Herstellung Säulen und der Decke des Kellergeschosses benu Abb. 11 bis 13. In jedem Feld der beiden Hauptträ der Brücke waren nach außen gehende, hölzerne Rutsch eingebaut, Abb. 9, auf die das Betongemisch aus Loren gekippt wurde. Von hier fiel es auf besond

[6]) Über weitere Einzelheiten, insbesondere das Aufbereiten Betons, vergl. die ausführliche Abhandlung, s. Anm. [5]).

ölzerne Arbeits-Plattformen und wurde nach Durchührung mit Schaufeln an die Verwendungsstellen verteilt. ie Möglichkeit der Entmischung — der größte Förderweg betrug 260 m — und der Beschädigung des Eisenerippes infolge Auffallens, etwa im Gemenge noch befindlicher größerer Steine, wurde auf diese Weise ausgeschaltet.

Zum Einbringen des Betons der gesamten oberen eschosse dienten vier Turmdrehkrane mit 2 t Tragraft bei 15 m Ausladung. Für das Betonieren der Sohle nd des Kellergeschosses konnten diese Krane noch nicht ıgesetzt werden, weil die Herstellung einer sicheren ahrbahn erhebliche Schwierigkeiten verursacht hätte ıd weil bei der Breite der Kellersohle mit über 48 m die usladung der Krane zum Bestreichen der Baustelle icht ausgereicht hätte.

Die Fahrbahn der Turmkrane wurde auf den bereits rtigen Erdgeschoßrampen verlegt. Auf die Herstellung r Hochrampe am ersten Obergeschoß und der ersten iulenreihe an der Wasserseite verzichtete man zuichst. Damit konnten die Krane 26 m Bauwerkbreite estreichen. Durch Herberziehen der an den ranseilen hängenden Betonkübel gelang es, Querrderungen des ausgehütteten Betongemenges t vermeiden.

Das Betongemenge wurde Reichweite der Krane ıs Loren in Kübel geppt, die unten durch lösre Klappen verschlossen aren. So beugte man einer ıtmischung des Betons r. Die Kübel wurden n den Kranen zur Verndungsstelle gehoben und ırch Lösen der Klappen tleert.

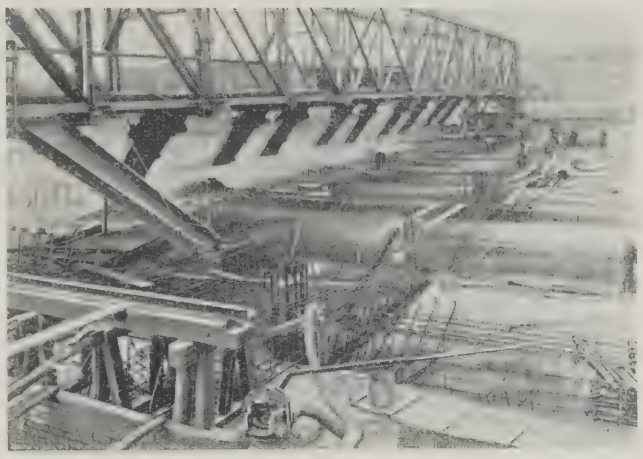


Abb. 9. Verfahrbare Holzbrücke mit Rutschen zum Betonieren.

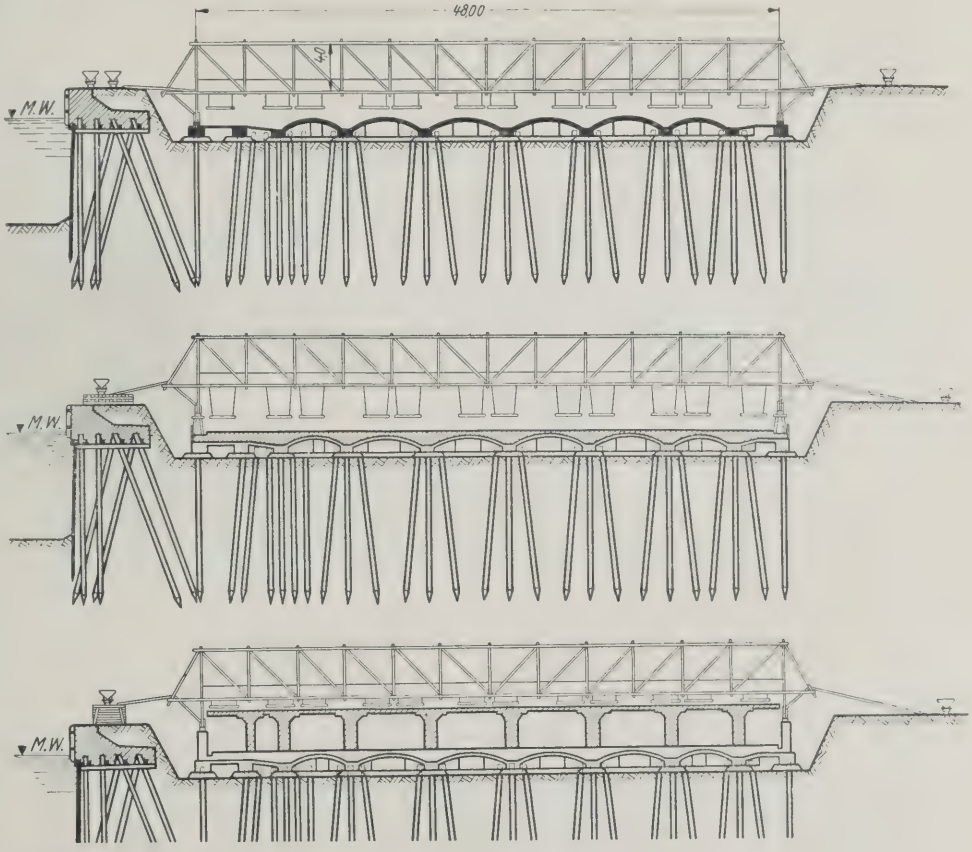
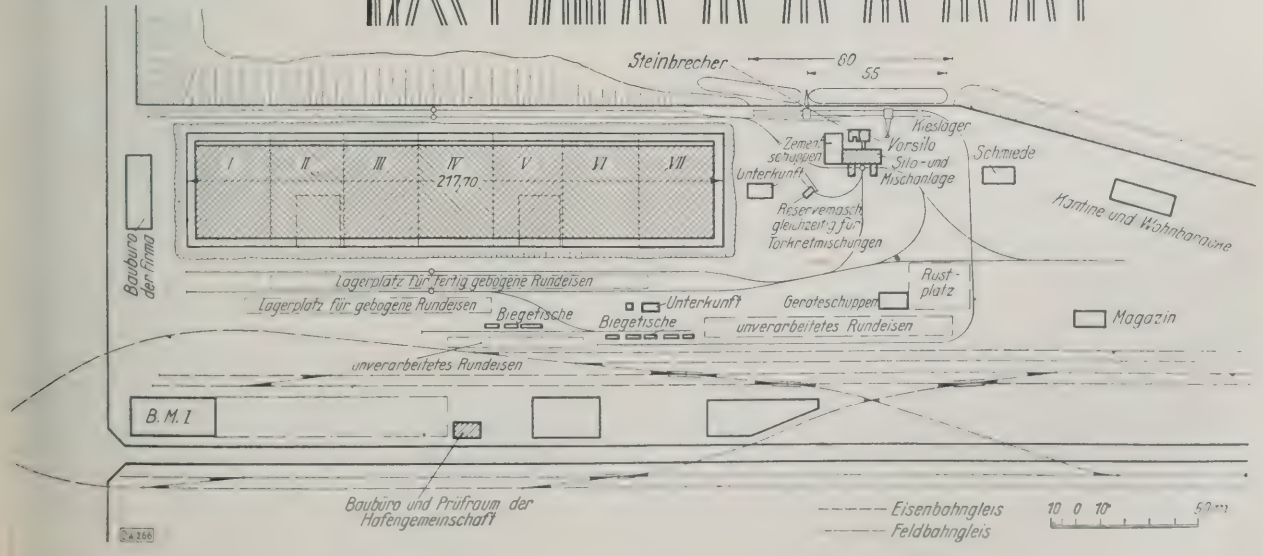



Abb. 11 bis 13 Heben der hölzernen Brücke zum Einbringen des Betons.

Abb. 10 (unten) Lageplan der Baustelle und der Mischanlage.



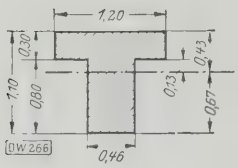



Abb. 14
Querschnitt der Balken für Dachbrücken.

Die theoretische Leistungsfähigkeit der Mischanlage betrug in 1 h $2 \times 20$ Mischungen zu 500 l, also $\frac{40 \times 500}{1200}$ = 16,7 m³ Beton. Der Inhalt der Mischtrommel gestattete allerdings, 750 l gleichzeitig zu mischen. Die Loren von 1 m³ Inhalt mit 750 l ließen sich aber bei dem zur Verfügung stehenden Platz und den Geländeverhältnissen mit Menschenkraft nicht mehr befördern. Auch Loren mit 600 l waren nicht mehr wirtschaftlich. Man benutzte daher Loren mit 500 l Betongemenge, zu deren Bewegung in den Steigungen bereits drei bis vier Mann nötig waren. Die Zahl der im Betrieb befindlichen Loren schwankte zwischen 8 und 12. Die beim Betonieren von der beweglichen Holzbrücke aus tatsächlich erzielten Leistungen haben betragen:

Für den Beton unterhalb der Dichtung . 15,6 m³/h,
für die Kellersohle oberhalb der Dichtung 12,2 „
für die Kellerdecken und Kellersäulen . 9,6 „
i. M. also 12,1 m³/h.

Beim Betonieren mit den Turmdrehkranen ergaben sich i. M. 8,5 m³/h Leistung.

Der Beton in der Kellersohle unterhalb und oberhalb der Dichtung mußte zur Vermeidung von Arbeitsfugen ohne Unterbrechung im Dreischichtenbetriebe eingebracht werden. Oberhalb der Kellersohle ist das Bauwerk durch Dehnfugen in sieben Abteilungen geteilt.

Hier war der Dreischichtenbetrieb also nur erforderlich für das Betonieren eines Geschoßabschnittes, bestehend aus den Säulen mit der darüberliegenden Decke. Mit der Herstellung der Gründung und des gesamten Rohbaues war die Firma Siemens-Bau-Union betraut[7]).

### Die Festigkeitsberechnung

Als zulässige Nutzlast für die Decken waren vorgeschrieben im Keller und Erdgeschoß 2500 kg/m², in den Obergeschossen 1200 kg/m². Für das 1 : 25 geneigte Dach waren Eigengewicht, Dachdeckung und Schneelast von 75 kg/m² zu berücksichtigen; dazu kamen für zwei je 18 m lange Felder in Block I und Block VII und für ein 12 m langes Feld in Block IV eine Nutzlast von 1000 kg/m² für Lasten bei der Aufstellung und späteren Unterhaltung der drei Dachbrücken.

Die Decke oberhalb der Dichtung mit einer Mindestdicke von 20 cm über den Gewölbescheiteln ist als zwischen den Rippen eingespannte Platte mit veränderlichem Trägheitsmoment berechnet. Die Rippen selbst sind unter den Kellerpfeilern eingespannt angenommen. Sie werden bei gleichzeitigem Auftreten der größten Stützenlast und des größten Auftriebes am ungünstigsten beansprucht.

Die Pilzdecken sind als Riegel durchlaufender Stockwerkrahmen[8]) mit elastisch eingespannten Stützen berechnet. Unter Zugrundelegung der Veröffentlichungen von *Marcus*[9]), *Lewe*[10]) und *Nielsen*[11]) wurden besondere Untersuchungen für die vorliegenden Verhältnisse durchgeführt und aus der Abhängigkeit der Momente von den Querschnittsverhältnissen am Stützenkopf ein mittleres Trägheitsmoment im Bereich der Köpfe für die Berechnung der Stockwerkrahmen abgeleitet. Dabei ist der Elastizität der Stützenköpfe durch eine trapezförmige Verteilung der Auflagerdrücke für die Breite des Pilzkopfes Rechnung getragen worden. Die Aufnahme der über den Kopfmitten auftretenden negativen Drücke infolge der von den darüber befindlichen Stützen ausgeübten kleinsten Drücke ist nachgewiesen. Die

[7]) Über Baukontrolle vergl. den ausführlichen Aufsatz, s. Anm. [5]).
[8]) Vergl. den ausführlichen Aufsatz, s. Anm. [5]).
[9]) *Marcus*, Die Theorie elastischer Gewebe und ihre Anwendung auf die Berechnung biegsamer Platten, Berlin 1924; *Marcus*, Die wirksame Nutzfläche der trägerlosen Pilzdecken, „Beton und Eisen" Bd. 25 (1926) S. 352 u. f.
[10]) Dr. *V. Lewe*, Pilzdecken und andre trägerlose Eisenbetonplatten, Berlin 1926.
[11]) *Nielsen*, Bestemmelse af Spaendinger i Plader ved Anwendelse af Differenzligninger, Kopenhagen 1920.

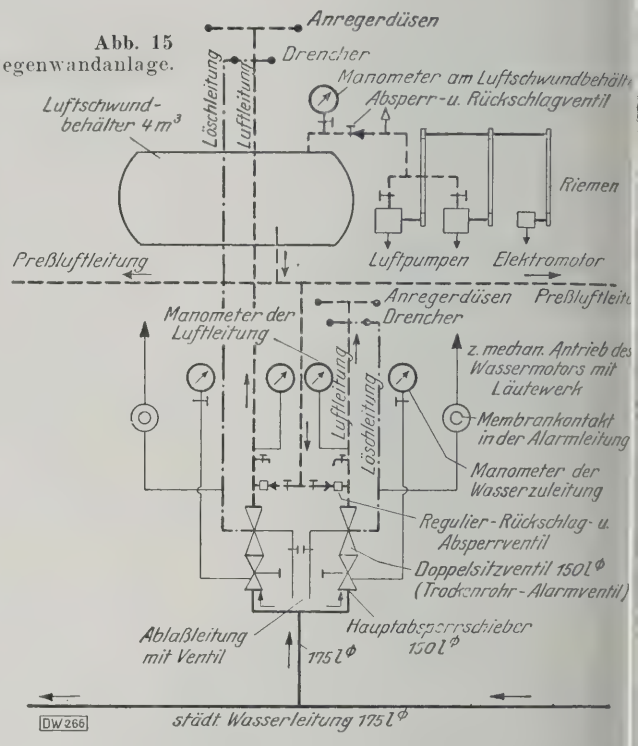



Abb. 15
Regenwandanlage.

Berechnung der Stockwerkrahmen selbst wurde nach de Festpunktverfahren durchgeführt, wie es vor allem *Sut* ausführlich beschrieben hat. Sie ist auch für waagerech Lasten (aus den Dachbrücken und aus Wind) erfolgt[12]

Die zugelassenen Beanspruchungen betrugen für d Eisen 1200 kg/cm², für den Beton in den Decken 50 kg/cm für den Beton in den Stützen 70 kg/cm² auf Biegung u Druck, und 47 kg/cm² auf zentrischen Druck. Die dana für den Stützenbeton erforderlichen Würfelfestigkeiten mu ten betragen:

$W_{b28} \geq 3\,\sigma_N$ ($\sigma_N$ = Betonspannung aus Normalkraft) = 141 kg/cm²
oder $\geq 2\,\sigma_B$ ($\sigma_B$ = Betonspannung aus Biegung und N malkraft) = 140 kg/cm²,
$W_{e28} \geq 250$ kg/cm².

Die Würfelproben ergeben im Durchschnitt
$W_{b28} = 160$ kg/cm²,
$W_{e28} = 350$ „ .

Das Dach ist als normale Plattenbalkendecke n Pfetten und Querrahmen ausgebildet. Damit ist zugleic eine wirksame Queraussteifung der Eisenbetonrahmen, d die Fahrbahn für die Dachbrücken tragen, geschaffen. Die sind als durchlaufende Rahmen auf sechs elastisch eing spannten Stützen durch Einflußlinien berechnet[13]). D Balkenquerschnitt zeigt Abb. 14.

### Feuerschutzanlagen

An den Dehnfugen sind im Erd- und 1. Obergesch Feuerschürzen von 2,50 m und 0,90 m Höhe eingebaut, die einzelnen Baublöcke bei Brandausbruch gegeneinand abgrenzen. Brandmauern waren hier aus betrieblich Gründen nicht angängig. Beiderseits der Feuerschürz sind Regenwandanlagen, Abb. 15, angebracht, die selb tätig anspringen, sobald die Sicherheitsdüsen dur Wärmeentwicklung von 72 ° geschmolzen sind. Da d Überdruck der städtischen Wasserleitung gleichzeitig n zwei Regenwände voll in Tätigkeit setzen kann, ist V sorge getroffen, daß die Feuerwehr an beiden Giebe Wasser aus dem Hafenbecken nachdrücken kann. Ruhezustand hält Druckluft die Ventile in den sec Ventilanlagen auf ihren Sitzen fest, so daß Wasser nic hoch steigen kann; Druckluft als Absperrmittel wurde Rücksicht auf die Frostgefahr gewählt. Sobald eine Sich heitsdüse geschmolzen ist, entweicht die Druckluft aus d

[12]) s. a. *E. Traub*, Deutsche Bauzeitung Bd. 54 (1920) S. 69, 78, 83
[13]) Vergl. a. Anm. [5]).

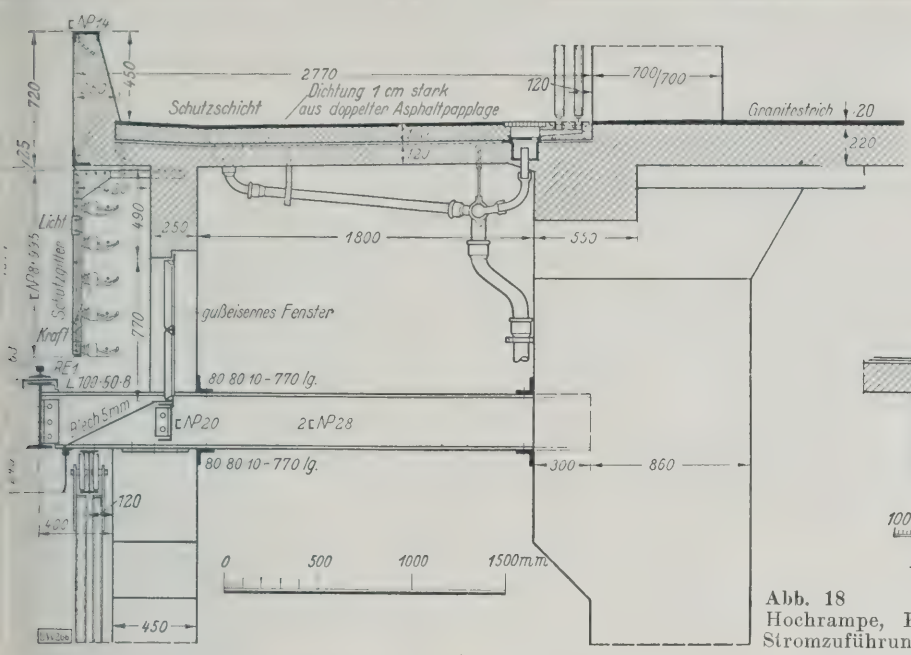



Abb. 18
Hochrampe, Kranbahn und Stromzuführung an der Wasserseite.

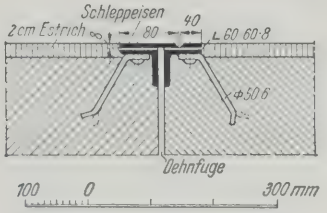



Abb. 16. Dehnfuge innen.

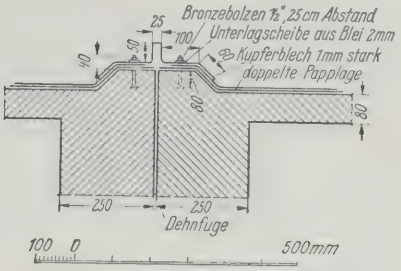



Abb. 17. Dehnfuge im Dach.

treffenden Rohrnetz. Das Wasser steigt nach und strömt, en Wasserschleier bildend, aus den „Drenchers", die zu den Seiten der Feuerschürzen angeordnet sind.

Die Druckluft erzeugt ein mpressor mit Luftschwundhälter. Das Anspringen einer genwand (vorhanden sind 12, Erdgeschoß 6 und im 1. Obergeschoß 6) überträgt sich auf e e Alarmvorrichtung innerhalb d Speichers und meldet sich bsttätig der Feuerwehr.

Die übrigen Geschosse sind d ch einen Stein dicke Brandmauern in 30 m lange Abteilungen geteilt. Zwischen den Kellerabteilungen sind feuerbeständige Türen angeordnet. In den drei Obergeschossen sind die Abteilungen ohne unmittelbare Verbindung, da äußere Umgänge auf den Seiten des Bauwerks vorhanden sind. Aufzüge und Sackrutschen haben, abgesehen vom Keller, keine Zugänge nach dem Speicherinnern; im Keller sind die Schächte ebenfalls durch feuerbeständige Türen abgeschlossen.

Die Fenster sind aus Gußeisen und bestehen aus Drahtglas.

Feuerlöschleitungen sind — gleichmäßig auf die Länge des Bauwerks verteilt — vorhanden: sieben Hydrantenleitungen mit Anschluß an die städtische Wasserleitung und sieben Löschleitungen, in die die Feuerwehr aus dem Hafenbecken Wasser nachpumpen kann.

Außerdem sind etwa 40 Trockenlöscher in den einzelnen Geschossen und Treppenhäusern angebracht.

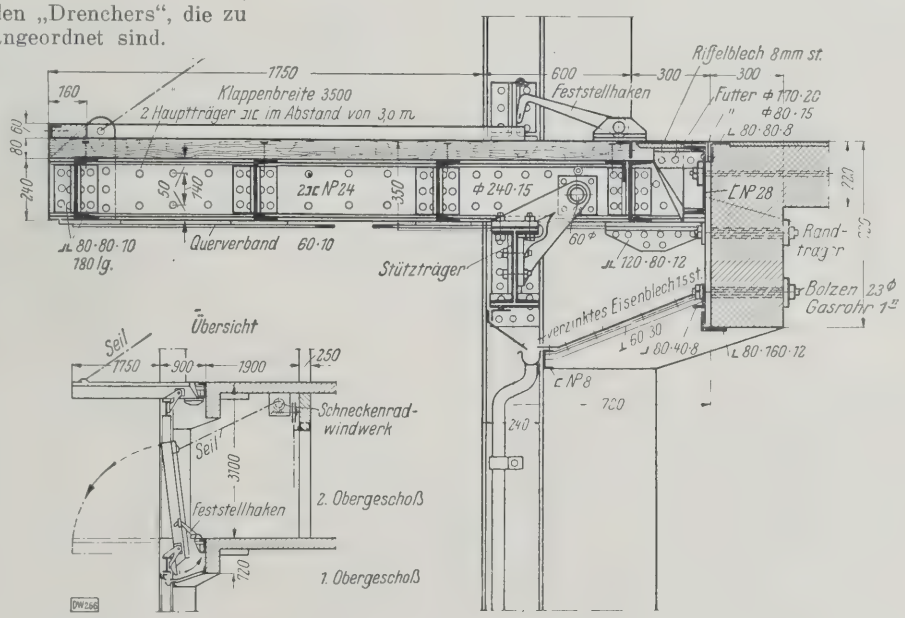



Abb. 19 und 20
Klappe im ersten Obergeschoß.

### Bauliche Einzelheiten

Die Dehnfugen sind in den Decken durch Schleifen, Abb. 16, auf dem Dach durch elastische Kupferstreifen, Abb. 17, überdeckt. Die Kellersohle hat keine Dehnfugen. Die durchgehenden Eisen sind jedoch nur im unteren Abschnitt vorhanden.

Die Kranbahn an der Wasserseite des Speichers, Abb. 18, ist als Gerberträger ausgebildet und wird von doppelten Kragträgern getragen, die auf Konsolen der inneren Säulenreihen auf der Wasserseite ruhen.

Die Klappen, Abb. 19 und 20, sind für 4 t einschließlich Stoßzahl in ungünstiger Lage durchgebildet. Sie stützen sich in Ladestellung auf die Drehlagerträger und von unten gegen die Randträger als negative Auflager. In hochgezogener Lage werden sie von den Drehlagerträgern und den Seilen gehalten, zu deren Entlastung beiderseitige Feststellhaken dienen.

An jedem Giebel ist über der Rampe ein Wandkran von 1 t Hubkraft vorhanden.

### Die Krane

An der Wasserseite sind acht Wippdrehkrane von 2,5 t Tragkraft auf fahrbaren Halbtoren und auf dem Dach drei Drehkrane von 2 t auf fahrbaren Brücken vorhanden.

Die Halbtore der Wippkrane haben 12,05 m Stützweite. Ihre Fahrschiene auf der Wasserseite liegt, damit man vor den Portalstützen auf der Kaimauer gehen kann, 1,25 m von der Kaivorderkante entfernt. Die Unterstützung der landseitigen Fahrschiene ist in Abb. 18 dargestellt. Der Fahrmotor treibt je ein Laufrad an der Wasser- und an der Schuppenseite an. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt 20 m/min.

Die größte Ausladung der Wippkrane, vom Drehzapfen ab gemessen, beträgt 16,5 m (über Kaikante 12,5 m), die kleinste 7 m. Das Maß von 16,5 m wurde gewählt, um

bei abgebäumtem Seeschiff auf einem am Kai liegenden Kahn arbeiten zu können. Beim Einziehen des Kranes bewegt sich die Schnabelrolle fast waagerecht. Infolgedessen konnte der senkrechte Abstand der Dachbrücken vom Dach verhältnismäßig klein gehalten werden. Der Einziehmotor ist im Kranhaus untergebracht und überträgt seine Bewegung über Vorgelege gleichmäßig nach beiden Seiten auf zwei Ritzel, die in Triebstocksegmente eingreifen. Gegen das Überfahren der Endstellungen sind Endausschalter eingebaut.

Das Hubwerk ist eine einfache Stückgutwinde mit doppeltem Vorgelege. Die Hubgeschwindigkeit beträgt für volle Last 45 m/min, die Hubhöhe 28 m. Der leere Haken wird mit Stromstoß gesenkt. Schwere Lasten, die die Winde durchziehen können, werden stromlos abgelassen.

Der Drehwerkmotor mit Vorgelege treibt ein Drehwerkritzel an, das in den mit der Halbtorkonstruktion verschraubten Triebstockkranz eingreift. Eine Drehung erfordert ½ min. Je vier Krane wurden von den Ardeltwerken, Eberswalde, und von der Demag, Duisburg, geliefert, die elektrische Ausrüstung für Drehstrom von 380 V von Brown, Boveri & Cie.

Die Krane sind auch für Einseilgreifer verwendbar. Die Tragkonstruktion wurde für einen Winddruck von 50 kg/m² im Betriebe und von 150 kg/m² außer Betrieb berechnet.

Die Dachkrane von 2 t Tragkraft sind von der Firma Bamag-Meguin, A.-G., Berlin, geliefert. Sie haben 40 m Hubhöhe und 13 m Ausladung, ihre Brücken 37,24 m Stützweite. Sie sind ebenfalls auch für Einseilgreiferbetrieb eingerichtet.

Die Stromzuführung ist als Dreiphasenschleifleitung in einem gedeckten Kanal auf dem Dach neben der wasserseitigen Fahrschiene untergebracht. Die Brücken wurden für einen Winddruck von 75 kg/m² im Betrieb und von 250 kg/m² außer Betrieb berechnet. Da damit zu rechnen ist, daß später auf jeder Brücke noch ein zweiter Drehkran aufgestellt wird, ist der Berechnung eine Belastung von einem Drehkran mit 2 t Nutzlast auf jeden Ausleger zu Grunde gelegt. Zum Festlegen der Brücke sind neben den Fahrschienen auf der ganzen Länge Verriegelungsschiene angeordnet, die zum Einstecken von Festhaltebolzen 30 cm voneinander entfernte Löcher aufweisen.

### Uferbauten

Die Kaimauer ist 330 m lang und als Winkelmaue in Eisenbeton auf hölzernem Pfahlrost[14]) mit vorn stehen der Spundwand und für 9 m Wassertiefe ausgeführt.

Um die Kaimauer in ganzer Länge ausnutzen zu kön nen, ist vor Kopf des Hafenbeckens eine 30 m lange durch Pfahlböcke gehaltene hölzerne Spundwand geramm Da in geringer Entfernung hinter der Spundwand ein Druckwasserleitung für Krane mit Druckwasserantrie liegt, mußten die Pfahlböcke innerhalb der Gleitfläche gestellt werden; sie sind 2 m voneinander entfernt ange ordnet und bestehen aus zwei Zugpfählen und einer Druckpfahl.

### Kosten

Für die Durchführung des gesamten Bauvorhabens – Speicher, Kaimauer, Gleis- und Straßenanlagen usw. star den 7,11 Mill. ℳ zur Verfügung. Der Schuppenspeiche allein hat einschließlich der Gründung 4,9 Mill. ℳ ge kostet; davon entfallen auf die Gründung 560 000 ℳ Als Einheitspreise für 1 m² überbauter Fläche ergaben sich

| | |
|---|---|
| für die Gründung . . . . . | 55 ℳ |
| für den Aufbau . . . . . | 425 „ |
| zusammen | 480 ℳ. |

1 m³ umbauten Raumes stellt sich ohne Gründung un ohne maschinelle Einbauten (Aufzüge, Sackrutsche Regenwandanlage) auf rd. 20 ℳ. Die Kosten der Kra einschließlich ihrer Fahrbahnen und ihrer elektrische Ausrüstungen mit Ersatzteilen betragen 960 000 ℳ, di jenigen der Kabelzuführungen und der Umspannanla im Keller rd. 65 000 ℳ.

Der Bauleitung der Stettiner Hafengemeinschaft war zugeteilt Stadtbaumeister *Francke* und Regierungsbaume ster *Cantz*, von der Siemens-Bau-Union war Dipl.-In *Winter* mit der Aufsicht der Arbeiten beauftragt.

[B 3137]

[14]) Über die Berechnung des Pfahlrostes und der Pfähle vergl. Anm. [5]).

## Optisches Pyrometer für die Eisenindustrie

Den optischen Teil des optischen Pyrometers, Bauart Optix, zur Bestimmung der Temperatur von glühendem festen und flüssigen Eisen, Abb. 1, bildet ein Prismenfernrohr, bestehend aus dem Objektiv *a*, dem Okular *b* und dem Prismensatz *c*. Seine Vergrößerung ist dreifach, das Gesichtsfeld beträgt 7 °. Die Vergleichshelligkeit stellt ein kleiner Lichtfleck dar, der als Fenster in die Versilberung der einen Prismenfläche eingraviert ist und dem Beobachter als frei schwebende kleine elliptische Scheibe in der Mitte des Gesichtsfeldes zusammen mit dem Bilde des anvisierten Körpers erscheint. Sie überdeckt bei einem Meßabstand von 3 m eine Fläche von etwa 8 mm Dmr., so daß sich selbst kleine Körper bequem messen oder die üblichen Meßgegenstände der Industrie aus großem Abstand beobachten lassen. Die Vergleichsmarke *d* wird durch eine kleine Glühlampe *e* beleuchtet, deren Helligkeit mittels Widerstandreglers *f* und Strommessers *g* vor der Beobachtung auf einen gleichbleibenden Wert eingestellt wird. Helligkeitsgleichheit zwischen Meßgegenstand und Leuchtmarke erreicht man durch einen im Strahlengang des Meßgegenstandes liegenden drehbaren Rauchglaskeilring *l*.

Im Gegensatz zu den Glühfadengeräten nach *Morse* bleibt also die Helligkeit der Vergleichslichtquelle unverändert, während die des Bildes in meßbarer Weise so lange geschwächt wird, bis die Leuchtmarke verschwindet. Dadurch wird die Gleichstellung unabhängig von der Höhe der Temperatur stets bei derselben Helligkeit des Gesichtsfeldes ausgeführt, was die Einstellung erleichtert und eine Blendung des Auges bei höheren Temperaturen verhindert. Die Temperatureinteilung *m* befindet sich unmittelbar auf der drehbaren Fassung des Rauchglasringes *l*. Sie ist von außen durch ein Fenster ablesbar und verläuft verhältnisgleich, was durch entsprechende Schwärzung des Keiles *l* erreicht wurde.

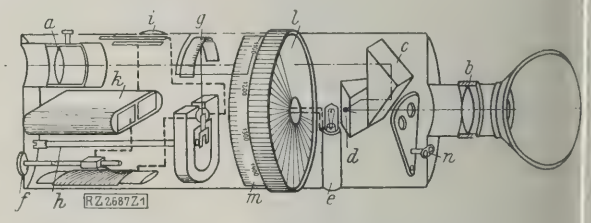



**Abb. 1**
Schnitt durch das optische Pyrometer, Bauart „Optix".
*Pyro-Werk Dr. Rudolf Hase, Hannover.*

| | | | |
|---|---|---|---|
| *a* Objektiv | *f* Widerstandregler | *i* Kontakt |
| *b* Okular | *g* Strommesser | *k* Trockenbatterie |
| *c* Prismensatz | *h* Einstellschraube für den Nullpunkt des Strommessers | *l* Rauchglaskeilring |
| *d* Vergleichsmarke | | *m* Temperatureinteilung |
| *e* Glühlampe | | *n* Rotglasschieber |

Der Strommesser *g* ist trotz seines kurzen Zeigers a reichend genau infolge der Verwendung einer Bauart Weitwinkelausschlag. Sein Nullpunkt ist durch ein sonderes kleines Fenster sichtbar und kann durch eine E stellschraube *h* berichtigt werden. Ein Teilstrich am Stro messer entspricht bei 1000 ° einem Meßfehler von 20 °. Viertelteilungen ohne Schwierigkeit einstellbar sind, eine Sicherheit von 5 ° gewährleistet. Der Meßbereich Gerätes beträgt 750 bis 1200 ° oder 1100 bis 1800 ° o 750 bis 1800 °.

Als Stromquelle dient eine handelsübliche Tasch lampenbatterie *k*. Der zwischen Okular *b* und Prism liegende Schieber *n* enthält ein helles und ein dunkles R filter, die entsprechend dem Meßbereich einzuschalten si Beim Übergang auf den niedrigen Meßbereich tritt be Umschalten des Rotglases gleichzeitig ein Schwächungsg vor die Lampe.

[M 2687]

# Über Glätte und Ebenheit
## als physikalisches und physiologisches Problem

*Von Prof. Dr.-Ing. Dr. med. h. c. G. SCHMALTZ, Offenbach a. Main*

*Rauhigkeit und Unebenheit von Oberflächen beeinflussen die Ergebnisse theoretisch-mechanischer Untersuchungen. Eine Definition für ihre Größen wird gegeben. Einige Verfahren zu ihrer Messung sind bekannt; ein neues Verfahren bedient sich eines Fühlhebelgerätes und photographischer Aufzeichnung. Die Ergebnisse von Oberflächenuntersuchungen an Stoffen verschiedener Art und verschiedener Bearbeitung werden in Zahlen und Kurven dargestellt und mit photographischen Aufnahmen der Oberfläche nach verschiedenen Verfahren verglichen. Der sogenannte Vibrationssinn der Hautnerven und die Rauhigkeitswahrnehmungen hängen zusammen; hierfür wird eine Wahrnehmungsschwelle angegeben. — Die Gesetze der Lichtreflexion an Oberflächen verschiedener Art werden erörtert, und es wird gezeigt, unter welchen Umständen man geringe Unebenheiten optisch wahrnehmen kann.*

### 1. Allgemeines

Die Geometrie und auch die theoretische Mechanik arbeiten bei ihren Betrachtungen mit Gebilden fiktiver Art. Diese werden begrenzt gedacht von Flächen (Ebenen, Kugelflächen usw.), die sich mit „einfachen" Gleichungen beschreiben lassen. Das Naturgegebene oder durch irgendein technologisches Verfahren mit künstlichen Grenzflächen versehene Gebilde genügt aber nicht dieser Bedingung. Allein dadurch, daß, mehr oder weniger offen ausgesprochen, Abweichungen von der gedachten Idealform zugelassen werden, ist es möglich, in unseren theoretischen Betrachtungen so zu verfahren, „als ob" unsere technischen Gebilde den Gesetzen gehorchten, die wir für die fiktiven aufgestellt haben. Der Konstrukteur nimmt z. B. in seinen kinematischen Betrachtungen zunächst an, daß seine Gleitflächen genau eben oder zylindrisch usw. seien, oder er rechnet die Hydrodynamik des Reibungsvorganges zwischen geschmierten Flächen zunächst so, als ob diese mathematisch glatt seien usw. Die neuere Untersuchungen gezeigt haben, haben feine Unregelmäßigkeiten, insbesondere Ritzungen der Oberfläche, erheblichen Einfluß auf die Festigkeit, da sie aus den bekannten Gründen unter Umständen sehr erhebliche örtliche Spannungserhöhungen hervorrufen können[1]). Diese Beispiele zeigen, daß sehr wohl die Abweichungen unserer technologisch hergestellten Flächen von der Idealform von Bedeutung sein können. Bei Bearbeitungsmaschinen bestimmt die Form gewisser Gleitflächen die Gestalt der auf der Maschine erzeugten Gegenstände. Die Genauigkeit, die man für diese fordert, bestimmt also die zulässige Abweichung von der theoretischen Form der Gleitflächen[2]). Die Reibungsverhältnisse an solchen ebenen oder zylindrischen Flächen, und zwar sowohl im Gebiet der sogenannten flüssigen wie der trockenen Reibung können genau erst behandelt werden, wenn man die genaue Gestalt der wirklichen Flächen kennt[3]).

Es ist nicht unwichtig, sich einmal diese Zusammenhänge klar zu machen und zu sehen, wie wenigstens grundsätzlich der Einfluß einer solchen „Idealisierung" des Problems auf das Ergebnis einer theoretischen Untersuchung ermittelt werden kann. Es sei $R$ das Ergebnis

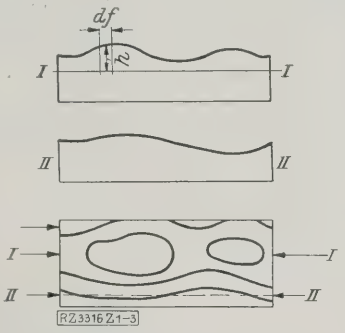



**Abb. 1 bis 3**
Schichtlinien und Höhen-Profile.

einer Untersuchung, beispielsweise über die Hydrodynamik der Reibung zwischen bestimmten Flächen. Dieses hängt einerseits von der Gestalt der Fläche

$$F(x, y, z) = 0$$

ab, andererseits noch von weiteren Größen (Geschwindigkeiten, Reibungszahlen usw.) $u, v, a, b \ldots$

$$R = \Phi\,[F(xyz)\,u, v, a, b] \quad \ldots \quad (1).$$

Nun wird man die Funktion $F$ stets in irgendeiner Form als Reihe mit den Koeffizienten $\alpha_0, \alpha_1, \ldots, \alpha_n$ entwickeln können. Weicht die wirkliche Form der Fläche von der ursprünglich angenommenen ab, so läßt sich diese Abweichung darstellen als eine Änderung des Koeffizienten, nämlich $\mathrm{d}\,\alpha_0, \ldots, \mathrm{d}\,\alpha_n$.

Die Änderung des Ergebnisses der Untersuchung unter Berücksichtigung der von der gedachten Gestalt abweichenden wirklichen Fläche wird nunmehr bei nicht allzu großen Änderungen des Koeffizienten

$$\Delta R = R_1 - R = \frac{\partial R}{\partial \alpha_0}\mathrm{d}\,\alpha_0 + \frac{\partial R}{\partial \alpha_1}\mathrm{d}\,\alpha_1 + \ldots \frac{1}{2}\frac{\partial^2 R}{\partial \alpha_0^2}\mathrm{d}\,\alpha_0^2 + \frac{\partial^2 R}{\partial \alpha_0\,\partial \alpha_1}\mathrm{d}\,\alpha_0\,\mathrm{d}\,\alpha_1 + \frac{\partial^2 R}{\partial \alpha_1^2}\mathrm{d}\,\alpha_1^2 + \ldots \quad (2).$$

Es ist also, wenn es gelingt, die funktionalen Zusammenhänge in der angedeuteten Weise darzustellen und die in Gl. (2) enthaltenen Differentiationen auszuführen, grundsätzlich möglich, den Einfluß der Idealisierung der Probleme, z. B. durch Einführung „glatter" Flächen, abzuschätzen.

Schließlich spielt das Maß von Glätte, das heißt die Oberflächengestalt in kleinen Bereichen auch bei den verschiedenartigsten Gebrauchstoffen eine Rolle, wie z. B. Holz, Leder, Glas, Papier usw. Die Anforderungen an die Oberflächenbeschaffenheit dieser Stoffe werden von Forderungen ganz verschiedener Art, und zwar technologischen, optisch-physikalischen, aber auch ästhetischen bestimmt. Es liegt offensichtlich ein Bedürfnis vor, dafür

1. eine Größe anzugeben, die ein Maß für die mittlere Abweichung von der geometrisch-theoretischen Gestalt darstellt, und
2. diese Größe zu messen.

Zur geometrischen Darstellung der in Frage kommenden Flächen wird man diese immer durch einander parallele Ebenen oder gekrümmte Flächen schneiden und die Schnittkurven ermitteln. Liegen die Schnittebenen etwa parallel zu der Ebene, die die zu untersuchende Fläche darstellt, so wird man eine „Schichtlinien"-Karte der Fläche bekommen. Liegen die Schnittebenen etwa senkrecht zu der gedachten Ebene, so bekommt man eine Reihe von Höhenprofilen, Abb. 1 bis 3.

Beide Verfahren sind zur Untersuchung von technologischen Flächen brauchbar. Man sieht zunächst ohne nähere theoretische Betrachtung, daß sich für den praktischen Gebrauch zwei Begriffspaare von einander trennen lassen: 1. Rauhigkeit — Glätte und 2. Unebenheit —

[1]) *Thomas*, The effect of scratches and of various workshop finishes on the fatigue strength of steel; „Engineering" Bd. 116 (1923) S. 449. *C. Inglis*, Stresses in a Plate due to the Presence of Cracks and Sharp Notches; Trans Inst. N. A., Teil I, 1913, S. 219. *A. A. Griffith*, The Effect of Surfaces Scratches on the Strength of Shafts and other Members; Advisory Committee for Aeronautics, Report T 1,275, Dezember 1918, B 2 G, Strength and Design-general 35. *C. F. Jenkin*, Report on the Materials of Construction used in Aircraft and Aircraft Engines. — *A. A. Griffith*, Stress Concentrations in Theory and Practice; B. A. Report 1921 S. 316. *Wolff*, Über die Schmierschicht in Gleitlagern, Forschungsarb. a. d. Geb. d. Ing.-Wesens, Heft 308, Berlin 1928, zeigt S. 22, daß die Rauhigkeiten von Lageroberflächen durchaus von der Größenordnung der Schmierschichtdicke sind und die hydrodynamischen Verhältnisse in Gleitlagern entscheidend beeinflussen können. Vgl. a. *Stribeck*, Z. Bd. 67 (1923) S. 633.

[2]) Vergl. *Finkelstein*, Prüfung der Arbeitsgenauigkeit von Werkzeugmaschinen, Diss. Berlin 1910; *Schlesinger*, Prüfbuch für Werkzeugmaschinen, Berlin 1927.

[3]) *Gümbel*, Reibung und Schmierung im Maschinenbau, Berlin 1925, S. 9. *Falz*, Grundzüge der Schmiertechnik, Berlin 1926, S. 55.

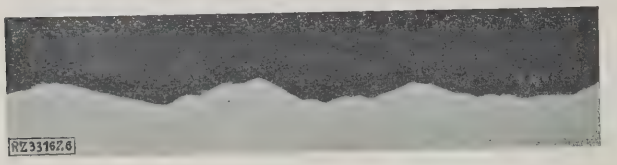


Abb. 6
Gelatine-Schnittbild einer gedrehten Eisenfläche nach *Berndt* (Höhenprofilkurve).
Vergrößerung etwa 100fach.)

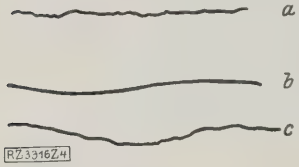



Abb. 4
Beispiele einer rauhen—ebenen (*a*), einer glatten—unebenen (*b*) und einer rauhen—unebenen (*c*) Schnittkurve.

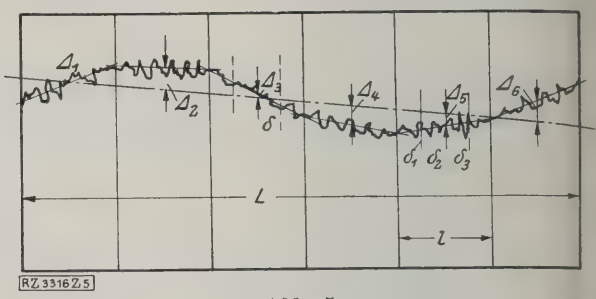



Abb. 5
Zeichnerische Ermittlung von Rauhigkeit und Unebenheit aus den Abweichungen von der mittleren Geraden.

Ebenheit. Beide beziehen sich auf die Abweichung der Fläche oder der Schnittkurven von der genauen geometrischen Form. Diese wären bei ebener Fläche die Gerade, bei Kugelfläche der Kreis, bei Zylinderfläche die Gerade oder Ellipse usw. Man erkennt, daß die Begriffe Rauhigkeit und Unebenheit sich nur dadurch unterscheiden, daß sie sich auf verschiedene Bereiche beziehen. Im kleinen Bereich pflegen wir von „Rauhigkeit", im großen Bereich von „Unebenheit" zu sprechen. Wer Wert auf eine mathematische Begriffsbestimmung legt, mag sich etwa folgendes vorstellen: Die Profilkurve, z. B. Abb. 2, läßt sich in bekannter Weise in einer Reihe von Winkelfunktionen darstellen (Fouriersche Reihe):

$$\varphi(x) = a_0 + a_1 \cos x + a_2 \cos 2x \ . \ . \ . \ a_n \cos nx + b_1 \sin x + b_2 \sin 2x \ . \ . \ . \ b_n \sin nx.$$

Die Koeffizienten $a$ und $b$ sind die Amplituden der übereinander gelagerten Sinus- und Kosinuswellen. Die höheren Koeffizienten entsprechen den Wellen mit kürzerer Periode. Es ist also die rauhe aber nahezu ebene Fläche diejenige, bei der die Koeffizienten der ersten Glieder verschwinden, während die der höheren Glieder von Bedeutung sind (Abb. 4a); die glatte aber unebene Fläche hat umgekehrt nur Koeffizienten in den niederen Gliedern (Abb. 4b). Eine Darstellung der Schnittkurven nach diesem Verfahren (harmonische Analyse) gäbe also in der Tat in den Koeffizienten der Reihe das Mittel zur Beurteilung von Ebenheit und Rauhigkeit[4]). Das Verfahren ist für die praktische Untersuchung im allgemeinen viel zu umständlich. Weit einfacher ist die Feststellung der Abweichungen von der mittleren Geraden, Abb. 5. Es sei $f(x)$ die Schnittkurve, $L$ der Bereich, in dem man die Untersuchung der Ebenheit zu Grunde legen will, also z. B. 10 cm oder 1 m, und $l$ die Bereiche, die der Untersuchung der Rauhigkeit dienen sollen. In den einzelnen Unterabschnitten $l$ wird eine Gerade so durch die Kurve gelegt, daß entweder $\Sigma \delta = 0$ wird (mittlere Gerade), oder, was im Ergebnis dasselbe ist, $\Sigma \delta^2 = \min$. (Verfahren der kleinsten Quadrate). Zur Darstellung der „Rauhigkeit" werde die Strecke $l$ in $n$ Teile unterteilt und für jede Ordinate die senkrecht zur mittleren Geraden gemessene Abweichung $\delta_1, \delta_2 \ldots \delta_n$ bestimmt.

Die mittlere Abweichung

$$h_a = \frac{\Sigma |\delta|}{n} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (3),$$

wo $\delta$ ohne Berücksichtigung des Vorzeichens genommen wird, oder besser die mittlere quadratische Abweichung

$$h_{qu} = \sqrt{\frac{\Sigma \delta^2}{n}} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (4)$$

sind brauchbare Maße für die Rauhigkeit. Die analogen Größen

$$U_a = \frac{\Sigma |\Delta|}{n} \text{ oder } U_{qu} = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta^2}{n}} \quad . \ . \ . \ . \ . \ (5)$$

sind die entsprechenden Maße für die Unebenheit. Ganähnliche Betrachtungen lassen sich für den Fall anstelle wo statt Profilkurven Schichtlinien gegeben sind. Es s $h$ die Höhe eines Flächenelementes $df$ über der Bezug ebene, vergl. Abb. 1, dann ist die Rauhigkeit oder U ebenheit bestimmt durch die Größe

$$r = \frac{1}{F} \int df\,|h| \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ (6$$

oder bei Bildung des quadratischen Mittelwertes

$$r_{qu} = \sqrt{\frac{1}{F} \int df\,h^2} \quad . \ . \ . \quad . \ . \ . \ (7$$

Bei Benutzung der Schichtlinien, das heißt also mit d vereinfachenden Annahme, daß die Flächenstücke zw schen den Schichtlinien eben seien, werden die Ausdrüc

$$r = \frac{1}{F} \sum_n^1 F_n h_n \text{ oder } r_{qu} = \sqrt{\frac{\sum_n^1 F_n h_n^2}{\sum F_n}} \quad . \ . \ .$$

Je nach dem Bereich, innerhalb dessen man beobacht bekommt man aus diesen Größen wiederum ein brau bares Maß für Rauhigkeit oder Unebenheit.

### 2. Methodisches

Das Schichtlinienverfahren läßt sich oh weiteres auf die Darstellung von blanken Flächen n tels Interferenzen anwenden[5]). Im übrigen kann n durch stereomikroskopische Aufnahmen der Fläche A nahmen bekommen, die sich dann mit dem Stereokompa tor ausmessen lassen. Es wird sogar möglich sein, ähnl wie aus Luftbildaufnahmen Höhenschichtlinien in sol Photogramme einzuzeichnen. Ein Versuch ist in die Hinsicht gemacht worden, ohne daß Näheres über die gebnisse bekannt geworden wäre[6]). Hierher gehört a das mehr qualitative aber immerhin nicht unbrauchb „Tuschierverfahren" der Schlosser. Weitere Anwend gen sind wohl nicht bekannt.

Das Profilkurvenverfahren ist das zunächst gegeb Für Untersuchungen der Ebenheit ist es gründlich du gebildet. Für Lineale und Tuschierplatten usw. fin sich optische und, weit weniger gut, hydrostatische V fahren[7]).

Untersuchungen über die Rauhigkeit sind jetzt nur in geringem Umfang angestellt worden. naheliegendes, mehrfach angewandtes Verfahren ist gendes: Es wird mit geeignetem Material (Gelatine, Ze loidin) ein Abdruck der betreffenden Flächen gem und von dem Abdruck werden nach den von der Histol her bekannten Verfahren Mikrotomschnitte gemacht diese photographisch vergrößert, Abb. 6. Die Pr kurven lassen sich dann auswerten, so wie dies oben schrieben worden ist[8])[9]).

[4]) Die obige Darstellung gilt streng nur für wirklich periodische Kurven; im andern Fall nehmen die Koeffizienten die Gestalt von Integralen an.

[5]) Vergl. *Berndt*, Grundlagen und Geräte technischer Längenm gen, Berlin 1929. S. 107.

[6]) „Loewe-Notizen" Bd. 10 (1925) S. 145. Hiernach auch Abb

[7]) *Berndt*, a. a. O. S. 330; *Finkelstein*, a. a. O.; *Schlesinger*, a.

[8]) Das Verfahren scheint von *Thomas* zu stammen, vergl. „ neering" Bd. 116 (1923) S. 449 und 483. Neuere Untersuchungen sta von *Berndt* und seinen Schülern; vergl. „Loewe-Notizen" a. *Schlippe*, Untersuchungen des Preßfinish-Verfahrens. Diss. Dresden

[9]) s. *Abderhalden*, Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden 47: *Herzheimer*, Histologische Technik.

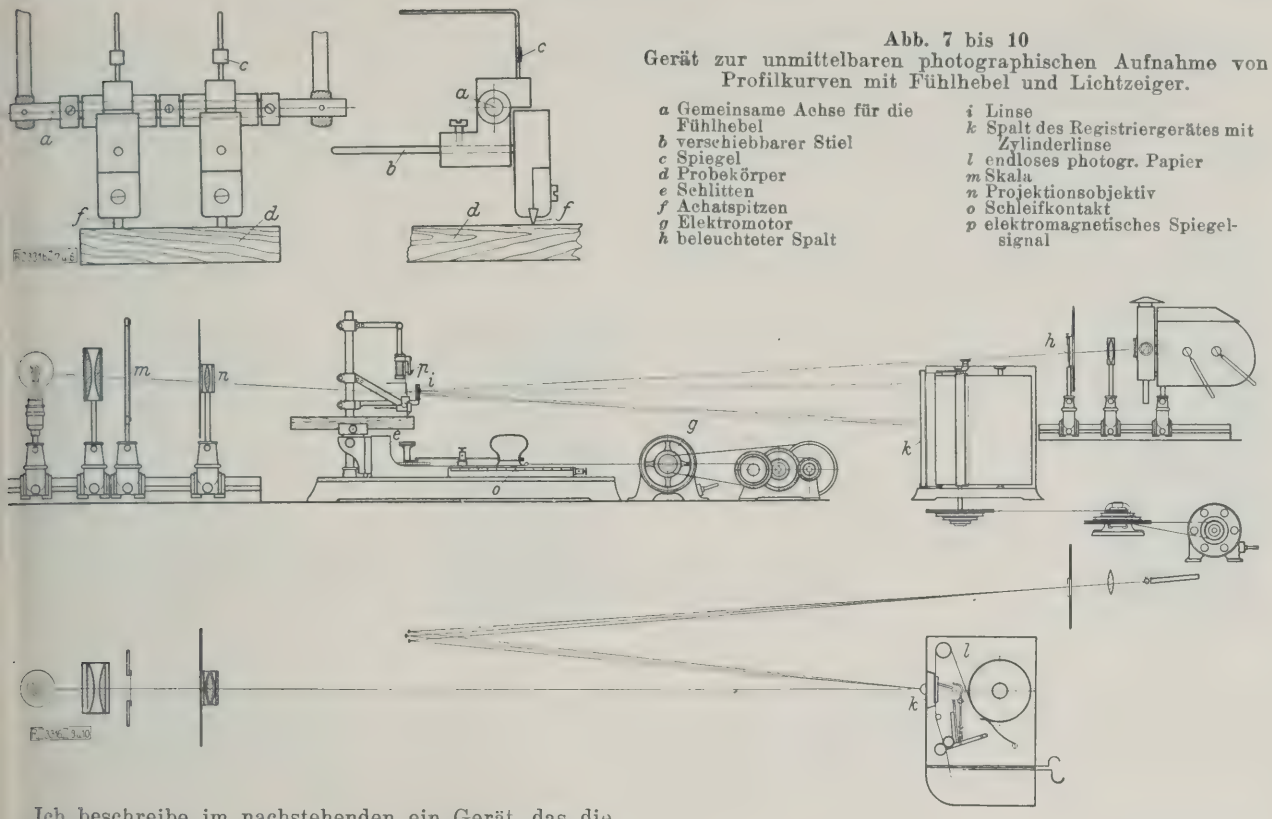



**Abb. 7 bis 10**
**Gerät zur unmittelbaren photographischen Aufnahme von Profilkurven mit Fühlhebel und Lichtzeiger.**

*a* Gemeinsame Achse für die Fühlhebel
*b* verschiebbarer Stiel
*c* Spiegel
*d* Probekörper
*e* Schlitten
*f* Achatspitzen
*g* Elektromotor
*h* beleuchteter Spalt
*i* Linse
*k* Spalt des Registriergerätes mit Zylinderlinse
*l* endloses photogr. Papier
*m* Skala
*n* Projektionsobjektiv
*o* Schleifkontakt
*p* elektromagnetisches Spiegelsignal

Ich beschreibe im nachstehenden ein Gerät, das die rofilkurven mittels Fühlhebel und Lichtzeiger unmittelr photographisch aufzunehmen gestattet, und mit dem nfangreiche Aufnahmen von Holzoberflächen und einige rbereitende von Eisen, Papier usw. gemacht worden nd, Abb. 7 bis 10. Das Gerät gestattet, zwei Profilrven gleichzeitig aufzunehmen. Abb. 7 und 8 zeigt e Fühlhebel, die auf einer gemeinsamen Achse *a* sitzen. urch Verschieben des Stieles *b* kann das Übersetzungsrhältnis geändert werden. Auf einem drehbaren und ur Justierung) biegsamen Träger ist der Spiegel *c* von . 3 mm² aufgeklebt.

Unter dem Fühlhebel befindet sich die Probe *d* auf nem genau gearbeiteten Schlitten *e* (Leitzsches Mikrotn). Sie ist senkrecht usw. feingängig einstellbar. Der chlitten wird über ein Rädervorgelege von einem Elektromotor *g* mit einer Geschwindigkeit von rd. 2 mm/s mit Hilfe einer Schnur bewegt. Der beleuchtete Spalt *h* wird mit einer Linse *i* in der Ebene *k* eines *Edelmannschen* Registrierapparates abgebildet, in dem endloses photographisches Papier *l* abläuft. Von hinten wird noch eine Skala *m* (hell auf dunkel) auf den Spalt des Registriergeräts projiziert. Ein Schleifkontakt *o* mit je 1 cm auseinander liegenden Kontaktstellen gibt mit Hilfe des elektromagnetischen Spiegelsignales *p* die Stellung des Fühlhebels auf der Probe im Film an.

**Zahlentafel 1.** Ergebnisse der Untersuchung f Rauhigkeit und Unebenheit von verschiedenen Stoffen bei verschiedener Bearbeitung.

| | Art der Probe | Empfindlichkeit $E$ $\frac{\mu}{\text{Skalent.}}$ | Rauhigkeit $h_a$ | Rauhigkeit $h_{qu}$ | Unebenheit $U_a$ | Unebenheit $U_{qu}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Zeißsche planparallele Glasplatte (Fehler 0,1 $\mu$) | 2,51 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | Gezogenes Flacheisen | 4,4 | 0,5 | 0,9 | 1,4 | 2,3 |
| 1 | Flacheisen mit Feile geschlichtet . . . . | 4,4 | 1,2 | 1,6 | 11,0 | 14,5 |
| 1 | Flacheisen auf Diskus-Schleifmaschine geschliffen . . . . . | 4,4 | 1,7 | 2,9 | 2,6 | 3,3 |
| 1 | Flacheisen tuschiert (geschabt) . . . . . | 4,4 | 1,2 | 1,6 | 4,9 | 5,9 |
| 1 | Flacheisen mit spitzem Stahl gehobelt . . . | 8,0 | 35,4 | 44,3 | 41,0 | 45,6 |
| 1 | Buchenholz auf Abrichtmaschine gehobelt . . . . . | 4,4 | 3,8 | 4,7 | 16,8 | 19,8 |
| 1 | Tannenholz auf Dreizylinder-Schleifmaschine geschliffen | 4,4 | 1,6 | 2,0 | 17,2 | 20,0 |
| 1 | Gewöhnliche braune Pappe . . . . . | 4,4 | 7,2 | 8,1 | — | — |

Es seien im nachstehenden einige Ergebnisse, die mit der angegebenen Einrichtung erzielt worden sind, wiedergegeben. Hierbei wurden die Kurven nach dem oben angegebenen rechnerischen Verfahren auf Rauhigkeit und Ebenheit untersucht. Die Art der Proben und die zahlenmäßigen Ergebnisse sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt. Hierbei bedeutet $E$ die jeweils bei der Aufnahme benutzte Empfindlichkeit in $\mu$ für ein Skalenteil der mitphotographierten Ordinaten, $h_a$ die mittlere Rauhigkeit, ermittelt aus drei Abschnitten von 1 cm Länge und als arithmetisches Mittel berechnet, s. Gl. (3), ferner $h_{qu}$ dieselbe, als quadratisches Mittel nach Gl. (4) berechnet; $U_a$ und $U_{qu}$ die entsprechenden Zahlen für die Unebenheit, ermittelt aus den Ordinaten jeder Zentimetermitte und bezogen auf eine gerade Grundlinie („Scherlinie"), die der Bedingung $\Sigma \Delta = 0$ für die ganze Kurve entspricht[10]). Es sei hier nochmals ausdrücklich darauf hingewiesen, daß die angegebenen Schwankungswerte sich auf die mittlere Gerade beziehen, die ganze Schwankung also der Abstand zwischen den Mittelwerten oberhalb und unterhalb der mittleren Geraden das Doppelte der angegebenen Zahlen ausmacht. Eine Auswahl der aufgenommenen Kurven geben Abb. 11 bis 19 wieder; gleichzeitig zeigen sie Photogramme der Proben in auffallendem und schrägem Licht (Einfallwinkel etwa 15 bis 20°), sowie Mikrophotogramme der Kurven in schräg auffallendem Licht. Man sieht, wie für die Beurteilung der Rauhigkeit die Beobachtung in schräg einfallendem Licht besonders wichtig ist.

[10]) Daß die Kurven im allgemeinen geneigt zur Bewegungsrichtung des Papiers verlaufen, liegt an der Schwierigkeit unbedingt genauer Einstellung der Probe im Gerät.

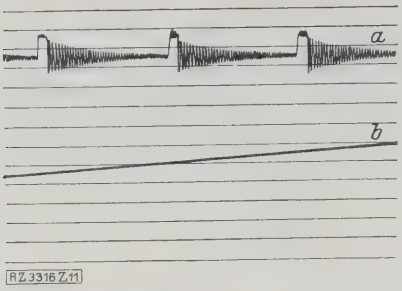
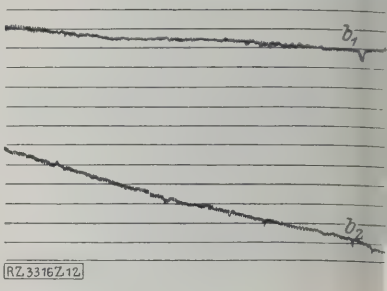



**Abb. 11** (links)
Untersuchung der Zeißschen planparallelen Platte 028 (4/5 verkl.).

*a* Längsmarken 1 cm Abstand
*b* Oberflächenkurve 1 mm = 3,14 $\mu$

**Abb. 12** (rechts)
Gezogenes Flacheisen.

$b_1$, $b_2$ Oberflächenkurven in etwa 1,5 cm Abstand
Längen etwa 2 : 5
Höhen : 1 mm = 5,5 $\mu$



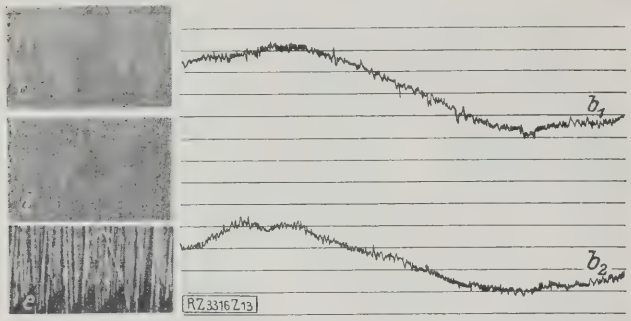




**Abb. 13**
Flacheisen mit Feile geschlichtet.

$b_1$, $b_2$ Oberflächenkurven, Längenmaßstab etwa 1 : 2,2
Höhenmaßstab 1 mm = 4,9 $\mu$
*c* Aufnahme in $^9/_{10}$ nat. Größe in senkrechter Beleuchtung
*d* „ „ „ „ , Lichteinfall etwa 20°
*e* Mikroaufnahme, Lichteinfall etwa 20° (Vergr. etwa 12fach)

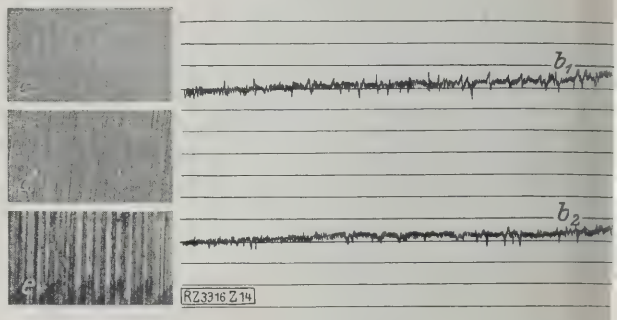



**Abb. 14**
Flacheisen auf Diskus-Schleifmaschine geschliffen.

$b_1$, $b_2$ Oberflächenkurven, Längenmaßstab etwa 1 : 2,2
Höhenmaßstab 1 mm = 4,9 $\mu$
*c* Aufnahme in $^9/_{10}$ nat. Größe in senkrechter Beleuchtung
*d* „ „ „ „ „ , Lichteinfall etwa 20°
*e* Mikroaufnahme, Lichteinfall etwa 20° (Vergr. etwa 15fach)

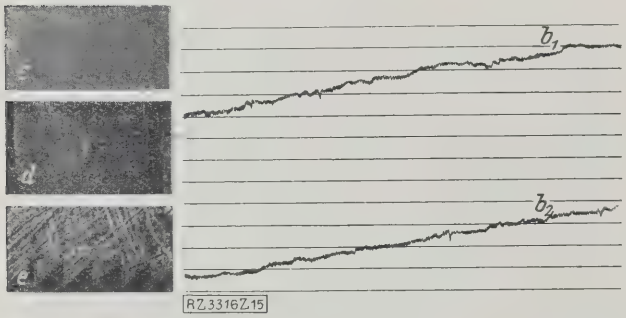



**Abb. 15**
Flacheisen tuschiert.

$b_1$, $b_2$ Oberflächenkurven in etwa 1,5 cm Abstand, Längenmaßstab etwa 2fach vergr., Höhenmaßstab 1 mm = 4,9 $\mu$
*c* Aufnahme in nat. Größe, senkrechter Lichteinfall
*d* „ „ „ „ Lichteinfall etwa 20°
*e* Mikroaufnahme, Lichteinfall etwa 20° (Vergr. etwa 12fach)

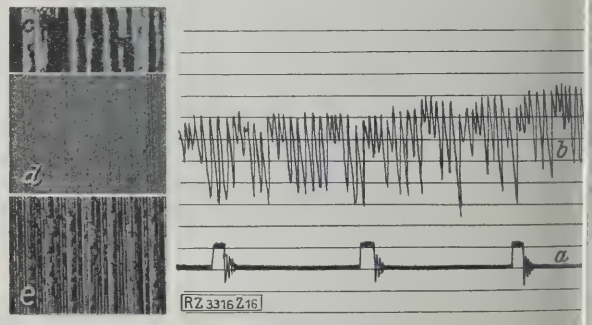



**Abb. 16**
Flacheisen mit spitzem Stahl gehobelt (⅓ des Originals).

*a* Längsmarken, 1 cm Abstand
*b* Oberflächenkurve, Höhenmaßstab 1 mm = 8,8 $\mu$
*c* Mikroaufnahme in schrägem Licht (Vergr. etwa 12fach)
*d* Aufnahme in nat. Größe in nahezu senkrechtem Licht
*e* „ „ „ „ , Lichteinfall etwa 20°

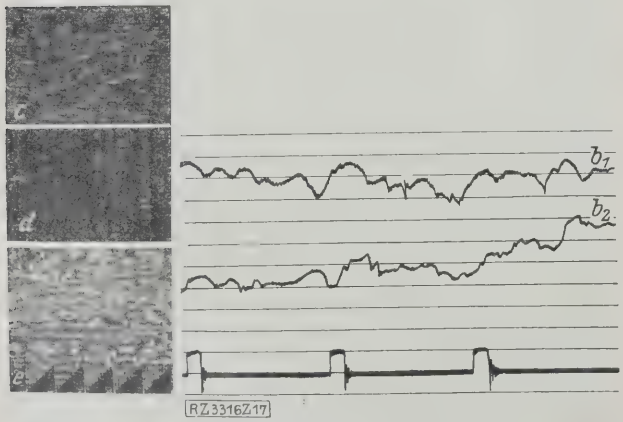



**Abb. 17**
Buchenholz auf Abrichtmaschine gehobelt.

$b_1$, $b_2$ Oberflächenkurven, Längsmarken in 1 cm Abstand, Höhenmaßstab 1 mm = 4,9 $\mu$
*c* Aufnahmen in nat. Größe, senkrechter Lichteinfall
*d* Aufnahmen in nat. Größe, Lichteinfall etwa 20°
*e* Mikroaufnahme, Lichteinfall etwa 20° (Vergr. etwa 12fach)

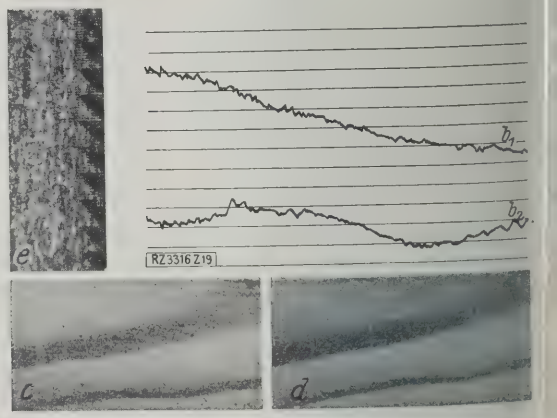



**Abb. 18**
Tannenholz auf Dreizylinder-Schleifmaschine geschliffen.

$b_1$, $b_2$ Höhenkurven in 1,5 cm Abstand,
1 mm = 4,9 $\mu$, Längenmaßstab 2fach vergr.
*c* Aufnahme 5 : 4 in schräg auffallendem Licht
*d* Dieselbe Aufnahme in senkrechtem Licht
*e* Mikroaufnahme, 12fach vergr.

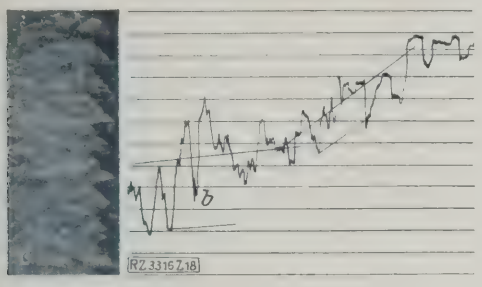



Abb. 19
Gewöhnliche braune Pappe.
*b* Oberflächenkurve, Höhenmaßstab 1 mm = 4,4 $\mu$
*c* Mikroaufnahmen in schräg auffallendem Licht
(Vergr. etwa 12fach)

Zur Kritik des Verfahrens sei noch gesagt, daß der pezifische Meßdruck des Fühlhebels rd. 1 kg/cm² bei den olz- und Papierproben und rd. 5,5 kg/cm² bei den Metallroben betragen hat.

### 3. Die „Rauhigkeit" als physiologische Tatsache

) Wahrnehmen der Rauhigkeit durch den Tastsinn.

Wir haben uns oben mit der Rauhigkeit als einem ıysikalischen Begriffe beschäftigt. Wahrgenommen wird ›er die Rauhigkeit eines Körpers mit Hilfe des Tastnnes[11]). In der Epidermis (Oberhaut) befinden sich ervenendstellen eingelagert, die befähigt sind, Druckreize ıfzunehmen. Wenn zwei Hautpunkte etwa durch leichs Aufdrücken je einer Nadel gleichzeitig gereizt werden, › hängt es von der Entfernung der beiden Reizpunkte ›neinander und im übrigen von der Körperstelle, die an untersucht, ab, ob die beiden Reize als getrennt empınden werden oder miteinander verschmolzen sind und als n einziger Reiz wahrgenommen werden. An der Unterfläche ›s ersten Fingergliedes liegt diese kritische Entfernung wa bei 3 bis 4 mm. Man sieht daraus leicht, daß es ›möglich ist, durch einfaches Auflegen des Fingers überıupt etwas über die Rauhigkeit zu erfahren, es sei denn, e Erhöhungen und Vertiefungen lägen mehr als 3 mm ıseinander.

Ganz anders wird die Sache, wenn man mit dem inger über eine Fläche leicht hinwegstreicht. Dann wer›n die Sinnespunkte von jeder Erhöhung der Unterlage ›reizt, und wenn dann die Erhöhungen einigermaßen gelmäßig sind, tritt ein rhythmischer Sinnesreiz auf von ›r mittleren Frequenz $f = av$, wo $a$ der mittlere Abstand ›r Erhöhungen und $v$ die Gleitgeschwindigkeit ist. Für ›ese rhythmischen Reize ist nun der Sinnesapparat der aut außerordentlich empfindlich. Wenn wir die Rauhigit einer Fläche prüfen wollen, drücken wir nicht etwa ›n Finger nur auf, sondern fahren mit ihm über die läche hinweg. Die Empfindlichkeit der Haut für rhythlische Druckreize, der sogenannte „Vibrationssinn", ist ›hrfach Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen

[11]) Eine Übersicht über die Frage des Tastsinns (sogen. „Tangorecepten") gibt *v. Frey* in *Bethe* usw. Handbuch der Physiologie, Bd. XI: Jceptoren, S. 94; vergl. auch *von Frey*, Versuche über das Vibrationsgefühl, Ztschr. f. Biologie Bd. 65 (1915) S. 203; *D. Katz*, Der Aufbau der Tastıt, Ztschr. f. Psychologie, Ergänzungsband 11 (1925).

gewesen. Die neueste auch in der Methodik einwandfreie Arbeit stammt von *Knudsen*[12]). Diese stellt zunächst fest, welche Amplituden bei Berührung mit einem schwingenden Körper überhaupt noch wahrgenommen werden. Die Ergebnisse sind in Abb. 20 aufgetragen. Man sieht, daß bei einer Frequenz von rd. 260 Schwingungen in 1 s die Empfindlichkeit am größten ist. Bei dieser werden noch Amplituden bis zu 0,1 $\mu$ ($1 \cdot 10^{-5}$ cm) wahrgenommen. Außerhalb dieses Optimums liegen die eben noch wahrnehmbaren Amplituden bei etwa 1 $\mu$. Sehen wir nun, wie diese Feststellungen in Einklang stehen mit der Empfindung „Rauhigkeit" des tastenden Fingers. Die Probe gezogenen Eisens, Abb. 12, wird eben noch als rauh empfunden. Die mittleren Erhöhungen und Vertiefungen betragen $h_a = 0{,}5$ $\mu$, also die Amplitude etwa 1 $\mu$. Es entfallen etwa 80 Zacken auf den Zentimeter. Bei einer Geschwindigkeit von etwa 3 bis 5 cm/s des tastenden Fingers würde noch ein Reiz entstehen, der dem Zehnfachen der Wahrnehmungsschwellen entspricht. Bei größerer oder kleinerer Geschwindigkeit käme der Reiz gerade an die Schwelle der Wahrnehmbarkeit, nämlich 1 $\mu$. Dies entspricht durchaus der Erfahrung.

Dünnes Zeichenpapier mit $h_a = 2{,}9$ wird unter allen Umständen schon als rauh empfunden. Die Zeißsche Glasplatte, deren Fehler nicht größer als 0,1 $\mu$ ist, erweist sich dem tastenden Finger als „glatt". Ebenso eine Endmaßoberfläche. Wie steht es nun mit der Empfindlichkeit der Haut gegen Veränderungen des Rauhigkeitsgrades? Abb. 21 zeigt nach *Knudsen* (etwas umgeformt) die eben noch wahrnehmbare relative Änderung der Amplitude in Abhängigkeit von dieser. Man sieht aus dieser Kurve für $f = 256$, daß bei einer Amplitude, die das Vierfache der Schwelle beträgt, also 0,4 $\mu$ der Wert $\frac{\Delta a}{a}$, also die relative Unterscheidungsschwelle 12 vH, bei der 64fachen Amplitude, also bei 6,4 $\mu$ etwa 4 vH beträgt. Das würde heißen, daß bei einer Oberfläche, deren mittlere Rauhigkeit $h_a$ (z. B. die in Abb. 17 gezeigte Holzprobe) nach unserer Definition 3,8 $\mu$ beträgt, ein Unterschied von weniger als 0,1 $\mu$ in der Höhe der Rauhigkeit noch fühlbar ist. In der Tat lassen sich bei gewisser Übung außerordentlich geringe Unterschiede des Rauhigkeitsgrades durch das Gefühl nachweisen.

b) Wahrnehmung durch den Gesichtssinn

Es bleibt noch die Frage zu prüfen, wie weit der Gesichtssinn in der Lage ist, Unregelmäßigkeiten von Oberflächen zu beurteilen. Es ist zunächst klar, daß das Auge im allgemeinen keine Oberflächenteile als gesondert wahrnehmen kann, die unter der Sehgrenze, also etwa bei einer Größe von 0,1 mm bei natürlichem Augenabstand liegen. Unter besonderen Umständen werden jedoch noch weit kleinere Störungen der glatten Oberfläche wahrgenommen. Dieses tritt dann ein, wenn scharfe, vorstehende Oberflächenteile oder Vertiefungen vorhanden sind, an denen das Licht gebeugt wird und die dann die Eigenschaft selbstleuchtender Teilchen annehmen können. Ähnlich verhalten sich spiegelnde kleine Oberflächenteile unter günstigen Winkelverhältnissen. Ein Umstand verdient noch besondere Beachtung, nämlich die Tatsache, daß bei strei-

[12]) *Knudsen*, Hearing with the sense of touch, Journ. of gen. Psychol. Bd. 1 (1928) S. 320.

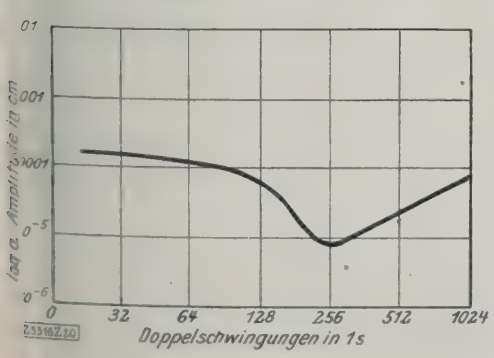



Abb. 20
Abhängigkeit der Tastempfindung: (Amplitudenschwelle) von der Schwingungszahl nach *Knudsen*.

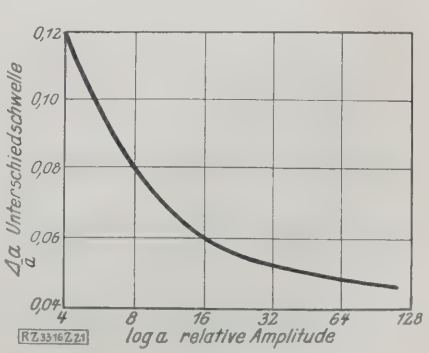



Abb. 21
Tastempfindung: (Unterschiedsschwelle) als Funktion der Amplitude nach *Knudsen*.

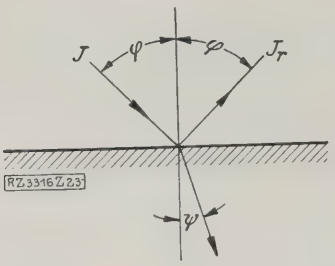



Abb. 23
Reflexion und Brechung an durchsichtigen Flächen.

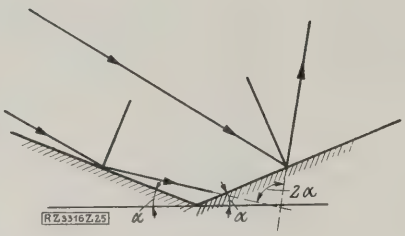



Abb. 25
Einfluß von Unebenheiten auf die Richtung des reflektierten Strahles.

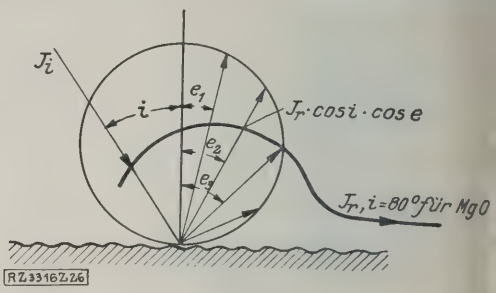



Abb. 26
Diffuse Reflexion. *Lambertsches* Gesetz und anormale Reflexion für Manganoxyd nach *Woronokoff* und *Pokrowski*.

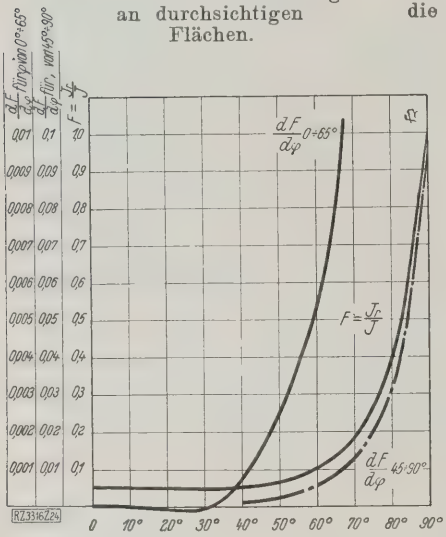



Abb. 24
*Fresnelsche* Reflexion für einen Brechungsindex $n = 1{,}52$.

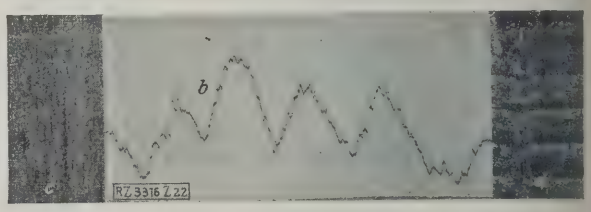



Abb. 22
Buchenholz auf Kehlmaschine bearbeitet, Flugkreisdurchmesser 150 m.

*b* Schnittkurve der Oberfläche (1 mm = 4,4 μ)
*c* Oberfläche in auffallendem Licht 0,8 nat. Größe
*d* dieselbe Oberfläche in schräg auffallendem Licht, Einfallwinkel etwa 20°, 0,8 nat. Größe

fendem Lichteinfall kleine Unebenheiten der Oberfläche sehr deutlich hervortreten, wenn die obersten Oberflächenschichten für Licht durchlässig sind. Diese Erscheinung beruht auf den geringen Winkelabweichungen der in Frage kommenden Flächenstücke, die unter günstigen Umständen von erheblichem Einfluß auf die Intensität des zurückgeworfenen Lichtes sind. Ein Beispiel hierfür ist Abb. 17, noch eindrucksvoller jedoch ist Abb. 22. Die regelmäßigen Vertiefungen in dem Holz, die von Schlägen des Hobelmessers herrühren und in der Registrierkurve gut zu sehen sind, sind bei Betrachtung in auffallendem Licht so gut wie nicht sichtbar, dagegen treten sie in schräg auffallendem Licht außerordentlich deutlich hervor. Der Winkel, den die Wand dieser Hobelwelle gegenüber der Ebene der Holzoberfläche bildet, beträgt im Mittel etwa 1° 30′. Es ist erstaunlich, daß derart geringe Winkeländerungen der Fläche noch wahrnehmbar sind. Dies hängt mit den Gesetzen der Reflexion an durchsichtigen Körpern zusammen, wie sie in den *Fresnelschen* Formeln festgelegt sind (regelmäßige Reflexion). Wenn Licht von der Lichtstärke $J$ auf eine spiegelnde brechende Fläche fällt, Abb. 23, so wird die Intensität $J_r$ des reflektierten Strahls bestimmt durch die Gleichung

$$J_r = \frac{1}{2}\left[\frac{\sin^2(\varphi-\psi)}{\sin^2(\varphi+\psi)} + \frac{\operatorname{tg}^2(\varphi-\psi)}{\operatorname{tg}^2(\varphi+\psi)}\right] J \text{ [13]}.$$

Die Funktionen $F = \frac{J_r}{J}$, also die Intensität des reflektierten Lichts im Verhältnis zu der des einfallenden Lichts ist in Abb. 24 eingetragen, ebenso deren Ableitung $\frac{\mathrm{d}F}{\mathrm{d}\varphi}$ [14]. Man sieht aus diesen Kurven, wie außerordentlich stark die Intensität des reflektierten Lichtes mit dem Einfallwinkel zunimmt; während bei senkrechtem Einfall ($\varphi \approx 0$) etw 5 vH des einfallenden Lichtes zurückgeworfen werden, wir an der Grenze des völlig streifenden Einfalls di gesamte Lichtmenge reflektiert. Auf dieser Eigenscha des Reflektionsgesetzes beruht im wesentlichen die merk würdige Erscheinung, daß kleine Winkeländerungen de Fläche sichtbar werden.

Fällt paralleles Licht auf zwei gegen die Ebene u den Winkel $\alpha$ geneigte Fläche, Abb. 25, so bilden di reflektierten Strahlen einen Winkel $2\alpha$ miteinande Während bei einem Einfallwinkel von 40° eine Winke änderung von $2\alpha = 1°$ eine Änderung der Intensität de reflektierten Lichtes von etwa 1 vH hervorruft, wir diese Änderung bei einem Einfallwinkel von 85° (als nahezu streifendem Einfall) schon 9,5 vH. Das Auge kan unter günstigen Umständen noch Helligkeitsunterschied von etwa 1 vH wahrnehmen. Unter normalen Umständ liegt die Unterschiedschwelle etwa bei 5 vH. Man sieh daß es also bei derartigen Körpern und bei streifende Eintritt möglich ist, Winkelverschiedenheiten der Obe fläche von etwa 10′ wahrzunehmen.

Die Verhältnisse werden erheblich ungünstiger, wer außer den soeben betrachteten Unebenheiten die Fläche a sich noch rauh ist, also eine sogenannte diffuse Reflexi nach allen Richtungen hin stattfindet. Dieser Fall en spricht wohl den am häufigsten vorkommenden tec nischen Flächen. Für völlig rauhe, diffus reflekti rende Körper, entspricht im Gegensatz zu den Körpe mit regelmäßiger Reflexion jedem einfallenden Strahl ei Reflexion nach allen Richtungen, also eine unendlic Schar von Ausfallstrahlen. Für die Intensität gilt d *Lambertsche* Gesetz, wonach die Intensität des reflektie ten Lichtes

$$J_r = c\, J_i \cos i \cos e$$

ist; $i$ ist der Einfallwinkel, $e$ ein beliebiger Ausfallwink Abb. 26[15]). Daraus findet sich $\frac{\mathrm{d}J_r}{\mathrm{d}e} = -J \cos i \sin$ Da die Änderungen von sin $e$ bei großem $e$ sehr geri sind, tritt bei diesen diffus reflektierenden Körpern oben dargestellte Wirkung kleiner Winkeländerungen streifendem Eintritt im allgemeinen nicht auf, die wir

[13]) *Chwolson*, Lehrbuch der Physik; Braunschweig 1904, II/1, S. 858 u. S. 858; Handbuch d. Experimentalphysik, herausg. v. *Wien* und *Harms*, Leipzig 1928, Bd. 18, *v. Laue*, Die Spiegelung und Brechung des Lichtes an der Grenze zweier isotroper Körper, S. 127

[14]) Die Kurve ist für einen Brechungsindex $n = \frac{\sin\varphi}{\sin\psi} = 1{,}52$ berechnet. Messungen des Verfassers mit dem Verfahren der Einbettung des Materials in Flüssigkeiten verschiedener Brechungsvermögen haben bei verschiedenen Hölzern Werte für $n$ zwischen 1,52 und 1,55 ergeben.

[15]) Die Abbildung zeigt zugleich eine zeichnerische Darstellung *Lambertschen* Kosinusgesetzes.

gelmäßig reflektierenden, halb oder ganz durchsichtigen örpern gefunden hatten[16]). Wenn derartige Körper jeoch mit einer durchsichtigen Schicht überzogen werden, ie die Rauhigkeit ausgleicht, ist die Wirkung im Sinne er *Fresnelschen* Gleichung wieder vorhanden, und zwar gelmäßig sehr stark. Hierauf beruht die Erscheinung, daß folge von Lackierung geschliffener, gespachtelter oder it Mattfarbe gestrichener Oberflächen oder bearbeiteter ölzer oder durch Glasur von keramischen Körpern kleine nebenheiten deutlich sichtbar werden.

Bei metallischen Oberflächen ist die Zuahme der Intensität des reflektierten Lichts in der Geend des streifenden Einfalls weit geringer als bei durchchtigen oder halbdurchsichtigen Körpern[17]). Also auch hier rufen kleine Winkeländerungen der Oberfläche bei streifender Betrachtung im allgemeinen keine wesentlichen Intensitätsunterschiede hervor. Da aber derartige Flächen bei guter Glätte eine Abbildung mittels Spiegelung ermöglichen, sind Unebenheiten an der Verzerrung sonst regelmäßiger Spiegelbilder merkbar. Dies ist für die Beurteilung bearbeiteter Metallflächen von Wichtigkeit.

*

Es lassen sich also zusammenfassend zwei Gruppen von Körperoberflächen aufzeigen, bei denen geringe Unebenheiten deutlich sichtbar sind und solche, bei denen dieses nicht der Fall ist.

1. Oberflächen, bei denen geringe Unebenheiten bei streifender Betrachtung nicht sichtbar sind: Rauhe, matte Körper; zum Beispiel: geschliffene Hölzer, mit Mattfarbe oder Spachtel gestrichene Oberflächen, mattierte Gläser, rauhe Kartons und Papiere, gehobelte, geschliffene Metalloberflächen.

2. Körper, bei denen geringe Unebenheiten sichtbar werden: Gläser, emaillierte Körper, Zelluloid, polierter Hartgummi, Kunstharz, Horn usw., gehobelte Hölzer, gehobelte und lackierte Hölzer, mattierte und nachträglich lackierte Flächen (Maschinenanstrich), keramische glasierte Flächen (z. B. Porzellan), Papier und Leder von mittlerer und hoher Glätte, polierte Metalloberflächen.

Es wäre wichtig, wenn die technische Physik sich dieser Probleme weiter annehmen und sie durch Bestimmung der Reflexionsverhältnisse an bearbeiteten Oberflächen, Farbanstrichen usw. noch eingehender klären würde. [B 3316]

[16]) In der Tat liegen die Verhältnisse noch wesentlich verwickelter nach obiger vereinfachender Darstellung. Das *Lambertsche* Gesetz ist cht streng gültig. Auch bei rauhen Oberflächen nimmt vielfach die Lichtrke bei streifendem Austritt schneller zu, als es dem Kosinusgesetz tspricht; auch können Größtwerte der Lichtstärke bei anderen Ausfallnkeln vorkommen (vergl. *Hans Schulz*, Z. f. techn. Phys. Bd. 6 (1924) 137 u. *Müller-Pouillet*, Physik, 12. Aufl. 1929, Bd. II/2, S. 1137; ferner *oronkoff* u. *Pokrowski*, Z. f. Phys., Bd. 20 (1923) S. 358; *Woronkoff*, Z. techn. Phys. Bd. 6 (1924) S. 99; *Pokrowski*, Z. f. Phys., Bd. 30 (1924) 66; Z. f. Phys., Bd. 35 (1926) S. 34; Z. f. Phys., Bd. 36 (1926) S. 390; f. Phys., Bd. 36 (1926) S. 472; *Hans Schulz*, Z. f. Phys., Bd. 31 (1925) 496; *Zöcher* u. *Reinicke*, Z. f. Phys. Bd. 33 (1925) S. 12; *Jentzsch*, Z. f. hn. Phys. Bd. 7 (1926) S. 310. Es kann also unter gewissen Umständen, von der Größe, Form und Lagerung der Oberflächenteilchen abhängen, ch hier „Glanz" bei streifendem Eintritt beobachtet werden. Eine solche ormale Reflexionskurve für Magnesiumoxyd-Pulver nach *Woronkoff* und *krowski* ist unter der Bezeichnung $J_{r,}$ $i = 80°$ MgO in Abb. 26 mit eintragen. Für die Messung des Glanzes dient als vorteilhaftes auch im boratorium verwendbares Gerät das Zeißsche Stufenphotometer. Vergl. *lfrich*, Z. f. Instrumentenkunde Bd. 45 (1925) S. 35; *Klughardt*, Z. f. hn. Phys. Bd. 8 (1927) S. 109; *Naumann*, Z. f. techn. Phys. Bd. 8 (1927) 239; *Richter*, Centralzeitschr. f. Opt. u. Mechanik (1928). In der Textilhnik sind Messungen des „Glanzes" heute schon üblich.

[17]) *v. Laue*, a. a. o. S. 159, vergl. dort Abb. 10 S. 166; vergl. *Drude*, tik.

# influß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf das Schweißen[1])

*Von Dr. W RIMARSKI, Berlin*

Das zum Schweißen wohl am häufigsten verwendete enngas, das Azetylen, ergibt mit Sauerstoff verbrannt eine hweißflamme von hoher Temperatur (3200 °C) und damit n großer Schweißleistung. Die beiden Gase enthalten aber der Praxis einen gewissen Betrag an Verunreinigungen, e teils durch die Art der Herstellung, teils durch die Zummensetzung der Ausgangstoffe bedingt sind. Diese emden Bestandteile können die Wirtschaftlichkeit des hweißens und Schneidens beeinträchtigen und die Güte r Schweißnaht ungünstig beeinflussen. Von einem Teil r Industrie wurde den Verunreinigungen in den Gasen ne wesentliche Bedeutung für die Wirtschaftlichkeit und e Güte beigelegt, während ein andrer Teil eine erhebliche nwirkung bestritt. Deshalb hat der Fachausschuß ür Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure ese Frage zum Gegenstand einer Forschungsarbeit gemacht, ren Ausführung der Chemisch-Technischen eichsanstalt, Berlin, und der Schweißtechnischen Versuchsabteilung der Deutschen eichsbahn-Gesellschaft, Wittenberge, übertragen wurde.

Bei der Durchführung der Versuche konnte in der uptsache nur der Grad der Verunreinigungen berückchtigt werden, mit dem man im Betriebe im Durchschnitt rechnen hat. Bei den Untersuchungen konnte dem Betrag r Verunreinigungen nicht Rechnung getragen werden, der folge Nichtbefolgung der Betriebsvorschriften auftreten nn. Beim Azetylen wurde eine starke Waschung und die mit verbundene Kühlung vorausgesetzt. Dieser selbstverndlichen Notwendigkeit wird in den Betrieben manchmal ch nicht Rechnung getragen. So wird z. B. durch einen hen Wasserdampfgehalt die Schweißleistung erheblich rmindert.

Die im folgenden dargestellten Ergebnisse wurden auf und von Versuchen gewonnen, bei denen beim Schneiden d Schweißen ein Stickstoff- und Feuchtigkeitsgehalt im uerstoff, beim Schweißen ein Gehalt an Phosphor- und hwefelverbindungen, an Feuchtigkeit und an Azeton einhend untersucht wurden. Die Schneidversuche wurden t einer Maschine an 20 mm dicken Blechen ausgeführt.

[1]) Dr. *W. Rimarski*, Dipl.-Ing. *C. Kantner* und Dr. *E. Streb*; Auszug aus Heft 317 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure; Berlin 1929.

Als Heizgas wurde nur Azetylen verwendet. Mittels eines Brenners mit Zentraldüse, der für dieses Gas wohl der verbreitetste ist, wurden die Schnitte ausgeführt. Der Sauerstoff zum Heizen und Schneiden wurde getrennt dem Schneidwerkzeuge zugeführt, um den wirklichen Gasverbrauch für den Schneidstrahl genau messen zu können. Der Reinheitsgrad des verwendeten Sauerstoffs betrug 97,5 bis 99,5 vH. Der Schneiddruck wurde von 1 bis 4 kg/cm² geändert. Das verwendete Flußstahlblech hatte 0,06 bis 0,1 vH Kohlenstoffgehalt, der jedesmal ermittelt wurde.

Das Aussehen der Schnittfläche (Schnittlinien-Krümmung) diente als Vergleich der erreichten Schnittgeschwindigkeit. Um die erhaltenen Zeiten bei gleicher Schnittlänge einwandfrei vergleichen zu können, wurde als Norm eine Krümmung der Schnittlinien von 2 mm zugrunde gelegt. Als Krümmung ist der Abstand von dem unteren Endpunkt einer Schnittlinie bis zu der in ihrem Anfangspunkt errichteten Senkrechten zu verstehen. Bei Versuchen über die Abhängigkeit der Schnittlinienkrümmung von der Zeit ergab sich eine hyperbolische Kurve. Es schien daher angebracht, in der oben angegebenen Weise zu verfahren, weil

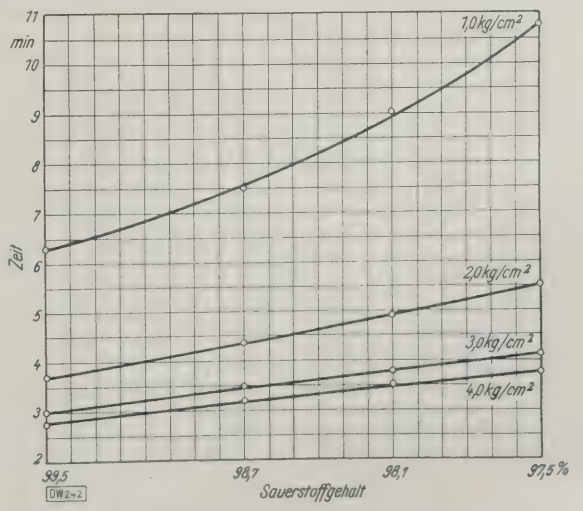



**Abb. 1.** Schneidezeit in Abhängigkeit von der Sauerstoffreinheit. Der Sauerstoffverbrauch entspricht dem Druck.

bei leicht gebogenen Schnittlinien die Schnittoberfläche sehr glatt war und eine kleine Änderung der Schneidezeit bereits deutlich in Erscheinung trat.

Es zeigte sich, daß bei gleicher Sauerstoffreinheit die Zeitdauer, um 1 m Schnittlänge von gleichem Aussehen der Schnittfläche zu schneiden, mit steigendem Sauerstoffverbrauch abnimmt. Die anteilige Steigerung der Schnittgeschwindigkeit nimmt mit zunehmendem Sauerstoffverbrauch ab. Hieraus ergibt sich, daß bei einem bestimmten Druck die Sauerstoffmenge, bezogen auf eine gegebene Schnittlänge, am niedrigsten ist. Ein Stickstoffgehalt im Sauerstoff vermindert die Schnittgeschwindigkeit, Abb. 1. Bei gleichem Druck (gleichbleibendem Gasverbrauch) steigt die Zeitdauer fast linear mit dem Gehalt an Stickstoff. Diese Zunahme ist bei niedrigem Druck am größten. Aus Abb. 1 kann die Wirtschaftlichkeit des Schneidens in Abhängigkeit von der Sauerstoffreinheit abgeleitet werden.

Ein Beispiel soll dies veranschaulichen. Beim Schneiden kann man nach zwei Gesichtspunkten verfahren, je nachdem man den wirtschaftlichsten Verbrauch *a* oder die kürzeste Schneidezeit *b* zugrunde legt. Man braucht z. B. für 1 m Schnittlänge:

a) bei Sauerstoff mit 99,5 vH Reinheitsgrad 1,6 kg/cm² Druck = 124 l Sauerstoff und 4,4 min Schneidezeit,
b) bei Sauerstoff mit 99,5 vH Reinheitsgrad 4 kg/cm² Druck = 143 l Sauerstoff und 2,75 min Schneidezeit,
a) bei Sauerstoff mit 97,5 vH Reinheitsgrad 2,4 kg/cm² Druck = 182 l Sauerstoff und 4,7 min Schneidezeit,
b) bei Sauerstoff mit 97,5 vH Reinheitsgrad 4 kg/cm² Druck = 194 l Sauerstoff und 3,75 min Schneidezeit.

Solange der Anteil des Arbeitslohnes an den Schneidkosten in erster Linie für den Preis maßgebend ist, muß man also mit hohem Arbeitsdruck schneiden. Ferner muß der Sauerstoffverbrauch bei gleicher Schneidezeit bedeutend stärker vermehrt werden, als es dem Betrag der Verunreinigungen entspricht, was noch deutlicher aus folgenden Zahlen hervorgeht:

Legt man z. B. für 1 m Schnittlänge eine Zeit von 4 min zugrunde, so ergeben sich folgende Verbrauchzahlen:

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| für Sauerstoff | von | etwa | 99,5 vH | Reinheit | 1870 | l/h, |
| „ | „ | „ | „ | 98,7 „ | „ | 2220 | „ , |
| „ | „ | „ | „ | 98,1 „ | „ | 2470 | „ , |
| „ | „ | „ | „ | 97,5 „ | „ | 2770 | „ . |

Bei gleichem Preise für Sauerstoff mit 99,5 und 98 vH Reinheitsgrad, wie dies augenblicklich der Fall ist, ist beim Schneiden der hochhaltige Sauerstoff am wirtschaftlichsten.

Der Einfluß der Vorwärmung des Sauerstoffs wurde in der Weise ermittelt, daß der Schneidsauerstoff mittels einer erhitzten Kupferrohrspirale vorgewärmt wurde. Da es sehr schwierig ist, die wirkliche Temperatur in einem schnell strömenden Gasstrome zu messen, wurde die Temperatur der Kupferspirale durch ein Ölbad gleich groß auf 160 ° und 280 ° gehalten. Die Heizflamme blieb unverändert. Die Ergebnisse sind in Abb. 2 dargestellt. Mittels des vorgewärmten Sauerstoffs verkürzt man die Schneidezeit, die Abnahme ist bei Sauerstoff mit 97,5 vH Reinheitsgrad am größten, sie wird mit zunehmendem Gasverbrauch kleiner.

Man kann daher den Einfluß des Stickstoffgehaltes durch das Anwärmen bis zu einem gewissen Grade ausgleichen. Die Schnittleistung ist z. B. die gleiche, wenn man bei 2000 l/h mit normalem Sauerstoff mit 99,5 vH Reinheitsgrad und mit Sauerstoff mit 98,6 vH Reinheitsgrad von rd. 280 ° Badtemperatur schneidet. Aus Abb. 2 kann man die Werte für verschiedenen Verbrauch und verschieden reinen Sauerstoff entnehmen.

Die Wirtschaftlichkeit der Vorwärmung hängt von der Art der Erhitzung ab. Man muß deshalb von Fall zu Fall entscheiden, ob die Ersparnis an Gas und die meist nur geringe Abnahme der Schneidezeit die Kosten des Vorwärmens übersteigen. Im allgemeinen dürfte dies bis zu den mittleren Blechdicken zutreffen. Dicke Bleche sollte man nicht vorwärmen.

Beim Schneiden wird das Gefüge in der Nähe der Schnittkanten verändert. Durch Versuche wurde festgestellt, daß für die Tiefe dieser Gefügeänderung in der Hauptsache die Zeitdauer und die Stärke der Heizflamme maßgebend sind. Eine Einwirkung der Sauerstoffreinheit ließ sich bei gleichbleibender Schnittgeschwindigkeit nicht erkennen.

Zur Klärung des Einflusses der Verunreinigungen beim Schweißen wurden ein Abschmelzverfahren angewendet und Handschweißversuche vorgenommen. Das Abschmelzverfahren besteht darin, daß die Flammenwirkung aus der Zeit ermittelt wird, die erforderlich ist, um eine bestimmte Menge Eisen abzuschmelzen. Die Ergebnisse lassen sich ohne weiteres auf das Maschinenschweißen übertragen. In der Praxis wird mit Ausnahme von einigen besonderen Arbeitsgebieten die Schweißmaschine weniger verwendet. Es wurden deshalb zahlreiche Handschweißversuche ausgeführt. Sie lassen erkennen, mit welchen Schwankungen in der Schweißleistung man in der Praxis rechnen muß, und bis zu welchem Grade der durch das maschinelle Verfahren festgestellte Einfluß der Verunreinigungen durch die verschiedene Arbeitsweise desselben Schweißers verdeckt werden kann.

Bei dem Abschmelzverfahren wurde bei gleichbleibenden Gemischmengen die Zeit, um eine bestimmte Eisenmenge zum Abschmelzen zu bringen, mit zunehmendem Gehalt an Stickstoff erhöht, und zwar nahm die Zeitdauer linear mit dem Gehalt an Stickstoff zu. Sie betrug bei Sauerstoff mit 99,5 vH Reinheitsgrad 52,8 s gegenüber von 55 s bei Sauerstoff mit 95 vH Reinheitsgrad. Bei gleichbleibender Azetylenmenge trat ein Einfluß des Stickstoffgehaltes nicht in Erscheinung. Feuchtigkeit in Azetylen von 2,9 vH erhöhte die Abschmelzzeit nur um 1 vH, wenn die Azetylenmenge dieselbe war wie bei den Versuchen mit trockenem Brenngas. Ein Azetongehalt von 1 vH verlängerte die Zeitdauer des Abschmelzens um etwa 1,7 vH.

Die Handschweißversuche wurden mit verschiedenen Blechdicken ausgeführt. Bei 2 mm dicken Blechen ergab sich, daß ein Stickstoffgehalt bis zu 3 vH und ein Feuchtigkeitsgehalt von 1,5 vH die Schweißleistung nicht in größerem Maße beeinflussen als die Ungleichmäßigkeit in der Arbeitsweise des Schweißers und die Verschiedenheit des Werkstoffes.

Ein Einfluß des Stickstoffs und der Feuchtigkeit auf die Güte der Schweißnaht konnte nicht festgestellt werden. Das gleiche Ergebnis wurde mit ungereinigtem Azetylen erreicht, das 0,025 P und 0,01 g S auf 100 l enthielt. Man muß bei gut gewaschenem Azetylen in der Praxis im Durchschnitt mit diesem Betrag an Verunreinigungen rechnen. Ein Azetongehalt im Azetylen vermindert die Schweißleistung, und zwar für 1 vH Azeton im Mittel etwa um 1 vH. Die Güte der Schweißnaht wurde nicht beeinträchtigt.

Bei dickeren Blechen war das Ergebnis im allgemeinen das gleiche. Die Versuche mit feuchtem Azetylen wurden hier aber nur in der Weise vorgenommen, daß die Azetylenmenge entsprechend dem Gehalt an Feuchtigkeit vermehrt wurde. In diesem Fall bewirkte ein Feuchtigkeitsgehalt von etwa 2,5 vH eine Verminderung der Schweißleistung um rd. 5 vH. Doch trat diese Einwirkung nur teilweise in Erscheinung, oft wurde sie durch die Streuung der Versuchswerte verdeckt. Man darf also den Schluß ziehen, daß ein Feuchtigkeitsgehalt von genannter Größenordnung die Schweißleistung vermindern wird. Meistens ist aber die Arbeitsweise des Schweißers von größerer Bedeutung.

Im Gegensatz dazu wird die Schweißleistung nur wenig beeinflußt, wenn die Azetylenmenge im feuchten Brenngas dieselbe bleibt wie bei den entsprechenden Schweißungen mit trockenem Azetylen. Ein höherer Feuchtigkeitsgehalt als rd. 2 vH, der bei ungenügender Kühlung des entwickelten Azetylens auftreten kann, ist zu vermeiden, weil er die Schweißleistung erheblich herabsetzt. [M 3378]

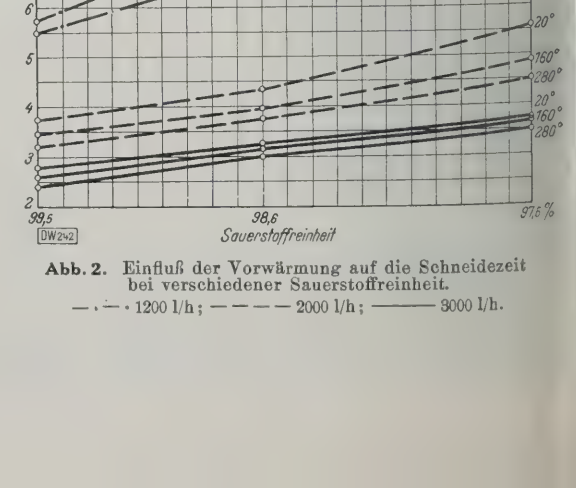



**Abb. 2.** Einfluß der Vorwärmung auf die Schneidezeit bei verschiedener Sauerstoffreinheit.
— · — · 1200 l/h; — — — — 2000 l/h; ——— 3000 l/h.

# Ermittlung der Gegenflanke bei gegebenem Zahnprofil

*Von Prof. Dr.-Ing. F. RÖTSCHER, Aachen*

***Es wird ein einfaches Verfahren zur Ermittlung der Gegenflanke für ein gegebenes Zahnprofil erläutert, das auch gestattet, die Form der Flanke, die ein beliebig geformter Fräser beim Abwälzverfahren erzeugt, punktweise zu ermitteln. Die Wirkung der einzelnen Teile des Fräsers wird verfolgt und damit ein tieferer Einblick in die Vorgänge bei der Verzahnung von Rädern gewonnen.***

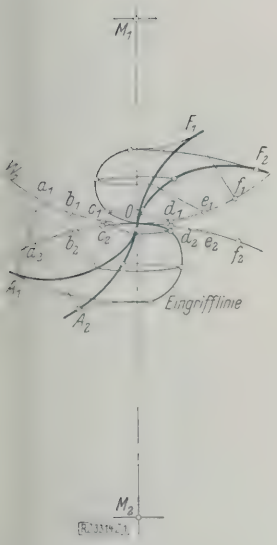



**Abb. 1**
*Reuleauxsches* Verfahren.
$W_1$, $W_2$ Wälzkreise

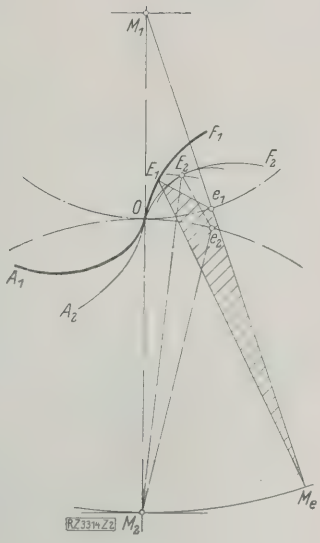


**Abb. 2**
Grundlage des neuen Verfahrens.

Die Aufgabe, zu einer gegebenen Zahnflanke das Gegenprofil zu finden, pflegt nach dem *Ponceletschen* oder *Reuleauxschen* Verfahren gelöst zu werden. Beim ersten findet man die Gegenflanke als Einhüllende von Kreisen; beim zweiten, Abb. 1, sucht man zunächst die Eingriffflinie, auf der die beiden Flanken beim Kämmen zur Berührung kommen. Die Eingriffflinie führt dann zum Gegenprofil, das genauer als nach *Poncelet*, nämlich punktweise gefunden wird. Ein Verfahren, das den Umweg über die Eingriffflinie und die namentlich den Anfänger verwirrenden Hilfskreise um die Mittelpunkte $M_1$ und $M_2$, Abb. 1, vermeidet, aber auch ohne weiteres die bei manchen Verzahnungen entstehenden Unterschneidungen punktweise zu finden gestattet, liefert die folgende Betrachtung.

Gegeben sei, Abb. 2, die Form der Zahnflanke $A_1OF_1$ des durch die Beizahl 1 gekennzeichneten Rades 1 mit dem Mittelpunkt $M_1$. Ein beliebiger Flankenpunkt $E_1$ kommt nach dem Grundgesetz der Verzahnung mit dem Gegenprofil in Eingriff, wenn die Profilnormalen zusammenfallen. Denkt man sich Rad 1 festgehalten, so ergibt sich die entsprechende Lage des Rades 2 durch Errichten des Profillots $E_1 e_1$ und Ziehen des Strahls $M_1 e_1 M_e$, wobei $M_e$ auf dem Kreis um $M_1$ mit dem Halbmesser $M_1 M_2$ liegt. $E_1$ ist in dieser Lage des Rades 2 auch ein Punkt seiner Zahnflanke. Beim Zurückwälzen des Rades 2 aus der Lage $M_e$ in die Lage $M_2$ bleibt nun das Dreieck $M_e E_1 e_1$ erhalten, vergl. das gestrichelt gezeichnete Dreieck $M_2 E_2 e_2$, und so führen die beiden Kreise mit $\overline{M_e E_1}$ um $M_2$ und mit $\overline{E_1 e_1}$ um $e_2$ zum Punkt $E_2$ der Gegenflanke, wenn die Bogen $Oe_1$ und $Oe_2$ entsprechend dem Abwälzen der Teilkreise gleichgroß sind.

Wie man beim Aufsuchen eines ganzen Gegenprofils vorgeht, zeigt Abb. 3. Die Wälzkreise $W_1$ und $W_2$ wurden durch die Punkte $a_1$ bis $f_1$ und $a_2$ bis $f_2$ in eine Anzahl gleicher Teile geteilt und die Profillote zu den Punkten $a_1$ bis $f_1$ ermittelt. Strahlen von $M_1$ durch diese Teilpunkte führen auf dem Kreise durch $M_2$ zu den Punkten $M_a$ bis $M_f$. Die Bedingung, daß diese untereinander gleichen Abstand haben müssen, kann man zur Erhöhung der Genauig-

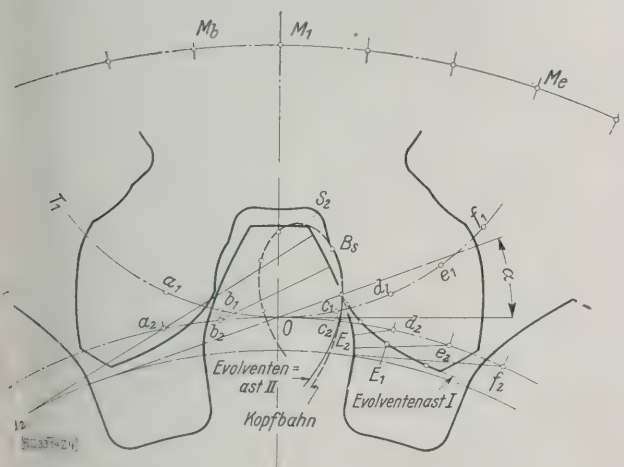



**Abb. 4**
Zölf- und sechszähnig Getriebe mit normaer Evolventenverzahng und Unterschneingen am Kleinrade.
$T_1$, $T_2$ Teilkreise
$G_2$ Grundkreis

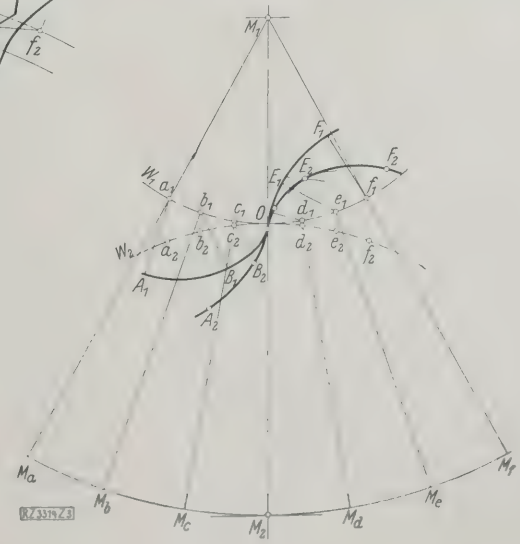
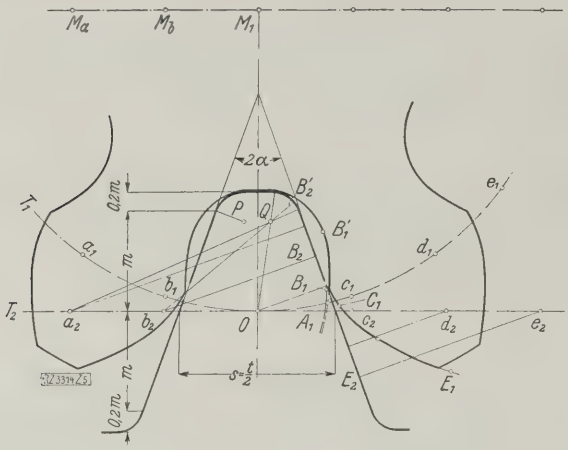


**Abb. 3**
Ermittlung der Gegenflanke $A_2OF_2$ zu $A_1OF_1$.



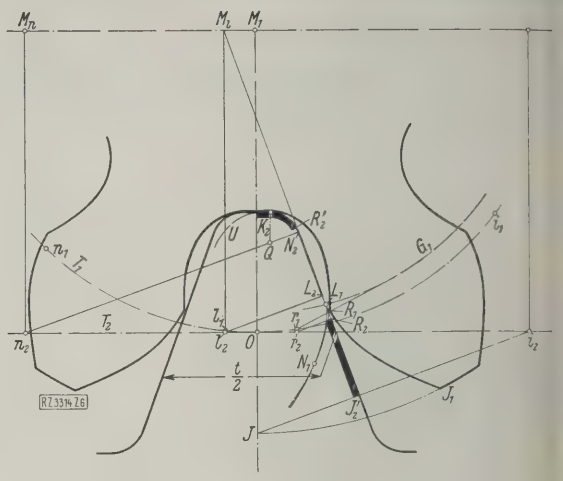


Abb. 5 und 6 Ermittlung der Flanken eines sechszähnigen Ritzels bei Benutzung eines normrechten Werkzeuges ohne Profilverschiebung.

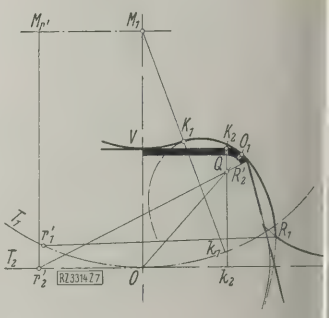


Abb. 7 Wirkung der Abrundung des Fräserkopfes und der Kopflinie.

keit nachprüfen. Die Schnittpunkte von Kreisbogen mit den Profillotlängen um die Punkte $a_2$ bis $f_2$ und mit den Abständen $A_1 M_a$ bis $F_1 M_f$ um $M_2$ liefern dann die Punkte $A_2$ bis $F_2$ des gesuchten Gegenprofils auf einfachste Weise und ohne weitere Hilfslinien. Für Punkt $E_2$ sind die beiden Kreise eingetragen.

In Abb. 4 ist zu einem zwölfzähnigen Rad 2 mit Evolventenverzahnung bei $\alpha = 20°$ Erzeugungswinkel das sechszähnige Gegenrad 1 ermittelt. Auf den Umfängen der Teilkreise $T_1$ und $T_2$ wurden die Punkte $a_1$, $b_1$ bis $f_1$ und $a_2$, $b_2$ bis $f_2$ in gleichem Abstand voneinander angenommen und die zu den Teilpunkten gehörenden Profillote an der Flanke des Rades 2 als Berührende am Grundkreis $G_2$ ermittelt. Punkte der Gegenflanke findet man nach dem erläuterten Verfahren: z. B. Punkt $E_1$ als Schnittpunkt eines Kreises vom Halbmesser $\overline{e_2 E_2}$ um $e_1$ und eines solchen vom Halbmesser $\overline{M_e E_2}$ um $M_1$. Dabei führen die von den Punkten $f_2$ bis $c_2$ und 0 gefällten Lote zu Punkten auf dem als Zahnflanke brauchbaren Evolventenast $I$, die durch $b_2$ und $a_2$ gehenden Lote dagegen zu Punkten auf dem zweiten, praktisch nicht brauchbaren Ast $II$ der Evolvente. Dieser Umstand weist daraufhin, daß die Zähne des Kleinrades unterschnitten werden, daß sie also mindestens entsprechend der von der Kopfkante $S_2$ beschriebenen Kopfbahn, einer verlängerten Evolvente, ausgehöhlt werden müssen. Diese Kopfbahn findet man punktweise, also genauer als in der üblichen Art, wenn man das obenbeschriebene Verfahren auf Punkt $S_2$ anwendet. So ergibt sich die Lage von $S_2$, wenn während des Abwälzens der Teilkreise Punkt $b_2$ mit $b_1$ zusammenfällt, als Schnittpunkt $B_s$ der Kreise mit $\overline{b_2 S_2}$ um $b_1$ und mit $\overline{M_b S_2}$ um $M_1$. $B_s$ liegt in der Höhlung des Zahnfußes am Rade 1. Die Kopfbahn ist, soweit sie nicht die Aushöhlung bestimmt, dünn gestrichelt eingezeichnet.

Die näheren Umstände, unter denen Unterschneidungen entstehen, verdeutlicht Abb. 5 bis 7. In Abb. 5 und 6 sind die Zahnflanken eines sechszähnigen Ritzels ermittelt, die ein Werkzeug erzeugt, das nach dem Bezugsprofil von DIN 867 gestaltet ist, wenn der Teilkreis des Ritzels die Mittellinie des Bezugsprofils berührt, wenn also keine Profilverschiebung angewandt wird. Das Getriebe bekommt, wie später gezeigt wird, eine zu geringe Überdeckung, wurde aber gewählt, um die Wirkung des Unterschnitts besonders deutlich zu zeigen. Das Bezugprofil ist normrecht mit einem Flankenwinkel $2\alpha = 40°$ und einer Zahndicke $s = \frac{t}{2} = \frac{\pi m}{2}$ gezeichnet; innerhalb eines Gebietes von je $m$ Millimeter beiderseits der durch 0 gehenden Mittellinie sind die Flanken geradlinig. Zur Erzeugung des Kopfspiels ist das Profil um 0,2 $m$ Millimeter überhöht und an den Kopfkanten durch Kreisbogen um die Punkte $P$ und $Q$, die auf Loten an den Enden der geradlinigen Flanken liegen, abgerundet. Die von den Teilpunkten $a_2$ bis $e_2$ auf die geradlinige rechte Flanke gefällten Lote führen am Ritzel zu der zweiästigen Evolvente $E_1 C_1 B_1 A_1$, wobei zu beachten ist, daß die Halbmesserstrahlen des Rades 2 zu Loten auf dem Teilkreis $T_2$ werden, weil $M_2$ im Unendlichen liegt. Nun lassen sich aber von den Punkten $a_2$, und $O$ noch die durch den Punkt $Q$ gehenden Lote auf d Fräserkopfrundung fällen. Diese Lote bedingen die Unte schneidung am Rade 1, weil sie länger als die von d gleichen Punkten gezogenen Flankenlote sind. So erzeu der Punkt $B_2'$ des von $b_2$ gefällten Lotes den Punkt $B_1'$ der Aushöhlung des Fußes. Durch den Fräserkopf wi auch ein Stück des an sich brauchbaren rechten Astes d Evolvente weggeschnitten und dadurch die Überdecku so beträchtlich eingeschränkt, daß mit dem Ritzel k regelrechter Antrieb möglich ist.

Die für den Verzahnungsvorgang des Ritzels besond wichtigen Punkte sind aus Abb. 6 ersichtlich. Die Fräs schneide besteht aus drei verschiedenen Teilen: der gerad Flanke, der kreisbogenförmigen Abrundung und wiederum geraden Kopflinie. Sie erzeugen auch drei v schiedenartige Teile der Zahnlücke des Ritzels. Stück $J_2 R_2$ bearbeitet die evolventische Begrenzung $J_1$ des Ritzelszahns. Punkt $J_2$ findet man als Fußpunkt Flankenlotes $J J_2$, wenn $J$ der Schnitt des Ritzelkopfkrei mit der Mittenlinie $M_1 O$ ist. Zur Bearbeitung des pr tisch brauchbaren Astes der Evolvente $J_1 L_1$ käme Strecke $J_2 L_2$ des Fräsers in Betracht, wobei sich $L_2$ dem rechtwinkligen Dreieck $L_2 M_l l_2$ ergibt. $M_l$ liegt der Verlängerung der Fräserflanke. $M_l l_2$ steht senkre zur Profilmittellinie $T_2$. Die Evolventenspitze $L_1$, da aber auch den Grundkreis $G_1$ des Ritzels findet man $\overline{M_1 L_1} = \overline{M_l L_2}$ und $\overline{l_1 L_1} = \overline{l_2 L_2}$, wenn Bogen $\widehat{l_1 O} = l$ gemacht wird. Der genannte Evolventenast berührt Fräserkante in der gezeichneten Lage im Fußpunkt von O auf die Kante gefällten, aber nicht eingetrage Lotes.

Durch den Unterschnitt fällt das Stück $\overline{L_1 R_1}$ ur Verminderung der Überdeckung weg. Diese betrüge, w die Evolvente in ihrer ganzen Länge $\overline{L_1 J_1}$ auf der Stre $\overline{L_2 J_2}$ der Zahnstangenflanke kämmen würde, nur 0,97, sich beim Vergleich des Eingriffbogens $l_2 i_2$ auf dem T riß $T_2$ mit der Teilung $t$ ergibt, würde also zu einem wandfreien Antrieb nicht genügen. Die tatsächliche Ü deckung findet man durch Ziehen der durch $R_1$ gehen Tangente am Grundkreis $G_1$ bis zum Schnitt $r_1$ mit Teilkreis $T_1$ und durch Abtragen von $\widehat{O r_2} = \widehat{O r_1}$. Die

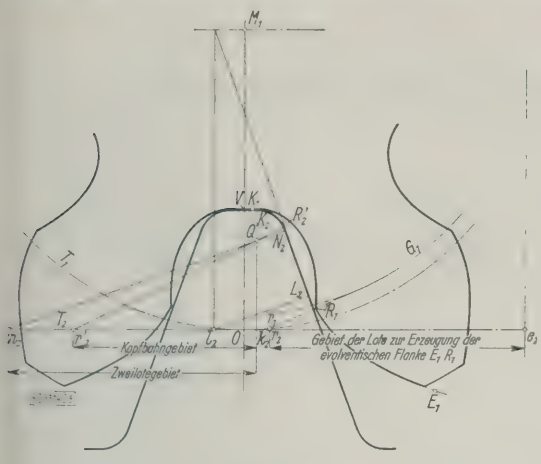



Abb. 8
Gebiete der bei der Erzeugung der Ritzelflanke maßgebenden Flankenlote.

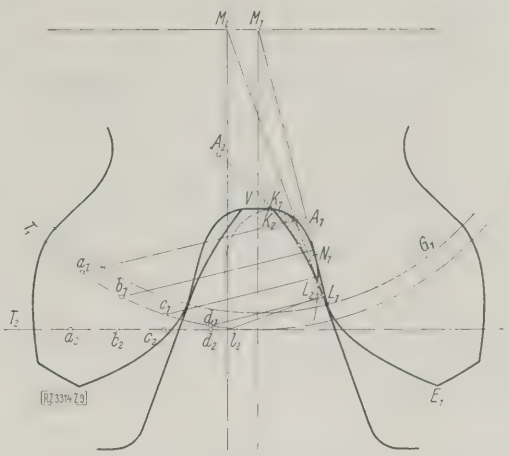


Abb. 9
Ermittlung des Teiles des Fräsers, der den Unterschnitt bedingt.

hliche Überdeckung ist $\frac{r_2 i_2}{t} = 0{,}75$. Das Lot von $r_2$ auf Fräserkante liefert den schon oben erwähnten Punkt Das Stück $\overline{R_2 N_2}$ der geraden Fräserflanke wird in dem eichneten Falle, also bei der Profilverschiebung null, beim Anschneiden der Lücke, nicht aber zur Bearbeig der endgültigen Flanken des Ritzels benutzt.

Der nach dem Kreisbogen $N_2 K_2$ abgerundeten Kopfte des Fräsers entspricht die Kopfbahn $N_1 U$. Der Beif Kopfbahn sei hierbei in dem erweiterten Sinn gemucht, daß die Kurve durch die gesamte Abrundung Profils oder des Fräsers, nicht aber lediglich durch scharfe Kante beschrieben oder erzeugt wird. Die fbahn ist daher im vorliegenden Falle auch keine verzerte Evolvente.

Die Verhältnisse am Grund der Zahnlücke gehen deutlicher aus Abb. 7 hervor, wo ein sehr breites, am Kopf nig abgerundetes Fräserprofil benutzt ist. Die Kopfrn ist für die Zähne des Rades 1 von $R_1$ bis $K_1$ maßend. $K_1$ entspricht dem Endpunkte $K_2$ der Kantenundung auf dem durch $Q$ gehenden Lote $k_2 K_2$ auf der aden Kopflinie $K_2 V$. $K_2$ führt zum Punkt $K_1$, wenn n die Länge des Bogens $O k_1$ auf dem Teilkreis $T_1$ gleich $_2$ auf $T_2$ macht und $k_1 M_1$ zieht. Von der Fräserkopfdung ist nur das Stück $K_2 R_2'$ an der Bearbeitung der höhlung am Zahnfuße beteiligt. $R_2'$ ergibt sich durch ichten des Lotes auf der Kopfbahn im Punkte $R_1$ bis Schnitt $r_1'$ mit dem Teilkreis $T_1$, durch Abtragen von $\widehat{r_2'} = \widehat{r_1' O}$ und Ziehen des Strahls $r_2' Q R_2'$. Daß $M_1 \overline{R_2'} = \overline{l_1 R_1}$ sein muß, kann zur Nachprüfung dienen.

Das gerade Stück $K_2 V$ des Fräserkopfes hüllt beim Wälzen von $T_2$ auf $T_1$ einen Kreisbogen $V K_1$ vom Halbmesser $\overline{M_1 V}$ ein, der in $K_1$ die Kopfbahn berührt. Der Fräser steht in der gezeichneten Lage nach dem Grundgesetz der Verzahnung in den Punkten $V$ und $O_1$ im Eingriff mit dem Ritzel.

In Abb. 8 sind die Gebiete der bei der Erzeugung der Zahnlücken des Ritzels maßgebenden Flankenlote am Zahnstangenteilriß $T_2$ hervorgehoben. Von dem Gebiete $e_2 l_2$, das zur Erzeugung der evolventischen Flanke bis zum Grundkreis $G_1$ in Betracht kommt, sind nur die Lote zwischen $e_2$ und $r_2$ zur Bearbeitung des Stücks $E_1 R_1$ ausgenutzt. Auch von dem Gebiete $k_2 n_2$, in welchem zwei Lote möglich sind, werden nur diejenigen innerhalb $r_2' k_2$ beim Ausfräsen der Kopfbahn $R_1 K_1$ am Ritzel herangezogen.

Welcher Teil des Fräserzahns den Unterschnitt bedingt, zeigt Abb. 9. Dort ist die Ritzelzahnlücke im Anschluß an die bis zum Grundkreis $G_1$ reichende Evolvente $E_1 L_1$ zunächst vom Halbmesser $L_1 M_1$ begrenzt. Ist nun der Unterschnitt durch das Eindringen des Fräsers in diesen radialen Teil des Zahnfußes gekennzeichnet, so findet man den gesuchten Teil des Fräsers, wenn man die zu $L_1 M_1$ gehörende Gegenflanke $L_2 A_2$ sucht. Dazu fällt man von den Teilpunkten $a_1$ bis $d_1$ des Ritzelteilkreises $T_1$ Lote auf $\overline{L_1 M_1}$ und wendet auf sie das oben beschriebene Verfahren an. Die Kurve $L_2 A_2$ setzt in $L_2$ tangential an der geraden Flanke des Fräsers an, wobei sich $L_2$ aus dem Dreieck $L_2 M_1 l_2$ nach Abb. 6 ergibt. Punkte in dem in Abb. 9 durch Strichelung hervorgehobenen Gebiete bedingen Unterschneidungen. Begrenzt man den Fräser nach Linie $L_2 A_2$ und durch eine gerade Kopfkante, so wird die Zahnlücke am Ritzel von $L_1$ bis $N_1$ radial, von $N_1$ bis $K_1$ von der Kopfbahn, die die Kante $K_2$ beschreibt, gebildet.

[B 3314]

## Die Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager

### Zuschrift

In seinem Aufsatz in dieser Zeitschrift, Bd. 73 (1929) Nr. 35 S. 1237, kommt Dr.-Ing. *K. Seyderhelm*, Hannover, zu dem Ergebnis, eine Verstärkung der Pleuelstange vorzunehmen. Ich möchte darauf hinweisen, daß die unbekannte Druckverteilung in Richtung und quer zur Achse maßgebend ist für das Heißlaufen von Pleuellagern. Man muß schließlich die Behebung eines Übels anstreben und nicht nur die Wirkung beobachten. Aus diesem Grunde halte ich die Frage wichtiger: Wie ist das Heißlaufen zu vermeiden oder welches sind die Gründe für das Heißlaufen? Denn selbst bei völlig genügender Schmierung und Kühlung kann dieser Übelstand eintreten, und die Maschine kann trotz der Verstärkung der Pleuelstange zerstört werden.

Das Vermögen des Kreisels, sich bei genügender Umlaufgeschwindigkeit einer Richtungsänderung der Drehachse zu widersetzen, ist bei den Pleuellagern der schnellaufenden Flugzeugmotoren zu beachten. Insbesondere können Schwingungsbewegungen in der Kurbelwelle auftreten. An sich geringfügige Ungenauigkeiten bilden bei den einzelnen kritischen Drehzahlen eine Rolle, die infolge Schlupf oder Spielraum eine gefährliche Schwingung begünstigen. Man denke nur an Ungenauigkeiten in den einzelnen Lagerdurchmessern, an Gewichtsunterschiede der umlaufenden Teile, an die verschiedenen Reibwiderstände eines Teiles der Maschine infolge ungleichmäßiger Beschaffenheit der Werkstoffe usw. Die Auswirkungen müssen insbesondere bei hohen und höchsten Drehzahlen vergrößert hervortreten und es ist deshalb genaueste Arbeit notwendig.

Die größere Zahl heißlaufender Weißmetallager sind wohl in erster Linie Schwingungserscheinungen zum Opfer gefallen.

Stöhna b. Leipzig [D 3544] *Schwartz*

# Versuche an einer 14 000 kW-Entnahmeturbine

*Von Prof. H. BAER, Breslau*

*In der Braunkohlenindustrie haben in den letzten Jahren große Entnahmeturbinen zur Lieferung von Heißdampf für die Trockner Verwendung gefunden. Eine solche zweigehäusige Turbine von 20000 kVA wird beschrieben. Diese Anlage ist besonders wegen der Anordnung des Kondensators bemerkenswert, der seitlich unten neben der Turbine liegt. Im Anschluß an die Beschreibung der Anlage werden die Ergebnisse der Abnahmeversuche im Auszug mitgeteilt.*

Die Braunkohlen-Brikettfabriken zählen zu den Betrieben, in denen neben elektrischer oder mechanischer Arbeit beträchtliche Wärmemengen verbraucht werden. Diese dienen dazu, die aufbereitete Rohbraunkohle, die mit einem Wassergehalt von 50 bis 60 vH gewonnen wird, in Trocknern auf 17 bis 19 vH Wassergehalt zu bringen. Die Trockner werden unter einem Überdruck von 2 bis 3,5 at durch den Abdampf der Antriebdampfmaschinen der Brikettpressen beheizt, die durchweg als Gegendruckmaschinen gebaut sind.

Die von den Brikettpressen gelieferten Abdampfmengen reichen aber nicht aus, so daß man den Trocknern noch Heizdampf zusetzen muß. Diesen Zusatzdampf kann man in besondern Kesseln erzeugen, was vielleicht die einfachste, aber sicher keine wirtschaftliche Lösung darstellt. Das Gegebene ist auch hier, wie i allen solchen Fällen, wo Arbeit und Wärme gleichzeiti gebraucht werden, die Energieerzeugung mit der Wärm beschaffung zu kuppeln, d. h. den notwendigen Zusat dampf aus Gegendruck- oder Entnahmeturbinen zu b schaffen. Wegen des eindeutigen Zusammenhanges zw schen Leistung und Dampfmenge bei der Gegendruck maschine scheidet diese in den meisten Fällen aus, so da nur die Entnahmeturbine in Frage kommt.

Abb. 1
Entnahmeturbine von 14 000 kW Nennleistung.

Eine solche Anlage größten Umfangs ist vor kurze auf der Grube Marie-Anne der Braunkohlen- und Brike Industrie-A.-G. in Mückenberg, N.-L., in Betrieb gekom men. Die von Fried. Krupp A.-G., Germaniawerft, g lieferte Entnahmeturbine von 14 000 kW Normalleistun an den Klemmen des Stromerzeugers bei $\cos\varphi = 0$ (20 000 kVA), Abb. 1, dürfte wohl zu den größten En nahmeturbinen, die bisher gebaut wurden, zählen. D Turbine ist gebaut für einen Anfangszustand des ei tretenden Dampfes von 17 at und 350 ° und einen Anzap druck von 3,5 at; die Eintrittstemperatur des Küh wassers soll 27 ° betragen.

Die Erbauerin hatte folgende Werte für den Damp verbrauch gewährleistet:

a) bei reinem Kondensationsbetrieb:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $^1/_1$-Last | = 14 000 kW | : 5,3 | kg/kWh |
| $^3/_4$ „ | = 10 500 „ | : 5,6 | „ |
| $^1/_2$ „ | = 7 000 „ | : 6,45 | „ |

b) bei 50 t/h Entnahme:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $^1/_1$-Last | = 14 000 kW | : 7,6 | kg/kWh |
| $^3/_4$ „ | = 10 500 „ | : 8,7 | „ |

c) bei 70 t/h Entnahme:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $^1/_1$-Last | = 14 000 kW | rd. | 8,7 | kg/kWh |
| $^2/_4$ „ | = 10 500 „ | „ | 10,1 | „ |

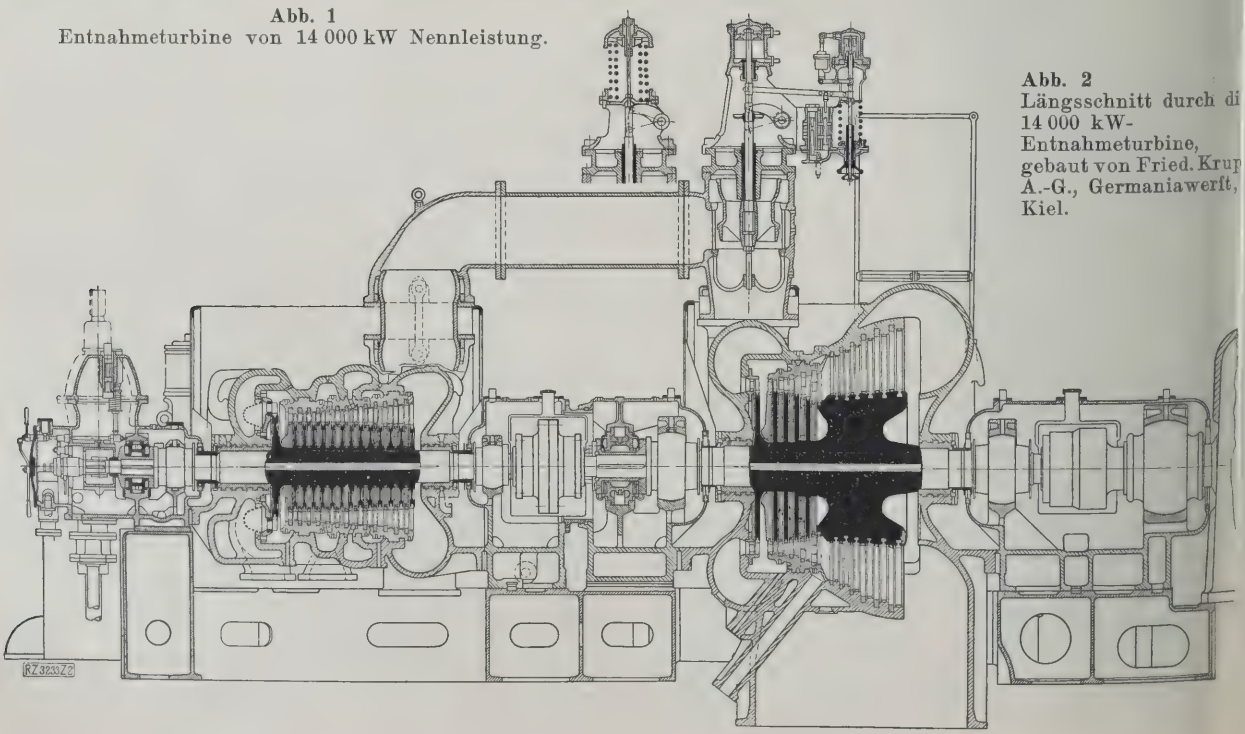


**Abb. 2**
Längsschnitt durch di 14 000 kW-Entnahmeturbine, gebaut von Fried. Krup A.-G., Germaniawerft, Kiel.

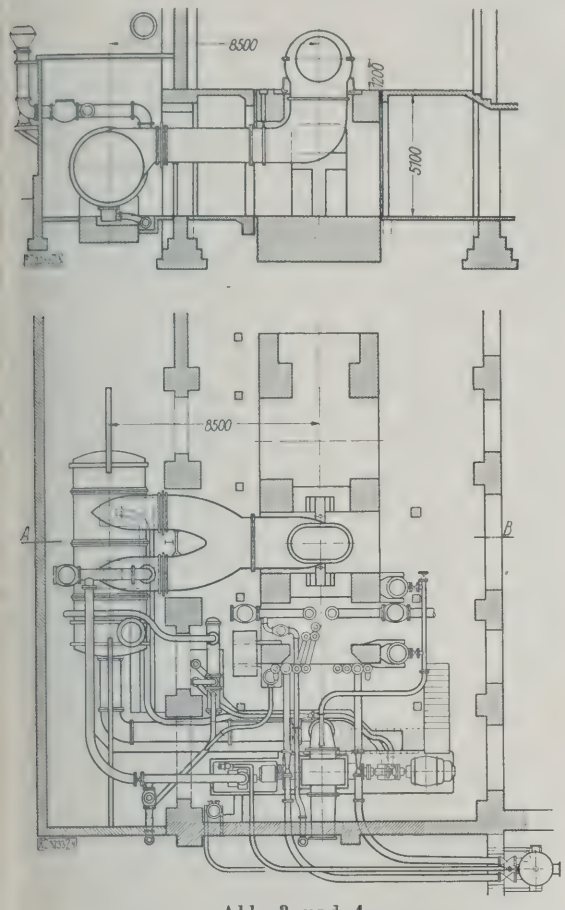



**Abb. 3 und 4**
Anordnung des Ginabat-Kondensators von 1470 m² Kühlfläche.

Die Turbine ist zweigehäusig ausgeführt, Abb. 2; e Entnahme erfolgt unmittelbar vor dem Eintritt des umpfes ins Niederdruckgehäuse. Im Hochdruckgehäuse rbeiten alle Stufen nach dem Gleichdruckverfahren, enso im ersten Teil des Niederdruckgehäuses; die tzten 6 Stufen der Turbine dagegen sind Überdruck-ufen. Die Läufer sind aus einem Stück geschmiedet nd die Scheiben der Gleichdruckstufen aus dem vollen lock herausgedreht, die Trommel der 6 Überdruckstufen i voll ausgeführt und mit den Gleichdruckrädern des iederdruckteiles aus vollem Werkstoff herausgearbeitet. ch- und Niederdruckläufer sind durch eine geschmierte auenkupplung miteinander verbunden.

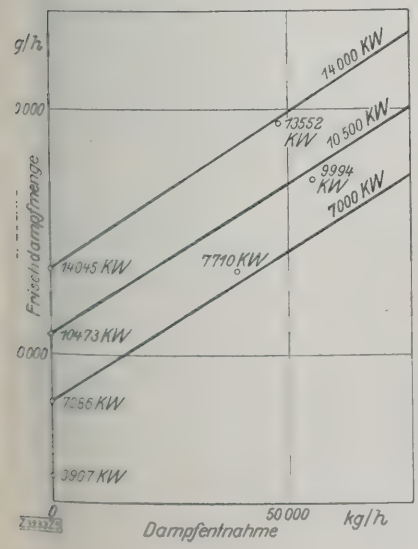
Der Hochdruckteil enthält zunächst ein einkränziges Gleichdruckrad, dann folgen 13 Gleichdruckräder von etwas kleinerem Durchmesser, der Niederdruckteil enthält 5 Gleichdruckstufen und dann eine Überdrucktrommel mit 6 Überdruckstufen. Alle Stufen arbeiten mit voller Beaufschlagung. Ein kräftig durchgebildetes Dampfsieb, das ringförmig unmittelbar vor der ersten Düsenreihe angeordnet ist, verhindert, daß Fremdkörper in die Schaufeln der Turbine gelangen. Die Leiträder sind entsprechend der Bauart der Ersten Brünner Maschinenfabrik-Gesellschaft[1]) in Gruppen zusammengefaßt und in zweiteilige ringförmige Körper eingesetzt, die dampfdicht in einem Vorsprung des Gehäuses sitzen. Diese ringförmigen Körper werden außen von Dampf umspült, dessen Druck vor dem Vorsprung gleich dem Anfangsdruck und hinter dem Vorsprung gleich dem Enddruck der betreffenden zusammengefaßten Stufengruppe ist.

Damit wird erreicht, daß sich die Leiträder mit den sie zusammenhaltenden Körpern radial und axial in der Wärme fast genau so ausdehnen wie der Läufer; man kann daher kleine Spalte anwenden, die sich bei der Erwärmung nur ganz unwesentlich verändern. Auch die Dampfverluste in den Teilfugen der Leiträder werden vermindert, weil durch die verschraubten umgebenden Körper die beiden Hälften der Leiträder an den Teilfugen kräftig zusammengepreßt werden. Die Stopfbüchsen haben durchweg Labyrinthdichtungen.

Die Anordnung des Ginabat-Kondensators von 1470 m² Kühlfläche, Abb. 3 und 4, weicht von der sonst üblichen insofern vollkommen ab, als der Kondensator nicht unmittelbar unter der Turbine, sondern seitlich angeordnet ist. Diese Anordnung bietet manche Vorteile. Vor allem wird der Kondensator von allen Seiten frei zugänglich, er liegt nicht mehr so beengt zwischen den Säulen und Betonklötzen des Turbinenfundaments. Das Turbinenfundament kann frei und unabhängig von den Abmessungen des Kondensators ausgebildet werden.

Die Rohrleitungen lassen sich übersichtlicher anbringen; die Kühlwasser-, Kondensat- und Luftleitungen des Kondensators liegen nämlich vollkommen getrennt von den Dampfleitungen der Turbine, unter der nun ein großer freier Raum entsteht; in dem sich die Dampf-

[1]) DRP 376 289.



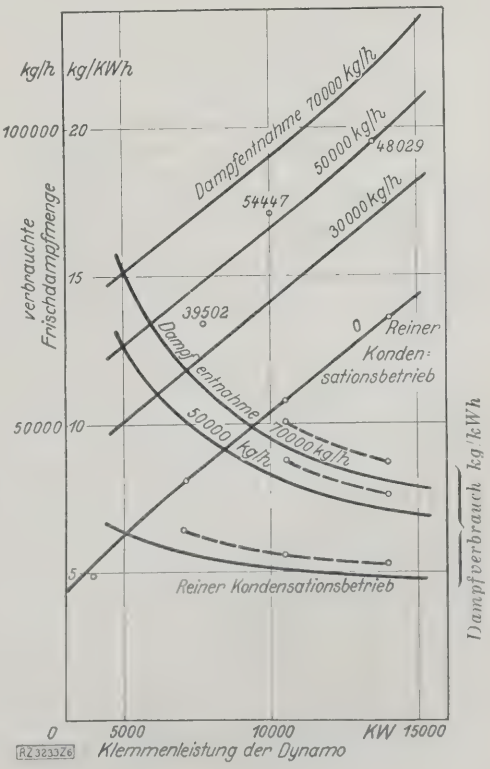




**Abb. 5 und 6**
Ergebnisse der Abnahmeversuche der 14 000 kW-Entnahme-Turbine, Grube Marie-Anne.
Rechts auf Garantieverhältnisse umgerechnet.
— — — gewährleistet
——— gemessen

leitungen der Turbine, Wasserabscheider usw. ohne Rücksicht auf den Kondensator günstig unterbringen lassen. Die Abdampfleitung wird allerdings länger, und da sie waagerecht ist, muß der Längenausdehnung und den dadurch hervorgerufenen Schüben Rechnung getragen werden. Zu diesem Zweck ist in die Abdampfleitung ein elastisches Ausgleichstück eingefügt und der Kondensator gegen waagerechte Verschiebung besonders abgestützt.

Diese neuartige Anordnung des Kondensators hat sich bis jetzt durchaus bewährt. Als Luftpumpen dienen zweistufige Dampfstrahlsauger, mit je einer kleinen und einer großen Dampfdüse in einer Stufe. Der Dampfverbrauch der Strahlsauger beträgt rd. 1000 kg/h. Die Kühlwasserpumpe kann durch einen Drehstrommotor oder eine Dampfturbine angetrieben werden; in der Regel läuft sie mit Drehstromantrieb; bleibt der Strom aus irgend einem Grunde aus, so schaltet sich die Dampfturbine selbsttätig ein.

**Abnahmeversuch**

Am 13. und 14. September 1928 habe ich die Abnahmeversuche an dieser Anlage durchgeführt. Eine Störung des Betriebes der Fabrik durch die Versuche war ausgeschlossen, das genaue Einstellen der Turbine auf die Garantiebelastungen war demgemäß nicht möglich; vielmehr mußte bei den Versuchen mit den Belastungen usw. gefahren werden, die der Betrieb ergab. Die Belastungen ließen sich jedoch während der Dauer eines Versuches fast genau gleichhalten.

Für die Umrechnung der Meßpunkte auf die Dru sowie die Dampf- und Kühlwassertemperaturen Garantie wurden vor den Abnahmeversuchen zwisch den Beteiligten bestimmte Richtlinien und Verfahren v einbart. Die Dampfmengen wurden mittels selbstsch benden Siemens-Venturi-Dampfmessers gemessen. den Kondensatmesser lagen Ergebnisse einer nauen Eichung vor. So konnten bei reinem Kond sationsbetrieb mit dem Kondensatmesser unter Berü sichtigung des Dampfverbrauches der Dampfstrahllu pumpen auch die Frischdampfmesser geeicht werden; mit ließen sich dann auch die Angaben der Entnahr dampfmesser berichtigen.

Die im Liefervertrag vorgesehene Dampfmenge v 70 000 kg/h konnte infolge der herrschenden Betriebsu stände nicht entnommen werden. Gleich nach den V suchen wurde der Kondensator auf Dichtheit gepri indem mehrere Stunden lang der Wasserstand im K densator beobachtet wurde; dabei erwies sich der Kond sator als dicht.

Die wichtigsten Ergebnisse der Messungen und durch Umrechnung auf die Garantieverhältnisse ermitt ten Werte des Dampfverbrauchs sind in Abb. 5 und dargestellt. Abb. 6 zeigt, daß die gewährleisteten Werte den Dampfverbrauch nicht nur reichlich eingehalt sondern sogar im Mittel um 8 vH unterschritten wurd Dem guten Dampfverbrauch entsprechen auch die W kungsgrade, bezogen auf die Wellenleistung der Turb die nicht nur bei Vollast, sondern auch bei Teilbelast recht gut sind. [B 3233]

## Heiß- oder Sattdampf für Heizanlagen[1])

Zu dieser in den letzten Jahren umstrittenen Frage[2]) hat Kaiser mit seinen umfangreichen Versuchen einen wichtigen Beitrag geliefert. Die Ergebnisse dieser Versuche zeigen, daß die Wärmeabgabe von Heizkörpern bei Betrieb mit Heißdampf mindestens ebenso groß wie beim Betrieb mit Sattdampf, in den meisten Fällen sogar größer ist. Die Steigerung der Wärmeleistung bei Betrieb mit Heißdampf ist bei höheren Drücken etwas größer als bei niedrigen; dagegen ist der Unterschied bei den in der Heiztechnik üblichen Dampfüberdrücken bis zu rd. 2 at nur gering. Er beträgt nämlich bis rd. 4 vH.

Bei starker Kühlung der Außenwand eines Heizkörpers durch bewegte Luft, insbesondre bei Lufterhitzern, wurde kein Unterschied in der Wärmeabgabe bei Betrieb mit Heißdampf oder Sattdampf festgestellt.

Die Oberflächentemperatur eines geheizten Rohres ist bei Betrieb mit Heißdampf am Anfang des Rohres etwas niedriger als die Eintrittstemperatur des Dampfes, aber wesentlich höher als die Sattdampftemperatur bei dem betreffenden Dampfdruck. Der weitaus größte Teil des Rohres hat aber auch bei Heißdampfheizung ungefähr die gleiche Temperatur wie bei Sattdampfheizung, wenn die Drücke in beiden Fällen gleich sind. Diese Temperatur entspricht ziemlich der Sattdampftemperatur.

In einem mit Heißdampf beheizten Rohr bleibt der Dampf am Anfang des Rohres überhitzt; im weiteren Verlauf kondensiert der Dampf an den Wandungen, während der Kern des strömenden Dampfes noch überhitzt bleibt, und im letzten Teil des Rohres findet sich nur Sattdampf, der an den Wänden kondensiert. Die Wärmeübergangszahl von Heißdampf an Rohrwand ist während der ersten beiden Teile dieser Strömung wohl viel niedriger als die von Sattdampf an Wand; trotzdem erwärmt sich das Rohr bei Betrieb mit Heißdampf höher, und die Wärmeabgabe der Heizfläche ist dementsprechend größer. Die Wärmeübergangszahl wächst mit zunehmender Kondensation.

Messungen an einer ganzen Heizanlage bestätigten die Ergebnisse von Versuchen an einzelnen Heizkörpern insofern, als die Anlage bei Heizung mit Heißdampf unter sonst gleichen Verhältnissen etwas mehr Wärme abgibt als bei Heizung mit Sattdampf. Vom Standpunkt der Wärmeleistung eines Heizkörpers aus ist es daher nicht notwendig, in einer Anlage verfügbaren Heißdampf künstlich zu kühlen. [N 3477]

[1]) Von der Technischen Hochschule München am 6. März 1929 genehmigte Doktorarbeit von Dipl.-Ing. *Ferdinand Kaiser*, Nürnberg, Obering. des Bayer. Revisionsvereins.

[2]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 905 und Mitt. über Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Heft 300.

## Verwertung von Zellpech in Staubfeuerung

**Zuschrift**

Die in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 32 S. 1115 veröffentli Abhandlung von Dr. Dr.-Ing. *P. Krebs* hat in der Z stoffindustrie berechtigtes Aufsehen erregt, da sie ei Weg zu zeigen scheint, die wirtschaftliche Beseitigung Ablaugen der Zellstoffherstellung einwandfrei zu lö Nähere Prüfung ergibt jedoch, daß dies nicht zutrifft. bemerken zunächst, daß sich die Berechnungen am Schl des Aufsatzes nicht auf unsere Anlage Gröditz beziehen, daß der Verfasser diese Anlage auch nicht im Auge h Nach unserer Ansicht kann eine solche Anlage nicht produktiver Betriebszweig angesehen werden.

Die Zahlen, die der Verfasser der Berechnung zugru legt, gelten eher für eine Anlage von rd. 3000 t als für Anlage von 5000 t jährliche Zellpecherzeugung. Der für Zellpechtrockner angenommene Frischdampfbedarf von für je 1 t Wasser reicht in der Praxis nicht aus. muß mindestens mit einem Aufwand von 1,7 t Frischda rechnen.

Für Löhne und Betriebsmittel genügen 5000 *RM* j lich bei weitem nicht, da vor allem die Zellpechtroc sehr sorgfältig gewartet und häufig gereinigt we müssen, wozu man bei einer Anlage für 3000 t jäh 5 Mann braucht. Beim Verbrennen des Zellpechpul unter den Kesseln wird infolge der starken Tempera zunahme im Feuerraum und durch den als Flußmittel kenden Kalk die Kesseleinmauerung leicht angegri Daher scheint für Abschreibung und Verzinsung der Ke anlage der Satz von 20 vH zu niedrig. Erst längere tische Erfahrung an Feuerräumen, die für die Verb nung von Zellpech entworfen sind, wird zeigen, wie sich diese Schwierigkeit vermeiden läßt.

Die Berechnung der Wirtschaftlichkeit geht davon daß Dicklauge kostenlos zur Verfügung steht. Die K der Erzeugung der Dicklauge muß man aber bei der urteilung des Verfahrens berücksichtigen; denn die lauge fällt aus den Kochern mit 7 ° Bé, d. h. mit rd. 8 Wassergehalt an, während die Dicklauge 35 ° Bé 40 vH Wassergehalt hat. Beim Eindicken der Laug einem theoretisch noch möglichen aber in der Anschaf sehr teueren Dreifach-Unterdruckverdampfer würden Dampfkosten noch mindestens 22 *RM* für 1 t Dicklaug tragen. Auch das Eindampfen mittels Brüdenverdich dürfte in der Praxis nicht so günstig sein, daß die Z der Kostenaufstellung auch nur annähernd erreicht we

Bei Beachtung aller dieser Punkte ergibt eine Bec nung der Selbstkosten nicht nur keinen Reingewinn, on dern einen erheblichen Fehlbetrag. [D 34

Kriebstein *Kübler & Niethammer*

# Die Wärmeabgabe eines waagrecht liegenden Drahtes oder Rohres in Flüssigkeiten und Gasen

*Von Prof. Dr.-Ing. WILHELM NUSZELT, München*

***Auf Grund der Versuche von Davis wird gezeigt, daß die früher angegebene Gesetzmäßigkeit für die Abkühlung eines in Luft waagrecht aufgehängten Drahtes oder Rohres auch auf dessen Wärmeabgabe in einer Flüssigkeit übertragen werden kann.***

n einer früheren Abhandlung[1]) habe ich gezeigt, daß die auf Leitung und Konvektion beruhende stündliche ärmeabgabe $Q$ eines Rohres vom Durchmesser $d$ auf rund von Ähnlichkeitsbetrachtungen

$$Q = \lambda\, d\, \Theta_w\, \Phi\left(\frac{\lambda}{c_p\,\eta},\ \frac{d^3\,\varrho^2\,g\,r\,\Theta_w}{\eta^2}\right) \quad . \quad . \quad (1)$$

i. Hierin bedeutet

- $\lambda$ die Wärmeleitzahl des Gases oder der Flüssigkeit, die die Abkühlung bewirkt,
- $\eta$ deren Zähigkeitszahl,
- $\varrho$ die Masse ihrer Raumeinheit ($=\gamma/g$, wenn $\gamma$ das spezifische Gewicht ist),
- $r$ ihre Ausdehnungszahl,
- $c_p$ die spezifische Wärme ihrer Masseneinheit bei konstantem Druck,
- $g$ die Erdbeschleunigung,
- $\Theta_w$ die Übertemperatur der Oberfläche des Rohres gegenüber der Temperatur der Umgebung, gemessen in einiger Entfernung vom Rohr und
- $\Phi$ eine zunächst noch unbekannte Funktion der beiden dimensionslosen Brüche in der Klammer.

ei der Ableitung dieser Gleichung wurde vorausgesetzt, e Übertemperatur $\Theta_w$ sei so klein, daß sich die von der emperatur abhängigen Größen $\lambda$, $\eta$, $\varrho$, $r$ und $c_p$ im Feld n das Rohr wenig ändern. Führt man eine für die ganze ohroberfläche $F$ geltende mittlere Wärmeübergangszahl $\alpha$ urch den Ansatz

$$Q = \alpha\, F\, \Theta_w \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

n, so ergibt sich aus Gl. (1)

$$\alpha = \frac{\lambda}{d}\,\Phi\left(\frac{\lambda}{c_p\,\eta},\ \frac{d^3\,\varrho^2\,g\,r\,\Theta_w}{\eta^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3).$$

tzt man zur Abkürzung für die dimensionslosen Brüche

$$\left.\begin{aligned} \frac{\alpha\, d}{\lambda} &= A, \\ \frac{\lambda}{c_p\,\eta} &= C \\ \text{und}\quad \frac{d^3\,\varrho^2\,g\,r\,\Theta_w}{\eta^2} &= B \end{aligned}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

kann Gl. (3) auch geschrieben werden

$$A = \Phi\,(C, B) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3a).$$

In der angeführten Arbeit habe ich auch bereits geigt, daß Gl. (3a) die einfachere Form

$$A = \Phi\left(\frac{B}{C^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3b)$$

nimmt, wenn man voraussetzt, daß die Reibung von gegem Einfluß auf die Strömung ist, also in den Differenlgleichungen der Strömung die Zähigkeitsglieder wegeicht, und daß sie die Gestalt

$$A = \Phi\left(\frac{B}{C}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3c)$$

it, wenn man in diesen Gleichungen die Trägheitsglieder gen das Zähigkeitsglied vernachlässigt.

Findet die Abkühlung in einem Gas statt, das die eichung der vollkommenen Gase befriedigt, so wird die asdehnungszahl

$$r = \frac{1}{T_0 + \Theta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5),$$

wenn $T_0$ die absolute Umgebungstemperatur und $\Theta$ die Übertemperatur an einer Stelle im Feld ist. Für kleine Temperaturüberschüsse $\Theta$ wird dann

$$r = \frac{1}{T_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5a).$$

Damit wird

$$B = \frac{d^3\,\gamma^2\,\Theta_w}{g\,\eta^2\,T_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4a).$$

Gl. (3a) wurde dann auf endliche Übertemperaturen $\Theta_w$ dadurch ausgedehnt, daß für die von der Temperatur abhängigen Größen folgende Mittelwerte eingesetzt wurden:

$$\left.\begin{aligned} \frac{1}{T_m} &= \frac{1}{\Theta_w}\int_{T_0}^{T_w}\frac{\mathrm{d}\,T}{T} = \frac{\ln\frac{T_w}{T_0}}{\Theta_w} = \frac{\ln\frac{T_w}{T_0}}{T_w - T_0}, \\ \lambda_m &= \frac{1}{\Theta_w}\int_{T_0}^{T_w}\lambda\,\mathrm{d}\,T, \\ \eta_m &= \frac{1}{\Theta_w}\int_{T_0}^{T_w}\eta\,\mathrm{d}\,T, \\ c_{p_m} &= \frac{1}{\Theta_w}\int_{T_0}^{T_w}c_p\,\mathrm{d}\,T, \\ \gamma_m &= \frac{1}{\Theta_w}\int_{T_0}^{T_w}\gamma\,\mathrm{d}\,T = \gamma_0\,\frac{T_0}{T_w} \\ \text{und}\quad r_m &= \frac{1}{\Theta_w}\int_{T_0}^{T_w} r\,\mathrm{d}\,T \end{aligned}\right\} \quad (6)$$

$T_m$ ist hierin die absolute Oberflächentemperatur. Damit wird Gl. (3)

$$\frac{\alpha\, d}{\lambda_m} = \Phi\left(\frac{\lambda_m}{c_{p_m}\,\eta_m},\ \frac{d^3\,\gamma_m^2\,r_m\,\Theta_w}{g\,\eta_m^2}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3d)$$

oder für Gase

$$\frac{\alpha\, d}{\lambda_m} = \Phi\left(\frac{\lambda_m}{c_{p_m}\,\eta_m},\ \frac{d^3\,\gamma_m^2\,\Theta_w}{g\,\eta_m^2\,T_m}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3e).$$

Für Gase ist $\frac{\lambda}{c_p\,\eta}$ von der Temperatur unabhängig. Dieser Bruch ändert sich bei Gasen nur mit der Atomzahl im Molekül. Beschränkt man sich also auf die Aufstellung einer Formel für die Abkühlung eines Rohres in einem bestimmten Gas, z. B. in Luft, so ist in Gl. (3a) $C$ konstant und sie vereinfacht sich in

$$A = f\,(B) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7).$$

Aus den Versuchen von *Kennelly, Langmuir* und *Bylevelt* an Drähten und den Versuchen von *Wamsler* an Gasrohren wurde a. a. O. die Funktion $f$ ermittelt. Es ergab sich der in Zahlentafel 1 enthaltene Zusammenhang.

Neuerdings sind Versuche von *Griffiths* und *Jakeman*[2]) über die Abkühlung großer Rohre in Luft erschienen, die ermöglichen, die Zahlentafel 1 um eine 10er Potenz von $B$ zu erweitern. Neue Versuche von *Davis*[3]) ermöglichen den Einfluß der Größe $C$ in die Gleichung einzuführen. *Griffiths* und *Jakeman* benutzten elektrisch geheizte Stahlrohre von 100 und 200 mm Dmr. Ihre Ergebnisse sind in Zahlentafel 2 enthalten, in die auch die hieraus ermittelten Werte von $A$ und $B/C$ eingetragen sind.

[1]) *W. Nußelt*, Das Grundgesetz des Wärmeüberganges, „Gesundheitsingenieur" Bd. 38 (1915) S. 477.

[2]) *Griffiths* und *Jakeman*, The loss of heat from the external surface of a hot pipe in air, „Engineering" Bd. 123 (1927) S. 1.

[3]) *Davis*, Natural convective cooling in fluids, Phil. Mag. Bd. 44 (1922) S. 920.

*Davis* untersuchte der Reihe nach die Abkühlung von dünnen Platindrähten in Luft, Tetrachlorkohlenstoff ($CCl_4$), Anilin, Olivenöl und in Glyzerin. In Zahlentafel 3 sind seine Ergebnisse enthalten. Er fand bereits, daß sie sich durch meine Gl. (3c) darstellen lassen. Ich übernehme nun dieses Ergebnis und leite damit aus Zahlentafel 1 die Zahlentafel 4 ab. Da die Größe $C$ in Gl. (3c) für Luft den Wert[4]) 1,42 hat, braucht man in Zahlentafel 1 nur jeden Wert von $B$ zur Bildung von $B/C$ durch 1,42 zu teilen, um Zahlentafel 4 zu erhalten.

[4]) a. a. O. ist in Gl. (52) dafür irrtümlich $\frac{1}{2{,}04}$ angegeben.

**Zahlentafel 1**
$A = f(B)$

| $B$ | log $B$ | log $A$ | $A$ |
|---|---|---|---|
| $10^{-5}$ | $-5$ | 0,650−1 | 0,447 |
| $10^{-4}$ | $-4$ | 0,670−1 | 0,468 |
| $10^{-3}$ | $-3$ | 0,710−1 | 0,512 |
| $10^{-2}$ | $-2$ | 0,767−1 | 0,585 |
| $10^{-1}$ | $-1$ | 0,855−1 | 0,716 |
| 1 | 0 | 0,957−1 | 0,905 |
| 10 | 1 | 0,08 | 1,203 |
| $10^2$ | 2 | 0,23 | 1,698 |
| $10^3$ | 3 | 0,42 | 2,630 |
| $10^4$ | 4 | 0,64 | 4,36 |
| $10^5$ | 5 | 0,90 | 7,95 |
| $10^6$ | 6 | 1,16 | 14,46 |
| $10^7$ | 7 | 1,42 | 26,30 |

**Zahlentafel 2**
Versuche von *Griffiths* und *Jakeman* an Rohren in Luft.

| $d$ m | $\Theta_w$ °C | $\alpha$ kcal/m² h °C | $A$ | $\frac{B}{C}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,1095 | 23,9 | 5,18 | 25,8 | $3{,}04 \cdot 10^6$ |
| „ | 84,3 | 5,30 | 24,2 | $6{,}73 \cdot 10^6$ |
| „ | 103,7 | 5,72 | 25,4 | $7{,}14 \cdot 10^6$ |
| „ | 150,9 | 6,25 | 26,2 | $7{,}70 \cdot 10^6$ |
| „ | 153,6 | 6,83 | 28,7 | $7{,}67 \cdot 10^6$ |
| „ | 162,2 | 6,47 | 26,8 | $7{,}73 \cdot 10^6$ |
| „ | 176,1 | 6,73 | 27,5 | $7{,}67 \cdot 10^6$ |
| „ | 177,7 | 6,69 | 27,5 | $7{,}92 \cdot 10^6$ |
| „ | 242,3 | 7,49 | 28,6 | $7{,}27 \cdot 10^6$ |
| „ | 253,6 | 8,02 | 30,0 | $6{,}89 \cdot 10^6$ |
| „ | 287,1 | 8,11 | 29,7 | $6{,}88 \cdot 10^6$ |
| „ | 284,0 | 8,45 | 30,6 | $6{,}45 \cdot 10^6$ |
| „ | 291,7 | 8,41 | 30,3 | $6{,}32 \cdot 10^6$ |
| „ | 305,9 | 9,78 | 34,8 | $6{,}17 \cdot 10^6$ |
| 0,2286 | 151,4 | 5,99 | 51,7 | $6{,}53 \cdot 10^7$ |
| „ | 191,2 | 6,39 | 53,0 | $6{,}43 \cdot 10^7$ |
| „ | 221,3 | 7,31 | 59,2 | $6{,}61 \cdot 10^7$ |
| „ | 270,0 | 8,66 | 66,2 | $6{,}03 \cdot 10^7$ |
| „ | 274,1 | 9,15 | 69,7 | $5{,}83 \cdot 10^7$ |
| „ | 275,4 | 7,99 | 61,3 | $6{,}06 \cdot 10^7$ |
| „ | 311,3 | 9,45 | 69,9 | $5{,}65 \cdot 10^7$ |
| „ | 312,3 | 8,49 | 63,2 | $5{,}86 \cdot 10^7$ |
| „ | 308,8 | 10,61 | 79,0 | $5{,}78 \cdot 10^7$ |

In Abb. 1 sind diese Werte von Zahlentafel 4 ei getragen. Neben den Versuchswerten von *Griffiths* u *Jakeman* sind noch Werte von *Eberle*[5]) nach Zahlentafel eingetragen, die fast alle sehr gut in die Kurve fallen. N die Versuche von *Griffiths* und *Jakeman* an einem Ro von 0,2286 m Dmr. liegen wesentlich oberhalb der Kur

Trägt man aber nach Zahlentafel 2 die Wärmeüb gangszahlen $\alpha$ über der Übertemperatur $\Theta_w$ auf, so hält man eine beschleunigt ansteigende Kurve, was all anderen Erfahrungen widerspricht. Da diese Wärmeüb gangszahlen sich aus den gemessenen durch Abzug Strahlungsanteiles ergeben, so ist wohl anzunehmen, d das Absorptionsvermögen der Rohroberfläche, das von *G fiths* und *Jakeman* mit $A = 0{,}84$ geschätzt wurde, größer w

Zur besseren Anwendbarkeit der Kurve sind in Zahl tafel 6 noch zusammengehörige Werte von $A$ für ga zahlige Werte von $\frac{B}{C}$ eingetragen. Hierin ist nach Gl. für Flüssigkeiten

$$\frac{B}{C} = \frac{d^3 C_p \gamma r \Theta_w}{\lambda \eta} \quad \ldots \ldots$$

und für Gase, da $r = \frac{1}{T_0}$ ist,

$$\frac{B}{C} = \frac{d^3 C_p \gamma \Theta_w}{\lambda \eta T_0} \quad \ldots \ldots$$

$C_p$ ist hierin die spezifische Wärme der Raumeinheit.

Für Flüssigkeiten ist die Ausdehnungszahl $r$ aus

$$r = \frac{1}{v} \frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t} \quad \ldots \ldots$$

zu berechnen, in der $v$ das spezifische Volumen ist. wird dann

$$r_m = \frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} r \, \mathrm{d}t = \frac{1}{t_2 - t_1} \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \ldots$$

[5]) *Eberle*, Versuche über den Wärme- und Spannungsverlus der Fortleitung gesättigten und überhitzten Wasserdampfes, Z. (1908) S. 481.

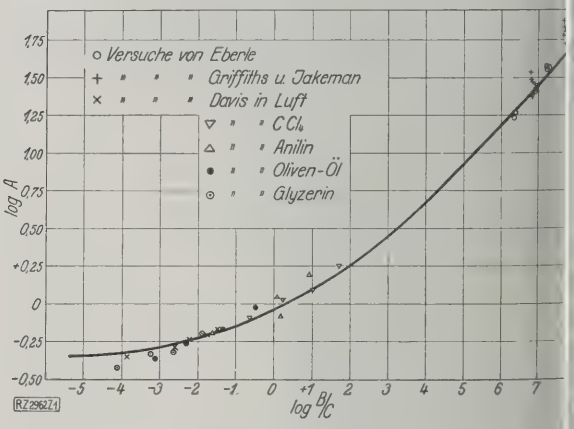



Abb. 1. Schaulinie nach Zahlentafel 4.

**Zahlentafel 3**
Versuche von *Davis* an Drähten in Flüssigkeiten und Luft

| Flüssigkeit | $10^3 d$ m | $\Theta_w = 2°$ C $A$ | $\Theta_w = 2°$ C $\frac{B}{C}$ | $\Theta_w = 50°$ C $A$ | $\Theta_w = 50°$ C $\frac{B}{C}$ | $\Theta_w = 200°$ C $A$ | $\Theta_w = 200°$ C $\frac{B}{C}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Luft | 0,083 | 0,45 | $1{,}20 \cdot 10^{-4}$ | 0,529 | $2{,}35 \cdot 10^{-3}$ | 0,576 | $5{,}12 \cdot 10^{-3}$ |
| | 0,155 | — | $8{,}30 \cdot 10^{-4}$ | 0,634 | $1{,}53 \cdot 10^{-2}$ | 0,682 | $3{,}00 \cdot 10^{-2}$ |
| Tetrachlorkohlenstoff | 0,083 | 0,813 | $2{,}29 \cdot 10^{-1}$ | 1,23 | 7,90 | | |
| | 0,155 | 1.09 | 1,49 | 1,79 | 51,3 | | |
| Anilin | 0,083 | 0,65 | $2{,}25 \cdot 10^{-2}$ | 1,13 | 3,56 | | |
| | 0,155 | 0,832 | 1,47 | 1,51 | 4,74 | | |
| Olivenöl | 0,083 | 0,427 | $6{,}7 \cdot 10^{-4}$ | 0,70 | 2,18 | | |
| | 0,155 | 0,551 | $4{,}4 \cdot 10^{-3}$ | 0,98 | 3,07 | | |
| | | | | | | $\Theta_w = 20°$ C | |
| Glyzerin | 0,083 | 0,376 | $8{,}7 \cdot 10^{-5}$ | — | — | 0,481 | 1,51 |
| | 0,155 | 0,458 | $5{,}6 \cdot 10^{-4}$ | — | — | 0,635 | 1,99 |

Für Werte von $\frac{B}{C}$ über $10^4$ kann der Zusammenhang wischen $A$ und $\frac{B}{C}$ durch die Potenzformel

$$A = 0{,}502 \sqrt[4]{\frac{B}{C}} \quad \ldots \quad (10)$$

rgestellt werden.

Der in Zahlentafel 6 enthaltene Zusammenhang zwihen $A$, $B$ und $C$ nach Gl. (3a) ist nur als erste Annähe-ng aufzufassen. In einer früheren Arbeit[6]) habe ich die bkühlung einer senkrecht stehenden, geheizten Platte bechnet und dafür die Gleichung

$$A = c_1 \sqrt[4]{\frac{B}{C}} \quad \ldots \quad (11)$$

funden, in der aber der Faktor $c_1$ noch abhängig von $C$ ar. Sein Wert nahm mit steigendem $C$ etwas ab.

Als Anwendungsbeispiel sind in Zahlentafel 7 Wärme-ergangszahlen für ein waagerechtes Rohr von 25 mm mr., das mit kaltem Wasser gekühlt wird, eingetragen. e Werte für die Zähigkeit des Wassers sind für die Be-chnung von $\frac{B}{C}$ nach Gl. (8) Zahlentafel 8 entnommen.

*Davis* hat sich auch eingehend mit der Theorie des ärmeüberganges beschäftigt. Es werde deshalb noch kurz zeigt, wodurch sich seine Theorie von meiner schon 1916 fgestellten unterscheidet. Meine Ähnlichkeitsbetrachtun-n lieferten Gl. (1) und (3).

In seiner ersten Abhandlung[7]) macht *Davis* im An-hluß an *Rayleigh*[8]) eine Dimensionsbetrachtung. Er setzt nächst

$$a = \lambda^n (c\,\varrho)^m (r\,g)^x\, d^z \quad \ldots \quad (11).$$

tzt man rechts und links die Dimensionen ein, so muß ch beiderseits die gleiche Dimension ergeben. Daraus lgt dann, daß die Exponenten nicht unabhängig von-nander, sondern bis auf einen bestimmt sind. Es ergibt ch so

$$\frac{a\,d}{\lambda} = \left(\frac{c^2 \varrho^2 d^3 g\, r\, \Theta_w}{\lambda^2}\right)^x \quad \ldots \quad (11a).$$

nn man nach Gl. (4) die Größen $A$, $B$ und $C$ einführt, sie über in

$$A = \left(\frac{B}{C^2}\right)^x \quad \ldots \quad (11a).$$

Ohne weitere Begründung folgert dann *Davis* daraus

$$\frac{a\,d}{\lambda} = f'\left(\frac{c^2 \varrho^2 d^3 g\, r\, \Theta_w}{\lambda^2}\right) \quad \ldots \quad (12)$$

und

$$A = f'\left(\frac{B}{C^2}\right) \quad \ldots \quad (12a)$$

worin $f'$ eine beliebige Funktion ist. Man kann sich die Richtigkeit dieses Schlusses auf folgende Weise klar machen. Setzt man statt Gl. (11)

$$y = x^n \quad \ldots \quad (13),$$

so kann man diesen Ansatz verallgemeinern und schreiben

$$y = a_1 x^{n_1} + a_2 x^{n_2} + a_3 x^{n_3} + \ldots \quad (14)$$

oder, wenn $n_1 = 1$, $n_2 = 2$, $n_3 = 3$ usw., erhält man die Potenzreihe

$$y = a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3 + \ldots \quad (15),$$

d. h. $\frac{a\,d}{\lambda}$ muß sich durch eine Potenzreihe des Ausdruckes $\frac{c^2 \varrho^2 d^3 g\, r\, \Theta_w}{\lambda^2}$ darstellen lassen. Da sich nun jede eindeutige und stetige Funktion in eine Potenzreihe entwickeln läßt, so folgt daraus, daß

$$y = f'(x) \quad \ldots \quad (16)$$

ist, d. h. der Übergang von Gl. (11) nach Gl. (12) ist richtig.

**Zahlentafel 4**

$A = f\left(\frac{B}{C}\right)$.

| $\frac{B}{C}$ | $\log \frac{B}{C}$ | $A$ | log A |
|---|---|---|---|
| $0{,}705 \cdot 10^{-5}$ | — 5,152 | 0,447 | — 0,350 |
| $0{,}705 \cdot 10^{-4}$ | — 4,152 | 0,468 | — 0,330 |
| $0{,}705 \cdot 10^{-3}$ | — 3,152 | 0,512 | — 0,290 |
| $0{,}705 \cdot 10^{-2}$ | — 2,152 | 0,585 | — 0,233 |
| $0{,}705 \cdot 10^{-1}$ | — 1,152 | 0,716 | — 0,145 |
| 0,705 | — 0,152 | 0,905 | — 0,043 |
| $0{,}705 \cdot 10$ | 0,848 | 1,203 | 0,08 |
| $0{,}705 \cdot 10^2$ | 1,848 | 1,698 | 0,23 |
| $0{,}705 \cdot 10^3$ | 2,848 | 2,630 | 0,42 |
| $0{,}705 \cdot 10^4$ | 3,848 | 4,36 | 0,64 |
| $0{,}705 \cdot 10^5$ | 5,848 | 7,95 | 0,90 |
| $0{,}705 \cdot 10^6$ | 6,848 | 14,46 | 1,16 |
| $0{,}705 \cdot 10^7$ | 7,848 | 26,30 | 1,42 |

[6]) *Nußelt* und *Jürges*, Das Temperatur-d über einer lotrecht stehenden geheizten atte. Z. Bd. 72 (1928) S. 597.
[7]) *Davis*, Convection of heat and simili-de. Phil. Mag. Bd. 40 (1920) S. 692.
[8]) *Rayleigh*, „Nature" Bd. 95 (1915) S. 66.

**Zahlentafel 5**

Versuche von *Eberle* an Rohren in Luft.

| $d$ m | $\Theta_w$ ° C | $a$ kcal/m² h ° C | $A$ | $\frac{B}{C}$ |
|---|---|---|---|---|
| 0,076 | 118,4 | 6,14 | 18,7 | $2{,}34 \cdot 10^6$ |
| 0,076 | 142,3 | 6,27 | 18,5 | $2{,}32 \cdot 10^6$ |
| 0,076 | 167,5 | 6,12 | 17,4 | $2{,}23 \cdot 10^6$ |
| 0,160 | 111,8 | 5,85 | 37,1 | $1{,}94 \cdot 10^7$ |
| 0,160 | 131,5 | 5,92 | 36,3 | $1{,}84 \cdot 10^7$ |
| 0,160 | 157,8 | 6,32 | 37,5 | $1{,}85 \cdot 10^7$ |

**Zahlentafel 6**

$A = f\left(\frac{B}{C}\right)$.

| $\frac{B}{C}$ | $\log \frac{B}{C}$ | $A$ | log $A$ |
|---|---|---|---|
| $10^{-5}$ | — 5 | 0,448 | — 0,349 |
| $10^{-4}$ | — 4 | 0,473 | — 0,325 |
| $10^{-3}$ | — 3 | 0,521 | — 0,283 |
| $10^{-2}$ | — 2 | 0,603 | — 0,220 |
| $10^{-1}$ | — 1 | 0,735 | — 0,134 |
| 1 | 0 | 0,944 | — 0,025 |
| 10 | 1 | 1,259 | + 0,100 |
| $10^2$ | 2 | 1,81 | 0,258 |
| $10^3$ | 3 | 2,85 | 0,455 |
| $10^4$ | 4 | 4,79 | 0,680 |
| $10^5$ | 5 | 8,71 | 0,940 |
| $10^6$ | 6 | 15,85 | 1,200 |
| $10^7$ | 7 | 28,8 | 1,460 |
| $10^8$ | 8 | 52,5 | 1,720 |

**Zahlentafel 7**

Wärmeübergangszahl für Wand — ruhendes Wasser

Rohrdurchmesser $d$ = 0,025 m

Wassertemperatur $t_0$ = 20° C.

| Temperaturgefälle $\Theta_w = t_w - t_0$ ° C | Wärmeübergangszahl $a$ kcal/m² h ° C |
|---|---|
| 30 | 432 |
| 40 | 558 |
| 50 | 664 |
| 60 | 761 |
| 70 | 852 |
| 80 | 938 |
| 90 | 1021 |
| 100 | 1101 |

**Zahlentafel 8**

Zähigkeitszahl des Wassers.

| $t$ ° C | $10^6\,\eta$ kg s/m² | $10^6 \lvert\eta_m\rvert_0^t$ kg s/m² |
|---|---|---|
| 0 | 182,9 | 182,9 |
| 5 | 156,5 | 169,1 |
| 10 | 132,2 | 159,3 |
| 15 | 115,8 | 145,6 |
| 20 | 101,3 | 136,2 |
| 25 | 89,8 | 128,0 |
| 30 | 80,8 | 120,5 |
| 35 | 73,4 | 114,4 |
| 40 | 67,1 | 108,7 |
| 45 | 61,7 | 103,8 |
| 50 | 56,6 | 99,3 |
| 55 | 52,0 | 95,2 |
| 60 | 48,1 | 91,4 |
| 65 | 44,4 | 87,8 |
| 70 | 41,2 | 84,5 |
| 75 | 38,4 | 81,6 |
| 80 | 35,9 | 78,8 |
| 85 | 33,5 | 76,2 |
| 90 | 31,5 | 73,8 |
| 95 | 29,8 | 71,5 |
| 100 | 28,3 | 69,4 |
| 150 | 18,8 | 53,9 |
| 200 | 14,2 | 44,5 |
| 250 | 11,4 | 38,1 |
| 300 | 9,4 | 33,7 |

In dieser ersten Arbeit gibt *Davis* dann noch an, daß für zähe Flüssigkeiten in dem Ansatz Gl. (10) die kinematische Zähigkeit $\nu = \frac{\eta}{\varrho}$ als Faktor auftreten muß, und findet dann durch die Dimensionsbetrachtung

$$\frac{\alpha\, d}{\lambda} = \left(\frac{c^2 \varrho^2 d^3 g\, r\, \Theta_w}{\lambda^2}\right)^x \left(\frac{c\,\eta}{\lambda}\right)^t \quad \ldots\ldots \quad (17)$$

oder

$$A = \left(\frac{B}{C^2}\right)^x \cdot \frac{1}{C^t} = \frac{B^x}{C^{2x+t}} \quad \ldots\ldots \quad (17a).$$

In einer zweiten Abhandlung[9]) gibt *Davis* ohne Ableitung die Gleichungen

$$\frac{\alpha\, d}{\lambda} = f'\left(\frac{c^2 \varrho^2 d^3 g\, r\, \Theta_w}{\lambda^2}\right) f\left(\frac{c\,\eta}{\lambda}\right) \quad \ldots\ldots \quad (18)$$

und

$$A = f'\left(\frac{B}{C^2}\right) f(C) \quad \ldots\ldots \quad (18a)$$

an. Er schreibt zwar, daß er wie *Boussinesq* eine Ähnlichkeitsbetrachtung angestellt habe. Das kann aber gar nicht stimmen, denn *Boussinesq* hat gar keine Ähnlichkeitsbetrachtung ausgeführt, sondern eine Koordinatentransformation. Doch sei sein Weg wie er wolle. Ich halte Gl. (18) für falsch, denn der Übergang von Gl. (17) zu Gl. (18) ist nicht wie von Gl. (11) nach Gl. (12) möglich.

In einer dritten Abhandlung[10]) versucht *Davis* d Koordinatentransformation auf die Differentialgleichung des Wärmeüberganges, die die Zähigkeit enthalten, anz wenden, findet aber, daß dies nur möglich ist, wenn

$$\frac{c\,\eta}{\lambda} = C = 1 \quad \ldots\ldots \quad (1$$

ist. Allgemein ist es nicht möglich. Für den Fall zäh Flüssigkeiten, für den die Gl. (19) nicht gilt, vernachlä sigt er in den Differentialgleichungen die Trägheitsglied und gewinnt dann durch Anwendung der *Boussinesqsch* Koordinatentransformation

$$\frac{\alpha\, d}{\lambda} = F\left(\frac{d^3 \varrho^2 c\, g\, r\, \Theta_w}{\lambda\, \eta}\right) \quad \ldots\ldots \quad (2$$

und

$$A = F\left(\frac{B}{C}\right) \quad \ldots\ldots \quad (20$$

die mit meiner Gl. (3c) identisch ist. *Davis* dringt al nicht bis zur Gl. (3) vor; seine theoretischen Betrachtung sind nicht nur jünger, sondern auch spezieller wie mein Dagegen hat er durch seine in Zahlentafel 3 zusamme gestellten Versuche wesentlich zur Bereicherung unser Kenntnis vom Wärmeübergang beigetragen. [B 2962]

[9]) *Davis*, Natural convective cooling of wires, Phil. Mag. Bd. 43 (1922) S. 329.

[10]) *Davis*, Natural convective cooling in fluids, Phil. Mag. Bd. (1922) S. 920.

## Die Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich im Jahre 1928[1])

In den Dampfkesselbetrieben innerhalb des Deutschen Reiches sind im Jahre 1928 insgesamt nur vier Explosionen festgestellt worden. In zwei Fällen war die Explosion auf Wassermangel, in den beiden andern Fällen auf Abnutzung des Kessels zurückzuführen. Durch die Explosionen wurden acht Personen getötet und sechs leicht verletzt. Für das Jahr 1927 werden zwei verspätet gemeldete Explosionen nachgetragen, die durch mangelhafte Bauart der Kessel verursacht worden sind. Dabei wurde eine Person getötet und eine leicht verletzt. Die beschädigten Kessel waren von folgender Bauart und Ausführung:

1. Liegender Zweiflammrohrkessel aus Siemens-Martin-Flußeisen, Gesamtinhalt 28,5 m³, erbaut 1905, Heizfläche 95 m², Rostfläche 5,61 m², Betriebsüberdruck 10 at. Der Kessel diente zur Krafterzeugung. Bei der Explosion im Steinkohlenschacht Gersdorf der Gewerkschaft Gottessegen in Lugau i. E. wurde der erste Wellrohrschuß des linken Flammrohrs bis zur Hälfte seines Umfangs in je 800 mm Länge und Breite aufgerissen. Das beschädigte Flammrohr zeigte an der aufgerissenen Stelle leichte Anzehrungen. Das Kesselmauerwerk wurde völlig zerstört. Die Explosion ist durch Wassermangel im Kessel verursacht.

2. Zweiflammrohrkessel, erbaut 1905, Heizfläche 60 m², Rostfläche 1,89 m², Betriebsüberdruck 8,5 at. Bei der Explosion in der Kalksandsteinfabrik H. Gräper auf Gut Neu-Lcthe in Oldenburg wurden das linke Flammrohr im ersten Schuß hinter der Stirnwandrundnaht abgerissen und das Kesselmauerwerk am hinteren und vorderen Ende des Kessels, ebenso wie die Gebäudemauern zerstört. Die Explosion ist auf starke Abzehrungen der Flammrohre infolge des hohen Chlorgehalts des Speisewassers zurückzuführen.

3. Liegender Zweiflammrohrkessel aus Flußeisen, erbaut 1905, Heizfläche 82 m², Rostfläche 3,4 m², Betriebsüberdruck 10 at. Der Kessel wurde mit Rohbraunkohlen befeuert und diente zur Krafterzeugung. Bei der Explosion in der Gipsfabrik G. George in Alt-Morschen, Kreis Meisungen, wurde die Verbindungsnaht zwischen rechtem Flammrohr und Stirnwand abgetrennt und das Flammrohr auf etwa 1,8 m stark eingebeult. Die Verbindungsnaht des linken Flammrohres löste sich um etwa 1,5 mm. Die rechte Vorfeuerung und das gesamte Mauerwerk wurden zerstört. Die Explosion ist durch Wassermangel hervorgerufen worden.

4. Liegender Zweiflammrohrkessel aus Schmiedeisen, erbaut 1895, Heizfläche 85 m², Rostfläche 4,68 m², Betriebsüberdruck 8 at. Der Kessel wurde zur Krafterzeugung sowie zum Heizen und Kochen verwendet. Bei der Explosion in der National-Jürgens-Brauerei-A.-G. in Braunschweig wurde der erste Schuß des rechten Flammrohres eingedrückt und an zwei Stellen aufgerissen. Das Mauerwerk der Vorfeuerung und die hintere Mauerwand wurden hera geschleudert. Als Ursache ist starke Abzehrung infol chlorhaltigen Speisewassers anzunehmen.

Nachtrag für 1927

1. Liegender Feuerbüchsenkessel aus Flußeisen r vorgehenden Heizrohren, erbaut 1922, Heizfläche 40,1 r Rostfläche 1,68 m², Betriebsüberdruck 12 at. Bei der E plosion im Dachziegelwerk Bilshausen, Kreis Dudersta wurde die dem Heizerstand zugekehrte Stirnwand in i oberen Krempe abgerissen; das Kesselhausdach wurde z Teil abgehoben und bis auf 60 m fortgeschleudert; Fens und Dächer der Nachbargebäude wurden stark beschädi Als Ursache der Explosion wird angenommen, daß die s geprüftem Blech hergestellte abgerissene Stirnwand den Krempen nicht genügend warm verarbeitet wurde, daß übergroße Spannungen in der Krempe entstanden.

2. Liegender Feuerbüchsenkessel aus Flußeisen r vorgehenden Heizrohren, erbaut 1922, Heizfläche 33,5 Rostfläche 1,1 m², Betriebsüberdruck 12 at. Bei der E plosion in der Mühle der Einkaufsgenossenschaft Schleswig-Holsteinischen Bauernvereins in Barmstedt, Kr Pinneberg, ist die vordere Stirnwand in ihrer oberen Hä in der Krempe aufgerissen. Die hintere Hälfte des Kess daches wurde abgehoben und zertrümmert und der grö Teil der vorderen Kesselhauswand zerstört. Als Ursa der Explosion ist die zu scharfe Krempung des Bodens mittelt worden. [N 3352

Berlin-Friedenau Dr. *Reithinge*

[1]) Vergl. Vierteljahrshefte zur Statistik des Deutschen Reichs 1929, Heft 1.

## Versuche an verschweißten Eisenbahngleis

Die dänischen Staatsbahnen haben die Steifigkeit v schweißter Schienenstränge gegen seitliches und se rechtes Ausbiegen untersucht, und zwar an gewöhnlic Gleisen und an Gleisen, die durch Anbringen alter 30 Schienen unter den Schwellenenden, mit dem Kopf nach un verstärkt worden waren. Es zeigte sich, daß bei den gewö lichen Gleisen der Temperaturunterschied nicht höher 20 bis 30 ° sein darf, dem verstärkten Gleis hingegen könn wie man aus den Versuchsergebnissen schließen kann, 60 ° Temperaturunterschied zugemutet werden. Di größere Steifigkeit gegen waagerechtes und senkrec Ausbiegen beruht auf der größeren Reibung zwisc Bettung und den Verstärkungsschienen und auf dem höhe Gewicht selbst. Man kann also nach diesen Ergebnis derartig verstärkte Gleise in beliebiger Länge schweiße

Die Anordnung von Verstärkungsschienen hat fer den Vorzug, daß die Bettung schmäler gehalten wer kann als beim gewöhnlichen Oberbau, da der Schotter ihnen am seitlichen Ausweichen verhindert wird. Ersparnisse an Schotter wiegen die Mehrkosten für Verstärkungsschienen wieder auf. („Teknisk Ukebl 23. August 1929 S. 349*) [N 3543]

[1]) Vergl. a. *Ammann* und *von Gruenewaldt*, „Längskräfte im Eisenbahngleis", Z. Bd. 73 (1929) Nr. 5 S. 157.

# Die Büroschreibmaschine

Von Dr.-Ing. RICHARD BERGER, Berlin

*Die Schreibmaschinen kann man unterscheiden nach den Bedienungsteilen, den Typenträgern und der Form der Schreibfläche. — Nach den Bedienungsteilen: Zeigermaschinen, die nur noch als Kleinschreibmaschinen ausgeführt werden, Tastenfeldmaschinen, die meist verbreiteten, und elektrische Schreibmaschinen, von einem Kleinmotor angetrieben. — Nach den Typenträgern: Typenhebel — Typenstangen — Die Geschwindigkeits- und Beschleunigungsverhältnisse des Hebelwerkes, als Schaulinien aufgetragen. — Typenflächenmaschinen. Nach der Schreibflächenform: Plan- und Walzenschreibmaschinen. — Sonderausführungen.*

ie technische Aufgabe, das langsame, ungleichmäßige und oft undeutliche Schreiben mit der Hand durch technisches Verfahren zu ersetzen, läßt sich auf len Wegen lösen. Von den beiden bekanntesten techchen Möglichkeiten, Zeichen auf Schreibflächen zu ngen, dem Photographieren und dem Drucken, wird der Büroschreibmaschine nur der Druck, und zwar der ch- und Durchdruck, angewendet. Englische Erfinder suchten wiederholt den Bau photographischer Schreibschinen ohne wirtschaftlichen Erfolg. Soll die Schreibschinenniederschrift dem Buchdruck gleichkommen, n sind zwei Bedingungen zu erfüllen: Die einzelnen pen der Schreibmaschine müssen verschiedene Breihaben und der Anfang des ersten und das Ende des ten Wortes einer Zeile muß mit dem Spaltenrand arf abgeschlossen werden können oder, wie der Buchcker sagt, die Zeilen müssen ausgeschlossen sein. che Schreibmaschinen wurden gebaut. Je nachdem Schreibmaschinen buchdruckartig schreiben oder ht, können wir sie in zwei in ihrer gesamten Bauart ndsätzlich verschiedene Gruppen einteilen:

Schreibmaschinen mit Ausschließen der Zeilen oder chdruck-Schreibmaschinen (Schreibsetzschinen), Schreibmaschinen ohne Ausschließen der Zlen oder Büroschreibmaschinen.

Wir betrachten hier nur die zweite Gruppe.

## Grundsätzliche Anordnung der Büroschreibmaschinen

Hierunter verstehen wir Schreibmaschinen mit im emeinen gleichen Schrifttypenbreiten und ungleich gem Zeilendruck. Für jedes Schriftzeichen ist nur ie Type vorhanden und die Zeichen werden auf die reibfläche einzeln nacheinander abgedruckt. Es gibt r auch Zusatzbauarten für Schriftzeichengruppen B. für morgenländische Schriften) und veränderliche altwege in der Zeilenrichtung. In vielen Fällen erscheiden wir drei Hauptteile[1]):

Ruhendes Gestell mit Wagenschaltung samt altschloß zur Buchstabenschaltung. Rücktasteinrichg, Umschaltantrieb für den Wagen oder Korb, Farbbandschaltung für verschiedene Farben, Farbband-Fördereinrichtung, Tabellerbedienung, Leertaste.

Korb mit Tastenfeld oder Zeigerfeld, Übertragungsgestänge, Zeichentaste oder Zeiger, Typenstange oder Typenhebel im Segment (nicht vorhanden bei Zeigermaschinen) und Tastensperre.

Wagen mit Zeilenschaltung, Handauslösung, Dezimaltabeller, Schreibwalze mit Freilauf, verschiedenen Zusatzeinrichtungen für die Papiereinführung und -führung und Zeilenanzeiger (oft auch am Umschaltantrieb oder am Korb).

Zu diesen Hauptteilen können noch eine Reihe von Sondereinrichtungen hinzukommen.

[1]) Für die Vereinheitlichung der Benennungen besteht ein „Fachausschuß für Terminologie Untergruppe Bürowesen".

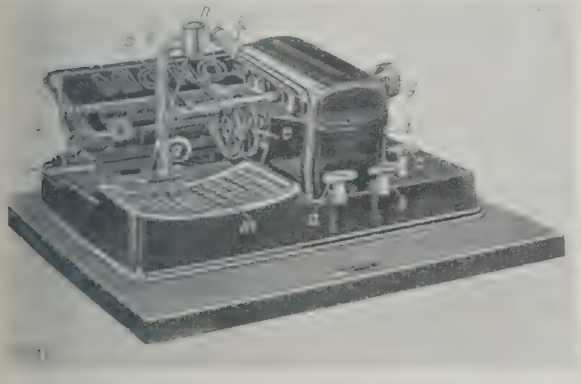


Abb. 1. Zeiger-Schreibmaschine.

*a* Zwischenraumtaste
*b* Schreibtaste
*c* Rücktaste
*d* Rechte Farbbandspule
*e* Linke Farbbandspule
*f* Randsteller
*g* Drehknopf der Schreibwalze
*h* Farbband
*i* Farbbandgabel
*k* Typenwalze
*l* Schlittenführungsstange (Gleitschiene)
*m* Zeichenfeld
*n* Zeiger
*o* Handgriff
*p* Einstellschieber mit Zeigerführungsfeder

## Schreibmaschinen, unterschieden nach den Bedienungsteilen

### Zeigermaschinen

An Stelle des fast allgemein gebräuchlichen Tastenfeldes ist hier ein Zeichenfeld vorhanden. Ein Zeiger wird auf das anzuschlagende Zeichen eingestellt. Dann wird die allen Zeichen gemeinsame Schreibtaste gedrückt. Das Zeichenfeld mit Zeiger (Erfinder der Amerikaner *Hall* 1880) wird nur noch bei Kleinschreibmaschinen benutzt. Hierher gehört die Mignon-Schreibmaschine der AEG — Deutschen Werke, Abb. 1.

Beim Schreiben wird der Zeiger *n* auf das zu schreibende Schriftzeichen des Zeichenfeldes *m* eingestellt. Beim Verschieben des Zeigers längs einer Zeile des Zeichenfeldes dreht sich die Typenwalze *k*, beim Verschieben senkrecht hierzu längs einer Zeichenspalte verschiebt sie sich der Länge nach. Auf diese Weise gelangt die dem eingestellten Schriftzeichen entsprechende Type der Walze *k* in die Druckbereitschaft. Beim Drücken auf die Schreibtaste *b* wird zunächst die Typenwalzenstellung in axialer und geschwenkter Lage mittels entsprechender Rasten gerichtet. Die Typenwalze schlägt dann gegen die Schreibfläche.

In der Schreibgeschwindigkeit überlegen sind diesen Zeigermaschinen die

### Tastenfeldmaschinen

Hier werden die Typen durch Drücken von Tasten in die Druckstellung gebracht. Die Einzelteile der Tasten sind genormt, Abb. 2 bis 4. Es gibt: Volltastenfelder (jedes Zeichen hat eine besondere Taste). Sie sind im Gebrauch fast verschwunden. Halbtastenfelder (für je zwei Zeichen eine Taste). Sie werden am meisten angewendet und sind von der Normung allein vorgesehen.

Dritteltastenfelder (drei Zeichen je Taste). Nach der Normung sollen sie bei allgemein gebräuchlichen Schreibmaschinen nicht mehr benutzt werden.

Damit sich bei Halb- und Dritteltastenfeldern beim Tastendruck die gewünschte Type abdruckt, sind Umschaltvorrichtungen erforderlich. Man kann umschalten, indem man den Walzenträger oder den Korb verstellt.

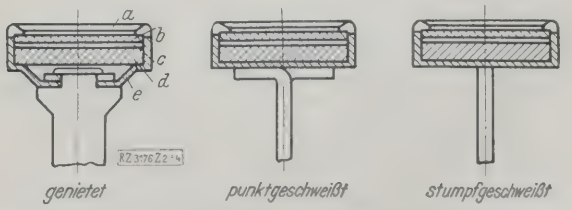



Abb. 2 bis 4. Tasten aus genormten Teilen.

*a* Tastring *b* Tastglas *c* Zeichenplättchen *d* Pappscheibe *e* Taststeller

Bei Typenwalzen wird diese selbst axial verschoben. Die Seiten- und Höhenabstände der Zeichentasten sind nach DIN 2111 und die Abmessungen der Leertasten nach DIN 2109 genormt. Die Leertasten schalten die Schreibfläche in der Zeilenrichtung um den einfachen Zeichenabstand weiter, z. B. bei Bildung des Wortabstandes.

Der Tastenanschlag soll leicht sein. Das wird erreicht durch allmähliches Ansteigen des Anschlagdruckes auf die Taste, der nach etwa zwei Drittel des Hubes beim Tastenniedergang wieder abfällt. Die Finger bewegen sich dabei mit ungleichförmiger Geschwindigkeit. Der Niedergang der Taste ist zunächst beschleunigt und zum Schlusse verzögert. Ein solcher Tastenanschlag wird angenehm empfunden, selbst wenn der Höchstdruck stärker ist als bei der anders gearteten Anordnung. Dieser Anschlag wird erreicht durch Beschleunigung der Zwischenhebel. Der Typenträger wird hierbei ebenfalls beschleunigt (ausgenommen bei der Remington-Noiseless-Schreibmaschine). Die Zuordnung der Zeichen für das Tastenfeld ist in DIN 2112, Abb. 5, genormt. Außer andern europäischen Staaten hat sich kürzlich auch die türkische Norm für lateinisches Tastenfeld daran angelehnt.

Für jede Taste sind zwei Zeichen vorgesehen, wobei die Tasten mit den Großbuchstaben gleichzeitig auch für Kleinbuchstaben gelten. DIN 2112 bezieht sich also auf eine einfache Umschaltung. Infolge der Anordnung der Tasten in vier voreinander liegenden Reihen erhalten die Tastenhebel verschiedene Längen. Bei gleichem Tiefgang aller Tasten wird durch entsprechende Hebelübersetzungen oder Drehpunktverlagerungen für alle Tastenhebel die gleiche Übersetzung erreicht. Die beim Umschalten bewegten Gewichte werden mittels starker Federn ausgeglichen. Um mit leichtem Anschlag umschalten zu können, teilt man vielfach den Umschaltbügel in zwei übereinander gelagerte Druckhebelpaare. Abwälzkurven an den übergreifenden Stellen der Hebelpaare bewirken ein unveränderliches Druckmoment. Beim Abwälzen werden die Hebelarme dem nachlassenden federnden Lastausgleich entsprechend in ihrer Länge geändert.

Feststeller halten bei erstmalig gedrückter Umschalttaste die Walze oder den Korb dauernd in Umschaltstellung. Dann kann z. B. in Großbuchstabenschrift weitergeschrieben werden. Beim nächsten Druck auf die Umschalttaste gehen Walze oder Korb wieder in die ursprüngliche Lage. An Schreibmaschinen finden wir noch andere Tasten, z. B. die Rückschalttaste, Farbband-Umschalttaste, Kolonnentabeller, der die Kolonnenbegrenzung des Wagens aufhebt, Dezimaltabellertasten und Tastenverriegelungen angebracht. Sechs Teilungen vor dem Eintreten der Tastensperre wird ein Klingelzeichen ausgelöst.

### Elektrische Schreibmaschinen

Der Fingerdruck löst hier nur die elektrisch angetriebenen Anschlagmechanismen aus. Die eigentliche Arbeit leistet ein Kleinmotor. Die Ermüdung fällt fort, die Schreibgeschwindigkeit wird größer, die Schrift ist gleichmäßig infolge abgestimmter Anschlagkraft. Elektrisch angetrieben werden die Getriebe zwischen Tasten und Typen, die Zeilenschaltung und der Wagenrücklauf. Durch Niederhalten einer Taste mit Dauerschlageinrichtung erfolgt ein beliebig oft wiederholter Anschlag (z. B. beim Punkt- und Strichliniendrücken). Die Stärke des Anschlages kann mittels eines Hebels geregelt werden, je nach Papierdicke, für etwa 12 bis 15 Durchschläge.

## Schreibmaschinen, unterschieden nach dem Typenträger

Wir unterscheiden hier Typenflächen-, Typenhebel- und Typenstangenmaschinen und, nach der Bewegungsart des Typenträgers, Maschinen mit beschleunigtem und mit verzögertem Typenträger.

### Die Typenhebelmaschinen

Der Typenanschlag bei beschleunigtem Typenhebel wird gewöhnlich vor dem Anprall der Type auf die Schreibfläche von einem Prallring abgefangen, auf den

Abb. 5
Tastenfeld nach DIN 2112.

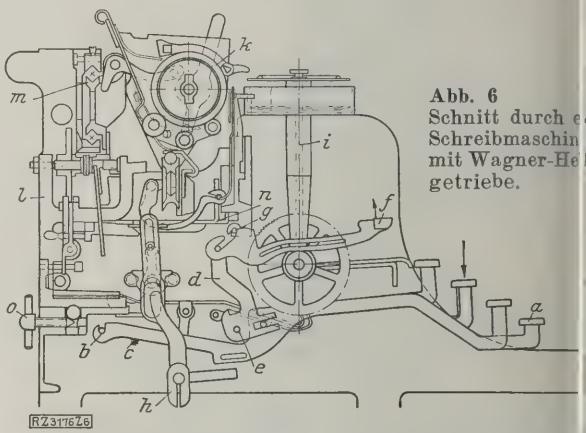



Abb. 6
Schnitt durch e Schreibmaschin mit Wagner-He getriebe.

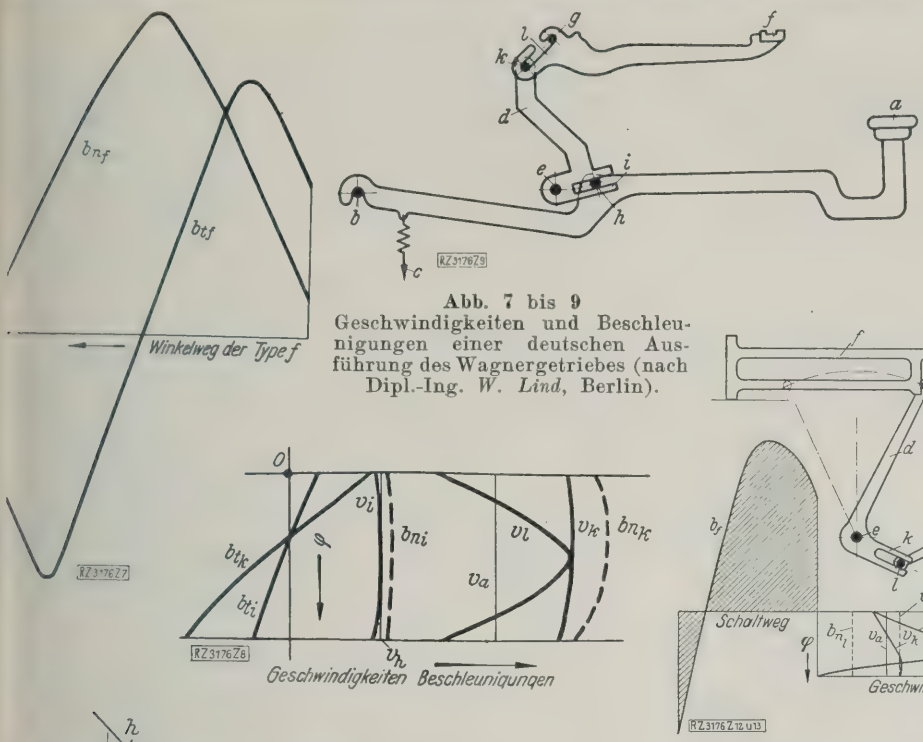
| | | | |
|---|---|---|---|
| *a* | Tasthebel | *h* | Farbbandhub |
| *b* | Tastenhebellager | *i* | Farbbandförderung |
| *c* | Feder | *k* | Walze |
| *d* | Zwischenhebel | *l* | Schaltwerk |
| *e* | Lager für d | *m* | Wagen |
| *f* | Typenhebel | *n* | Schaltbrücke |
| *g* | Lager für f | *o* | Schaltwerkverriegelung |

die strahlenförmig angeordneten Typenhebel meist mit sonders ausgebildeten Anschlaglappen auftreffen. B langsamen Andrücken des Typenhebels (ohne Besch nigung) bleibt zwischen Walze und Type ein geri Spalt von im Mittel 0,1 mm. Seine Größe hängt von Aufschlagfläche der Schriftzeichen ab. Beim (*M*) (*W*) ist er kleiner, bei den Zeichen (.) Punkt wesentlich größer. Die Typenhebel werden beim sch len Schreiben zur Vermeidung des Rückfederns dem Rückfallen sofort gehalten. Die Typenhebel wei mittels besonderer, federnd an den Lagerstellen Typenhebel befestigten Schwingen oder durch sparungen im Schlitz für den Eingriff der Zwischenh gesperrt. Vor dem Auftreffen der Type auf die Schr walze dringt ein Führungslappen des Typenhebels in sogenannten Typenkopf zur Berichtigung der Typen lung ein. Die Führung im Typenkopf ist einstell darf aber nur geringstes Bewegungsspiel zulassen muß so eingestellt sein, daß der Typenhebel beim R fallen nicht behindert wird. Es gibt Typenköpfe mit fachem lotrechten Schlitz und solche mit rechts und l geneigtem Doppelschlitz. Die erste erfolgreiche Ty hebelmaschine war die Remington-Schreibmaschi Mit ihr beginnt die fabrikmäßige Herstellung der Sch maschinen etwa im Jahre 1876.

Diese Maschine wurde bald nachgeahmt. Da 1898 *Franz Xaver Wagner*[3]) mit seiner bereits 1890 pa tierten mit Vorderanschlag schreibender Sichtsch maschine und seinem berühmt gewordenen, in ei Segment gelagerten Wagnerhebel. Sie wirkte umwäl

[2]) Als Erfinder gelten *Sholes*, der eine auf ebene Flächen schreib mit einer Klaviatur ausgestattete Schreibmaschine gebaut hatte, *M. Schwalbach*, der die Maschine mit Tastenfeld, Zugstangen und Sc walze völlig umbaute.

[3]) *Wagner* ist 1837 in Heimbach bei Neuwied a. Rh. geboren. M der von ihm gegründeten Wagner-Typewriter-Gesellschaft hatte er Glück. Erst als er sich an den Farbbandfabrikanten *Underwood* in York wandte, dem er alle Rechte überließ und der die Maschine nac benannte, war der wirtschaftliche Erfolg der Maschine gesichert. *W* hat früher bereits an der Remington-, der Caligraph- und der Dens Maschine mitgebaut. Die nach dem Kaufmann *Yost* benannte Ma wurde ganz von ihm gebaut.




*a* bis *g* s. Abb. 6

| | |
|---|---|
| *h* | Tastenhebelzapfen |
| *i* | Gabel des Zwischenhebels |
| *k* | Zwischenhebelzapfen |
| *l* | Gabel des Typenhebels |
| $\varphi$ | Winkelwege des Tastenhebels |
| $v_a$ | Geschwindigkeit des Tastenhebels (gleichförmig angenommen) |
| $v_h$ | Geschwindigkeit von *h* |
| $v_i$ | „ von *i* |
| $v_k$ | „ von *k* |
| $v_l$ | „ von *l* |
| $v_f$ | „ von *f* (Type) |
| $b_{n_a}$ und $b_{t_a}$ | usw. die entsprechenden Normal- und Tangentialbeschleunigungen |

**Abb. 7 bis 9**
Geschwindigkeiten und Beschleunigungen einer deutschen Ausführung des Wagnergetriebes (nach Dipl.-Ing. *W. Lind*, Berlin).

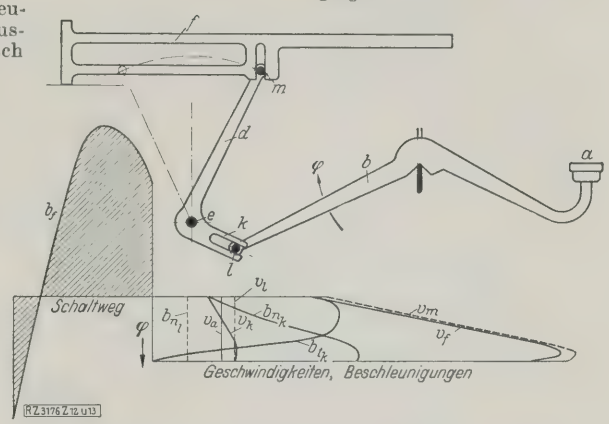
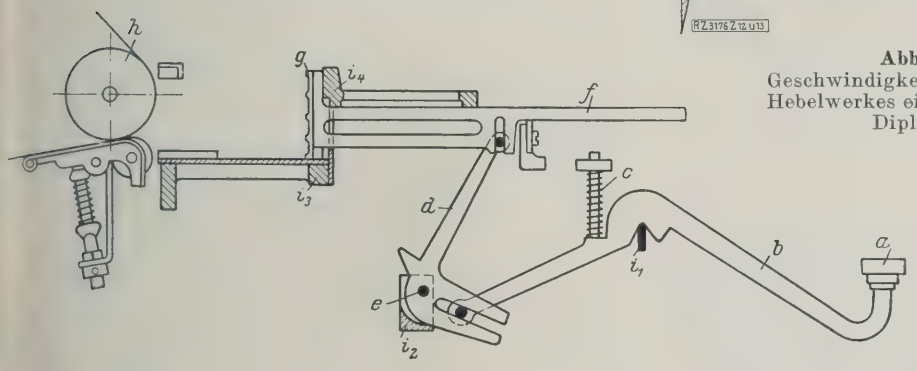



**Abb. 12 und 13** (oben)
Geschwindigkeiten und Beschleunigungen des Hebelwerkes einer Typenstangenmaschine nach Dipl.-Ing. *W. Lind*, Berlin.

| | |
|---|---|
| $\varphi$ | Winkelwege des Tastenhebels (gleichförmig angenommen) |
| $v_a$ | Geschwindigkeit des Tastenkopfes *a* |
| $v_l$ | Geschwindigkeit des Tastenhebelzapfens *l* |
| $v_k$ | Geschwindigkeit der Gabel *k* des Zwischenhebels |
| $v_m$ | Geschwindigkeit des Zwischenhebelzapfens *m* |
| $v_f$ | Geschwindigkeit der Typenstange *f* |
| $b_{n_a}$, $b_{t_a}$ | usw. die entsprechenden Normal- und Tangentialbeschleunigungen |
| $b_f$ | Beschleunigung der Typenstange *f* |



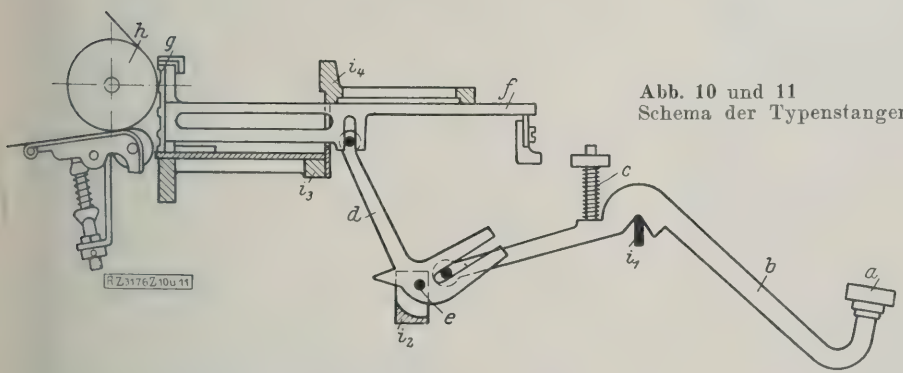



**Abb. 10 und 11**
Schema der Typenstangengetriebe.

| | |
|---|---|
| *a* | Taste |
| *b* | Tastenhebel |
| *c* | Rückstellfeder |
| *d* | Zwischenhebel (Winkelhebel) |
| *e* | Drehzapfen zu *d* |
| *f* | Typenstange |
| *g* | Type |
| *h* | Schreibwalze |
| $i_1$ bis $i_4$ | mit dem Gestell fest verbundene Teile |

lf den Bau der Schreibmaschine ein. Die Wagnerschine mit Sichtschrift, die als Underwood-Maschine lf den Markt kam, zwang die Erbauer aller andern ebelmaschinen zum Umbau. Sie ist das Vorbild der am eisten verbreiteten Hebelmaschinen geworden. Abb. 6 igt eine deutsche Ausführung des Wagner-Getriebes Rheinmetall-Schreibmaschine).

Die Senkung beim Anschlag der Tasten beträgt bei n Wagner-Getrieben etwa 10 bis 20 mm. Bei gleichäßiger Tastengeschwindigkeit führen die Typenhebel ierst eine allmähliche beschleunigte Bewegung aus, bb. 7 bis 9.

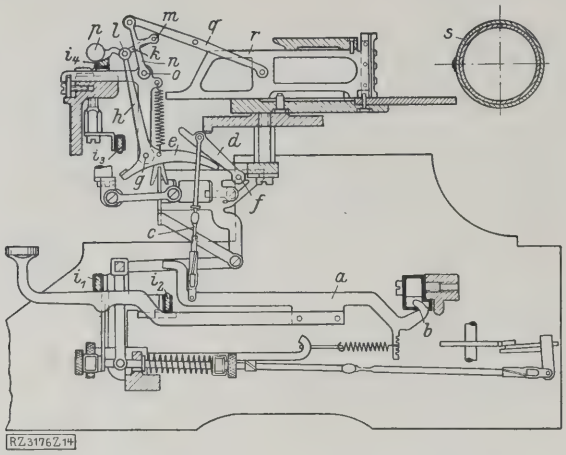
Die Schwinghebeltypen sind in DIN 2107 genormt. ie Maschinenbauer könnten auch bei manchen andern it der Hand bedienten Getrieben die beim Schreibaschinenbau gemachten Erfahrungen über den leichten nschlag mit Vorteil anwenden.

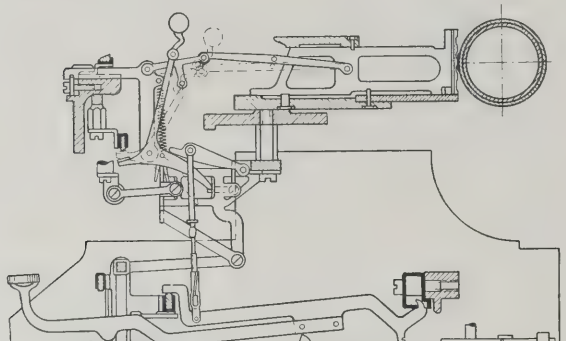
## Die Typenstangenmaschinen

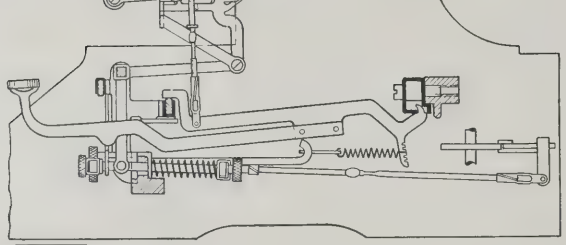
### Typenstangenmaschinen mit beschleunigten Typenstangen

Die Geschichte der Typen- oder Stoßstangenmaschinen reicht in die Zeit zurück, in der die ersten mechanischen Schreibhilfen für Blinde gebaut wurden. Nur eine einzige Bauart, die Empire-Typenstangenmaschine, die kanadische Ausführung der Wellington-Maschine (Erfinder: *Wellington Parker Kidder*, 1892) hat die Zeiten überlebt und wurde von den Adlerwerken vorm. Heinr. Kleyer, A.-G., Frankfurt a. M., weiterentwickelt und verbessert. Im Gegensatz zu den um einen Drehpunkt schwingenden Typenhebeln werden die Typenstangen geradlinig bewegt, Abb. 10 und 11[4]). Abb. 12 und 13 zeigt wieder die Beschleunigung des Typenhebel zu Beginn des gleichförmigen Tastenantriebes.

[4]) Über genormte Typenstangen vergl. DIN 2105, 2106 und 2100.



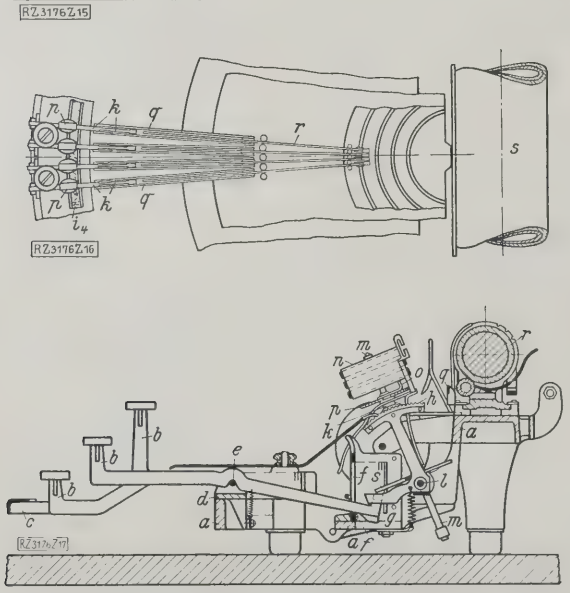




**Abb. 17**
Typenwalzenmaschine mit Tastfeld.

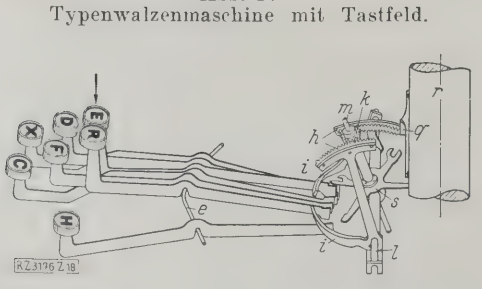



**Abb. 18**
Teilansicht der Typenwalzmaschine nach Abb. 17.

**Abb. 14 bis 16**
Einzelheiten der geräuschlosen Schreibmaschine.

*a* Tastenhebel
*b* sein ortfester Drehpunkt
*c* Zugstange
*d*, *e* die Kurven eines Wälzhebels
*f* ortfester Drehzapfen von *d*
*g* " " " *e*
*h* Hebelarm der Wälzhebelkurve *e*
$i_1$ bis $i_4$ Filzkissen für geräuschlose Wegbegrenzung der Getriebeglieder
*k* Koppel des Kurbelgetriebes einerseits in Punkt *l* drehbar dem Wälzhebelarm *h*, anderseits in Punkt *m* drehbar mit Hebel *n* verbunden
*o* fester Drehzapfen von *n*
*p* Koppelgewicht (Schwunggewicht)
*q* Schubstange
*r* Typenstange
*s* Schreibwalze

### Typenstangenmaschinen mit verzögerter Typenstange

Zweck der Typenstangenverzögerung ist hier die Lärmverhütung. Bei den anderen handbedienten Schreibmaschinen prallt die Type mit großer Geschwindigkeit unter lautem Schlag auf die Schreibwalze wie ein federnder Hammer, dessen Wucht auf den Stil wirkt. Prallflächen mildern. Hier dagegen preßt sich der Typenträger wie ein Stempel mit sehr geringer Geschwindigkeit, aber großem Druck gegen die Schreibwalze. Um trotz der Verzögerung einen weichen Tastenanschlag zu erreichen, benutzt man das in den Abbildungen 14 bis 16 dargestellte Getriebe. Ich beschreibe die ältere, einfachere Ausführung. Bei der neueren Ausführung ist die Prismenführung der Typenstangen durch Gelenke ersetzt.

Beim Drücken des Tastenhebels *a*, der sich um Punkt *b* dreht, wird die Zugstange *c* mitgenommen. Diese greift zuerst am langen Hebel an der Wälzkurve *d* an, die ebenfalls zunächst auf das lange Ende einer zweiarmigen Wälzkurve *e* drückt. Während aber zu Beginn des Tastendruckes, Abb. 14, die Kraft an langen Hebelarmen wirkt, die auf kurze einwirken, übertragen wird, tritt gegen Ende des Tastenhebelweges, Abb. 15, das umgekehrte Verhältnis ein. Der Finger drückt am Tastenhebel zunächst mit geringer Kraft, lange Wege zurücklegend, und überträgt sie allmählich in die Getriebeglieder, diese immer stärker beschleunigend. Infolgedessen wird ein leichter Anschlag erreicht. Der Hebelarm *h* wirkt durch seiner Beschleunigung auf ein Schwunggewicht *p*. Es sitzt auf der mit dem Arm *h* am Punkt *l* gelenkig verbundenen Koppel *k*. Das allmählich beschleunigte Schwunggewicht *p* dient als Muskelarbeitspeicher. Der Tastenhebel hat in der Stellung nach Abb. 15 seine tiefste Lage erreicht. Die Wälzkurve *e*, ihr angewinkelter Arm *h* und das Schwunggewicht schwingen aber noch weiter. Die als Wucht aufgespeicherte Fingermuskelarbeit wird über den Kurbelarm *n* und die Schubstange hinweg auf die Typenstange *r* übertragen, wobei *n* und *r* wie ein Kniehebel wirken. Da beim Strecken des Kniehebels die Geschwindigkeit der Typenstangen fast auf null sinkt, drückt die Typenstange mit großer Kraft auf die Schreibwalze *s*. Obwohl die Schreibwalze nicht aus Metall ist, arbeitet diese Maschine nahezu lautlos. Der Anzahl der Durchschläge entsprechend, muß bei wo der Hub der Typenstange nur bis zur Streckung des Kniehebels gehen kann, der Abstand zwischen Type und Schreibwalze verändert werden.

### Die Typenflächenmaschinen

Die Typen sind hier auf einer Oberfläche angeordnet. Von den vielen Typenflächenmaschinen, die entwickelt gebaut wurden, sind nur noch die Typenwalzenmaschinen

Zu Abb. 17 und 18:
*a* Gestell
*b* Tasten für Schriftzeichen
*c* Leertaste
*d* bogenförmige Brücke mit Tastenhebeleinschnitten
*e* Stützachse für die Tastenhebel
*f* bogenförmiger Stützkamm für die ruhenden Tastenhebel mit Führungsschlitzen
*g* inneres Ende der Tastenhebel (bei den einzelnen Hebeln verschieden hoch)
*h* Kegelrädersektoren zum Drehen des Zwischenhebelrades *k*
*i* angewinkelte Arme der Kegelrädersektoren
*k* Zwischenkegelrad, drehbar um eine senkrechte Hohlachse, die in der Mitte der Achse *l* befestigt ist
*l* Achse der Kegelradsektoren
*m* Typenwalzenachse, längsverschieblich in der senkrechten Hohlachse
*n* Typenwalze
*o* Mitnehmer für die Typenwalze
*p* Verzahnte Richtscheibe
*q* Richtschneide für *o*
*r* Schreibwalze
*s* Scheibe zum Begrenzen der Drehung des Zwischenkegelrades durch Anschlag der Scheibenarme an die inneren Tastenhebelenden *g*

bb. 1 und die Typensegmentmaschinen übrig geblieben. ie Blickensderfer-Typenwalzenmaschine, Abb. 17 und 18, ren Bau wieder aufgenommen wurde, war am meisten rbreitet. Sie wird auch als Musiknotenmaschine ausführt. Die Typenwalze und die Tastenknöpfe sind für ndere Schriften leicht auswechselbar. Manche Typenächenmaschinen haben wahlweise einen Wagenlauf von nks nach rechts und von rechts nach links für den Gerauch morgenländischer Schriften.

### Schreibmaschinen, unterschieden nach der Schreibflächenform

Nach der Form der Schreibfläche unterscheiden wir:
a) Walzenschreibmaschinen,
b) Planschreibmaschinen (Flachschreibmaschinen).

Nach der Bewegungsart der Schreibfläche unterheiden wir:
a) Maschinen mit bewegter Schreibfläche,
b) Maschinen mit ruhender Schreibfläche.

Bei allen Schreibmaschinen mit einer einzigen Ausahme ist der Papierträger eine Walze. Beim Schreiben gebundene Bücher wird von der Schreibwalze abgeangen und auf die Bewegung der Schreibfläche verchtet. Die Schreibmaschine wird mit dem Tastenfeld er das ortfest eingespannte Schriftstück hinwegbewegt, obei sich die Aufschlagstelle des Typenträgers fortährend ändert.

#### Die Planschreibmaschinen

Der Gedanke, auf ebene Flächen zu schreiben, ist t.· Bereits der Marseiller Buchdrucker *Progin* baute ne solche mit Typenhebeln ausgestattete Maschine patentiert 1833), die über die ortfeste, ebene Schreibäche hinwegbewegt wurde. *Jos. Fisher* in Athens, ennessee, baute 1894 eine ähnliche Maschine, aus der ch die Elliot-Fisher-Maschine entwickelte. Sie wird eute nur noch als Buchungsmaschine ausgeführt.

#### Die Walzenschreibmaschinen

Bei allen andern Schreibmaschinen wird das Schriftück relativ zur ortfesten Schreibstelle des Maschinenestells im sogenannten Wagen bewegt. Er soll leichten ang haben, weshalb er auf Rollen läuft, und nicht hlottern. Er soll sich ferner leicht herausnehmen und nsetzen lassen. In ihm ist die Schreibwalze drehbar elagert. Sie hat einen rauhen Gummiüberzug, der die itnahme des Papiers sichert. Er wird in drei Härteraden hergestellt.

Weiche Walzen[5]) geben breite, harte eine spitze hrift. Von den vielen Wagenbauarten wird hier der agen der Mercedes-Schreibmaschine, Abb. 19 bis 22. rausgegriffen. Der Wagen hat folgende Aufgaben:

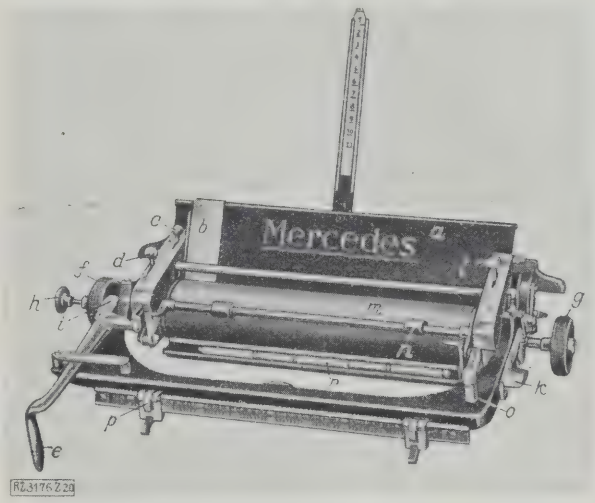
[5]) Über genormte Walzen vergl. DIN 2101, 2102 und 2114.

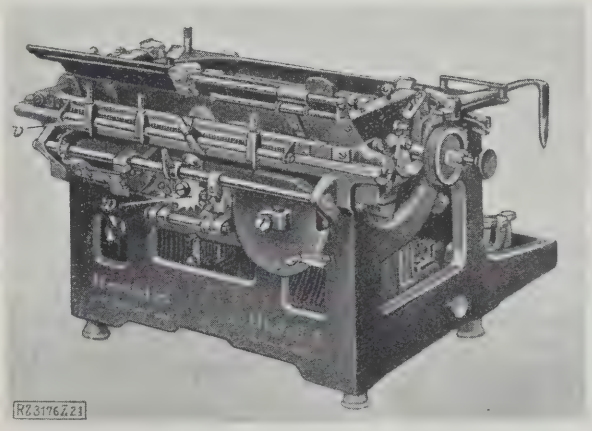
**Abb. 19 bis 22.** Führung und Schaltung des Wagens.

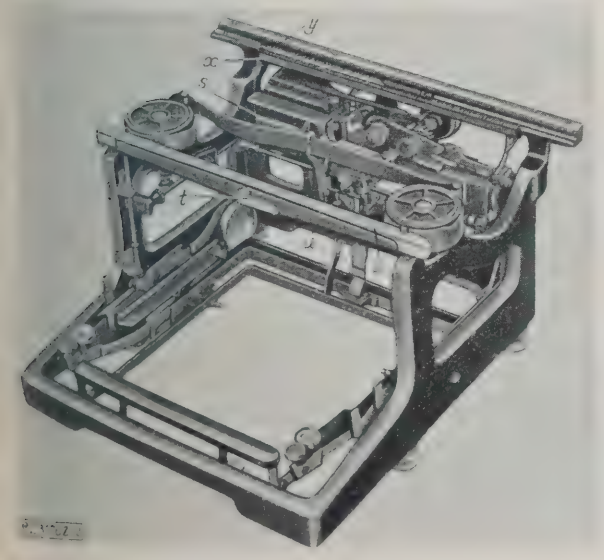
*a* Papiereinführblech
*b* Papieranleger
*c* Zeilenabstellhebel
*d* Zeileneinstellhebel
*e* Zeilenschalthebel
*f* und *g* Walzendrehknöpfe
*h* Stechknopf
*i* und *k* Wagenauslösehebel
*l* Papierauslösehebel
*m* Schreibwalze
*n* Papierandruckrollen
*o* Griff zum Verschieben des Wagenrahmens
*p* Randsteller mit Feststellklinken
*r* Papierförderrollen

Einzelteile des Gestells

*s* Zeilenhöhenanzeiger mit Postkartenhalter
*t* Anschlagwinkel für Randsteller
*u* Randsteller-Sperrschiene
*v* Tabellerreiter
*w* Zeilenschaltrad
*x* Zahnstange an *y*
*y* hintere Wagenlaufschiene am Gestell
*z* vordere Wagenlaufschiene



1 leichtes und sicheres Einführen,
2. Geradführen auch bei größerer Lagenzahl,
3. Halten des ablaufenden Papierendes,
4. Schalten des Zeilenabstandes mit der Hand in ein- bis fünffacher Größe,
5. Auslösen des Papierandruckes und der Walzenhaltung zum Richten der Papierlage.

Bei besonderen Anwendungen der Maschine sind noch weitere Sondereinrichtungen am Wagen notwendig.

### Führung und Schaltung des Wagens

Abb. 19 bis 22. Der Wagen wird durch den Druck des rechten Daumens gegen den Griff *o*, Abb. 19, nach rechts und durch Anlegen des Daumens gegen den Griff *o* und gleichzeitiges Drücken des Zeigefingers gegen den rechten Wagenauslösehebel *k* oder der linken Hand auf Hebel *i* nach links verschoben. Der so frei bewegliche Wagen wird beim Loslassen des Hebels *i* oder *k* wieder angehalten. Die Papierförderrollen *r* sind in einem besonderen Rahmen in zwei Reihen zu je drei bis neun Stück gelagert und mittels Federn an die Schreibwalze *m* gleichmäßig angedrückt. Sie ragen durch Fenster des gebogenen Einführungsbleches *a* hindurch. Den Zeilenabstand stellt man mittels Griff *d* ein, der durch Verstellen einer Anlaufkurve den Einfall einer Schaltklinke in das Schaltrad der Zeilenschaltung verlegt. Dabei werden 1 bis 5 Zähne geschaltet. Griff *l* und Stechknopf *h* dienen zur Berichtigung der Papierlage. Der rechte Randsteller *p* betätigt beim Auflaufen den Anschlag *t*, Abb. 21, der Sperrschiene *u*, die vor der Laufschiene *z* des Gestelles gelagert ist. Während des Auflaufens wird die Sperrschiene *u* gedrückt und durch Kloben *p* etwa sechs Buchstabenschaltungen vor der Endstellung des Wagens ein Klingelzeichen ausgelöst.

Die Wagenumschaltung betätigt nur den Walzenrahmen, der in einem Parallelkurbelgetriebe im Wagenrahmen hängt. Die Wagenschaltung wird über das Schaltschloß *w* durch den Typenhebelanschlag eingeleitet. Das Fortschreiten des Wagens zerfällt in zwei Abschnitte, und zwar so, daß die Sperre des Wagenschaltrades kurz vor dem Auftreffen des Typenhebels auf die Walze ausgelöst wird. Das Vorwärtsschreiten des Wagens begrenzt ein in das Wagenschaltrad eingeschwenkter fester Schaltzahn. Dieser erste Teil des Weges, Wagenfall genannt, wird auf ungefähr 0,2 bis 0,3 mm eingestellt, und ist maßgebend für die Schnelligkeit der Maschine. Der zweite Teil des Weges der Wagenschaltung wird nach dem Rückfallen des Typenhebels zurückgelegt. Wesentlich für die Einstellung der Maschine ist der Beginn der Schaltung. Diese wird ungefähr 15 mm vor dem Auftreffen der Type auf die Walze eingestellt. Für besonders schnell schreibende Schreibmaschinenkräfte ist der Wagenfall auf 0,4 bis 0,6 mm zu erhöhen.

Die Papiereinführungen bestehen hier aus dem federnden Bügel mit den Gummirollen *n*. Bei mehrfachen in besondrer Lage zueinander eingeführten Vordrucken werden zwei solcher angefederten Papiereinführungswege mit Gummirollen angeordnet. Diese können noch ergänzt werden durch Papierfinger, gegen die auf einer besonderen Schiene angebrachte und unmittelbar vor der Walze axial verstellbare Gummirollen mittels kräftiger Federn angedrückt werden.

Diese mehrfache Papiereinführung verwendet man in Verbindung mit der Vorsteck- und der Hintersteckeinrichtung. Diese Vorrichtungen dienen dazu, um auf großen Grundvordrucken Durchschriften anzufertigen, in Verbindung mit vorgesteckten Einzelvordrucken. Der Grundbogen wird in jedem Falle von den genannten Papierfingern gehalten. Beim Hintersteckverfahren führt man die Einzelvordrucke hinter dem Grundvordruck über das gerade Einführblech *a* ein. Zu diesem Zweck muß der Grundbogen eingeführt sein über ein zweites vor dem gewöhnlichen geraden Einführblech angeordnetes Blech. Anderseits können auch die Einzelvordrucke vor das Grundblatt gebracht werden durch Einführen an der Vorderseite der Walze. Zu diesem Zwecke muß mittels besonderer Abhebeeinrichtungen das gebogene Einführblech mit den Andruckrollen *r* so weit (ungefähr 4 mm) von der Walze abgeschwenkt werden, daß sich die Einzelvordrucke leicht einführen lassen. Dieses Verfahren nennt man Vorstecken. Vor- und Hintersteckverfahren werden in Buchungsarbeiten benutzt. Um größere Vorsteköffnungen zu erreichen, gibt es bereits Ausführungen, bei denen die Walze im Rahmen nach dem Heben in die Umschaltstellung noch besonders nach oben geschwenkt wird.

Für starre und kurze Formulare werden am Wagenrahmen befestigte Postkartenhalter verwendet, die mittels federnder Gummirolle in unmittelbarer Nähe über dem Ende des gebogenen Einführbleches an der Walze anliegen.

### Das Farbwerk

Hier unterscheiden wir:

a) Farbkissen-,
b) Farbröllchen-,
c) Farbbandmaschinen.

Heute gibt es fast nur mehr Farbbandmaschinen. Die Farbkissen- und Farbröllchen-Maschinen hatten den Vorzug, daß ihre Schrift klar war; denn die eingefärbte Type druckt sich hier, wie beim Buchdruck, unmittelbar auf die Schreibfläche ab. Bei den Farbbandmaschinen muß sich die Type durch das Farbband hindurch abdrucken. Das gleichmäßige Einfärben der Kissen und Röllchen erfordert Übung. Von den heutigen Maschinen wird selbsttätige Umschaltung der Farbbandförderung verlangt. Die Farbbänder können ein- und zweifarbig sein. Es gibt nichtkopierende, Kopier-, Hektographen- und Lithographen-Farbbänder[7]).

### Sonderausführungen

Für besondere Anwendungsgebiete der Schreibmaschine sind mannigfache Sonderausführungen im Gebrauch. Langwagen braucht man bei großen Schreibflächen, den Dezimaltabeller[8]) für Buchungsmaschinen zum Einstellen auf die erste Ziffernstelle eines Betrages und sicheren Untereinanderschreiben von Zahlenreihen in Rechnungen. Die Billingkurbel[10]) wird gebraucht, wenn auf einem Rechnungsblatt Durchschläge von Einzelschriftstücken angefertigt und die Eintragungen in den Einzelschriftstücken immer in gleicher Höhe vom Kopfende des Einzelschriftstückes erfolgen sollen. Mit der Billingkurbel, deren Drehung besondere Anschläge begrenzen, wird ein gleicher Förderweg der Walze erreicht. Nach jedem Zurückdrehen des Einzelschriftstückes wird der Grundbogen um Zeilenhöhe weitergeschaltet. Da die Durchschläge mit der Urschrift übereinstimmen, fällt das zeitraubende Vergleichen fort. Addier- und Subtrahier-Vorrichtungen werden mit der Schreibmaschine verbunden. Dadurch wird die Schreibmaschine gleichzeitig zur Rechenmaschine. An Schreibmaschinen hat zuerst *Wahl*[11]) Zählwerke angebracht. *Wahls* Erfindung leitete den Bau der rechnenden Schreibmaschine ein, die gegenwärtig in fortwährender rascher Weiterentwicklung begriffen ist. Endlos-Formularschreibmaschinen ersparen beim Anfertigen mehrerer Durchschläge das Zurechtstoßen der Blätter, Zwischenlegen der Kohlenpapiere, ihr Ausrichten, Einführen usw. Stenographiermaschinen (Erfinder: *O. Autenrieth*) und Chiffriermaschinen dienen für Sonderzwecke. Von Lochbändern gesteuerte, selbsttätig arbeitende Schreibmaschinen dienen für Massenwerbungen und sollen den Eindruck einzeln angefertigter, nur an den Empfänger gerichteter Schreiben erwecken. [B 3176

[6]) Die Farbbandspulen sind in DIN 2103 und 2125 genormt.
[7]) Die in der Liste des Reichsausschusses für Lieferungsbedingungen (RAL) beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit (RKW) unter Nr. 3 eingetragene Vereinbarung über die Lieferbedingungen für Farbbänder beziehen sich auf die Beschaffenheit des Gewebes, Fadenzahl, Abmessungen, Tränkung, Prüfverfahren und Packungen.
[8]) Von *Gerin* erfunden, DRP Nr. 91 253.
[9]) s. a. Z. Bd. 72 (1928) S. 1797.
[10]) Von to bill = Rechnungsausschreiben.
[11]) Sie wurden von der Wahl-Adding-Machine Co., Chicago, ausgeführt. *Wahl* übertrug seine Rechte dem amerikanischen Schreibmaschinentrust, der 1910 die rechnende Remington auf den Markt brachte, der dann andere Maschinen folgten.

# RUNDSCHAU

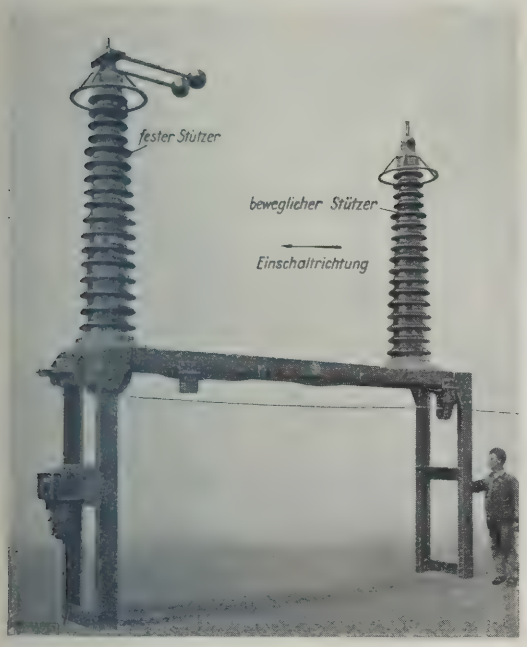



Abb. 1
SSW-Trennschalter für 220 kV für Aufstellung im Freien.

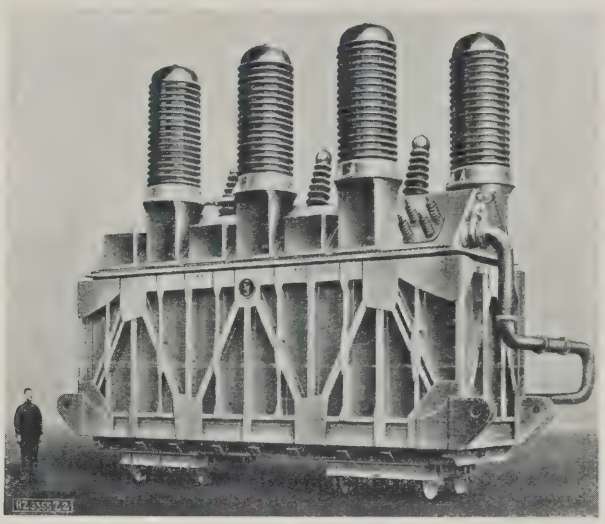


Abb. 2. SSW-Umspanner für 220 kV, 60 000 kVA für Aufstellung im Freien.

## *Elektrotechnik*

## Apparate für 220 kV

### Ölschalter

Die Dreikessel-Ölschutzschalter der Siemens-Schuckertwerke für Aufstellung im Freien sind ausgeführt für 600 A Dauerstrom, 220 kV Betriebspannung und eine Abschaltleistung von 1000 MVA (= 1 Mill. kVA). Die Kontakte sind wie bei den 100 kV-Ölschaltern Fingerkontakte mit vielfacher Unterbrechung. Die Ölschalter sind vorgesehen für den späteren Einbau von je sechs Ringstromwandlern und für den späteren Anbau von je sechs Ladestromwandlern. Vorläufig sind die Schalter ohne Wandler geliefert werden. Die mit Kondensator-Meßbandagen ausgerüsteten Kapselitdurchführungen erhalten einteilige Überwürfe aus reinem Silimanit. Die Schalter sind fahrbar auf schwenkbaren Spurkranzrädern. Die erforderlichen Zugösen sind gleichzeitig als Anhebekonsole ausgeführt und an dem Fahrgestell auf jeder Seite eines Kessels angebracht. Die Kessel sind außerdem mit Eissieben und Heizwiderständen ausgerüstet.

Die drei einpoligen durch Gestänge verbundenen Schalter werden mittels Schaltmotorantriebes, der in einem regendichten Gehäuse steht, betätigt. Der Kraftbedarf für das Einschalten beträgt 11 kW. Ausgeschaltet wird der Schaltersatz mittels Auslösespulen durch Federkraft.

Die Schaltersätze werden zerlegt auf je fünf Eisenbahnwagen versandt; das Gewicht eines vollständigen Dreikessel-Ölschutzschalters ohne Antriebvorrichtung und ohne Öl beträgt rd. 25 t, der Ölinhalt wiegt rd. 65 t.

### Trennschalter

Die Freiluft-Trennschalter bestehen aus einem feststehenden und einem fahrbaren einteiligen Silimanit-Stützer je Pol. Jeder einpolige Schalter hat ein besonderes Gerüst, dessen oberer Grundrahmen gleichzeitig als Fahrbahn ausgeführt ist, Abb. 1. Die Kugelkontakte sind für eine Dauerstromstärke von 600 A bemessen bei einer Betriebsspannung von 220 kV.

Bei den Trennschaltern für Sammelschienen stehen die drei einpoligen Schalter hintereinander und werden durch ein gemeinsames Drahtseil betätigt. Soweit diese Sammelschienen-Trennschalter mit Erdungsschalter ausgerüstet werden, schlägt der Erdungsschalter in den Strahlungsring des festen Stützers ein.

Die Trennschalter für Leitungen stehen parallel nebeneinander und sind mit Rohren gekuppelt. Diese Leitungs-Trennschalter sind durchweg mit angebautem Erdungsschalter ausgeführt, und zwar schlägt der Erdungsschalter in den Strahlungsring des ausgefahrenen Stützers ein.

Die Trennschalter werden mittels Motorantrieb von 0,9 kW betätigt. Der fahrbare Stützer bewegt sich mit einer Geschwindigkeit von rd. 0,3 m/s. Die Erdungsschalter werden mit der Hand betätigt.

### Umspanner

Die Umspanner, Abb. 2, mit einer Leistung von je 60 000 kVA haben ein Übersetzungsverhältnis von 220/110 kV bei Stern-Stern-Schaltung. Die Unterspannungsseite ist auf eine Spannung von 55 kV durch Verbindungen unter dem Deckel umschaltbar. Außerdem kann die Unterspannungsseite durch Dreieckschaltung für 63,5 und 31,75 kV verwendet werden. Der oberspannungsseitige Sternpunkt ist zum Anschluß von Erdschluß-Löscheinrichtungen herausgeführt. Außerdem haben die Umspanner eine in Dreieck geschaltete dritte Wicklung für eine Leistung von 18 000 kVA bei 10 kV. An diese Wicklung werden Einrichtungen zur Ladestrom-Kompensierung, Phasenschieber oder Kompensationsdrosselspulen angeschlossen.

Der Wirkungsgrad der Umspanner beträgt bei Vollast und $\cos \varphi = 1$ 98,93 vH. Ihr elektrischer Sicherheitsgrad entspricht den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

Das Gewicht eines Umspanners einschließlich Kessel, Fahrgestell, Ölkonservator und Ölfüllung beträgt rd. 180 t.

Der Umspanner kann nach Abnehmen der Klemmen und des Fahrgestelles auf einem 18achsigen Sonderwagen mit der Bahn befördert werden. Das Eigengewicht des Wagens ohne Umspanner beträgt rd. 90 t, die Gesamtlänge mit eingehängtem Umspanner rd. 36 m, Abb. 3.

Zur Kühlung dieser Umspanner dient eine Druckluft-Kühlanlage aus neun fahrbaren Kühlelementen, mit denen sich eine Verlustleistung von insgesamt 675 kW abführen läßt. Je drei Elemente sind zu einem Kühlerblock zusammengefaßt, der mittels einer Luftkammer mit einem

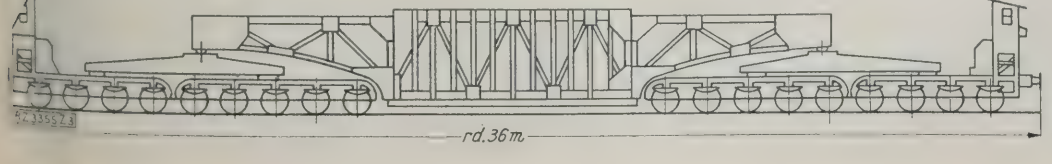



Abb. 3
Sonderwagen zur Bahnbeförderung eines Umspanners nach Abb. 2 auf Achsen für Normalspur.
Gewicht ohne Umspanner rd. 90 t.

Siemens-Betz-Schraubenlüfter belüftet wird. Das Flügelrad des Lüfters ist mit einem Antriebmotor unmittelbar in die fahrbare Luftkammer eingebaut, so daß besondere Fundamente hierfür erspart werden. Die gesamte Kühlanlage ist auf Rollen fahrbar, damit einzelne Teile zur Überholung herausgefahren und rasch ersetzt werden können. Das erwärmte Öl aus dem Transformator wird von zwei Schleuderpumpen durch die Kühlelemente gedrückt. Die Antriebmotoren der Ölpumpen sind ebenso wie die Lüftermotoren mit Kurzschlußläufer zur unmittelbaren Einschaltung vorgesehen und können ungeschützt im Freien aufgestellt werden.

**Strom- und Spannungswandler**

Die Stromwandler für 220 kV sind Stützer-Stromwandler mit einem einteiligen Silimanitkörper. Das Übersetzungsverhältnis beträgt 600/300/150/1 A. Die Wandler sind auf die Nennstromstärken von 600, 300 und 150 A oberspannungsseitig umschaltbar. Jeder Wandler besteht aus einem Hauptwandler mit der sekundären Nennstromstärke von 5 A und aus einem im Fuß des Hauptwandlers untergebrachten Zwischenwandler mit dem Übersetzungsverhältnis von 5 auf 1 A. Der Zwischenwandler hat zwei Kerne, von denen der eine zum Anschluß von Meßeinrichtungen und Reaktanzrelais mit Zeitstufen und der zweite zum Anschluß von Erdschlußrelais dient. Die Wahl der sekundären Nennstromstärken von 5 A für den Hauptwandler ist dadurch begründet, daß bei der für eine Nennstromstärke von 1 A bedingten hohen Windungszahl bei zufälliger sekundärer Öffnung gefährlich hohe Spannungen entstehen würden.

Die Kaskaden-Spannungswandler[1]) bestehen aus sechs aufeinandergesetzten Wandlergliedern. Das Übersetzungsverhältnis beträgt 220 000/100 V. Sie haben zwei Sekundärwicklungen, von denen die eine zum Speisen von Meßgeräten und die andre zum Anschluß von Erdschlußrelais benutzt wird.

Die Stützer-Stromwandler und Kaskaden-Spannungswandler sind mit Fahrgestellen für die normale Spurweite von 1435 mm versehen.

Der elektrische Sicherheitsgrad dieser Wandler entspricht den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker.

[M 3355] *S.*

[1]) Vergl. *Keinath*, Neue Richtlinien für den Bau elektrischer Meßgeräte, Z. Bd. 72 (1928) S. 1784.

**Abb. 6.** Ersatz einer Handwinde durch eine Doppelwinde für einen Sackaufzug.

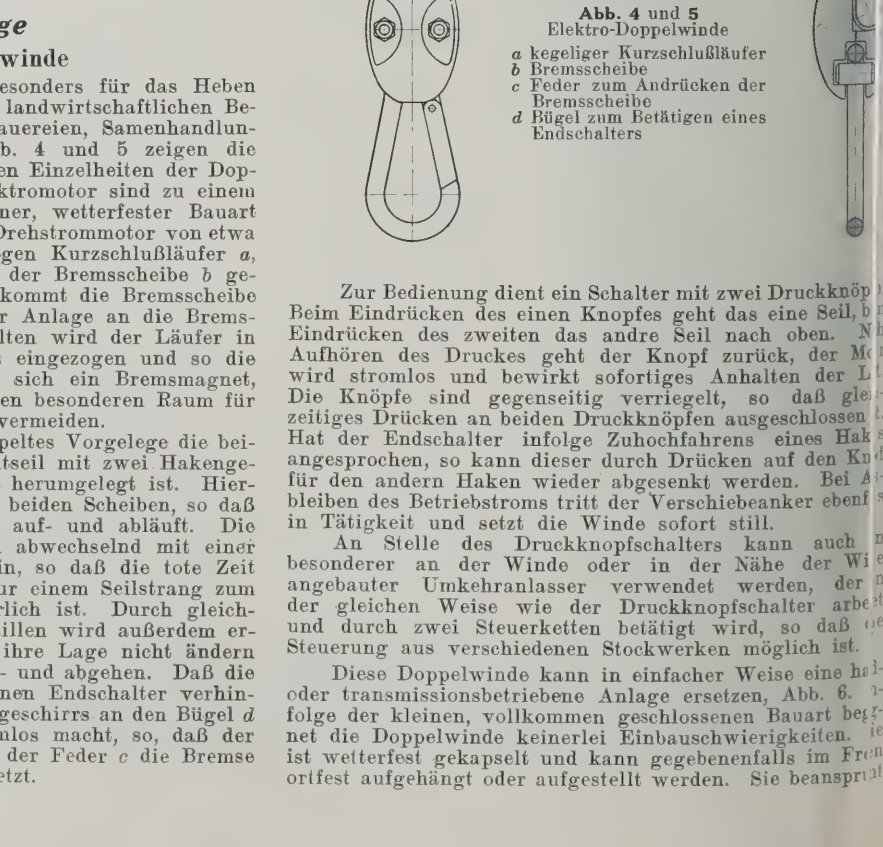



**Abb. 4 und 5**
Elektro-Doppelwinde
*a* kegeliger Kurzschlußläufer
*b* Bremsscheibe
*c* Feder zum Andrücken der Bremsscheibe
*d* Bügel zum Betätigen eines Endschalters

## *Hebezeuge*

### Elektro-Doppelwinde

Die Demag-Doppelwinde ist besonders für das Heben von Säcken, Kisten, Ballen usw. in landwirtschaftlichen Betrieben, Lagerhäusern, Mühlen, Brauereien, Samenhandlungen usw. entwickelt worden. Abb. 4 und 5 zeigen die Hauptabmessungen und die baulichen Einzelheiten der Doppelwinde; Windengetriebe und Elektromotor sind zu einem Ganzen in vollkommen geschlossener, wetterfester Bauart vereinigt. Der Antriebmotor, ein Drehstrommotor von etwa 0,75 PS Leistung, hat einen kegeligen Kurzschlußläufer *a*, der in Rollenlagern läuft und mit der Bremsscheibe *b* gekuppelt ist. Bei ruhendem Motor kommt die Bremsscheibe des Läufers durch eine Feder *c* zur Anlage an die Bremsfläche des Gehäuses, beim Einschalten wird der Läufer in das magnetische Feld des Ständers eingezogen und so die Bremse gelöst. Infolgedessen ließ sich ein Bremsmagnet, der neben höheren Kosten auch einen besonderen Raum für seine Unterbringung beansprucht, vermeiden.

Der Läufer treibt über ein doppeltes Vorgelege die beiden Treibscheiben, um die ein Drahtseil mit zwei Hakengeschirren nach Art einer Spillwinde herumgelegt ist. Hierbei umschlingen 2,5 Windungen die beiden Scheiben, so daß von ihnen immer gleich viel Seil auf- und abläuft. Die Lasthaken heben oder senken sich abwechselnd mit einer Geschwindigkeit von etwa 22 m/min, so daß die tote Zeit gespart wird, die bei Zügen mit nur einem Seilstrang zum Senken des leeren Hakens erforderlich ist. Durch gleichlaufende, nicht schraubenförmige Rillen wird außerdem erreicht, daß Auf- und Ablaufstelle ihre Lage nicht ändern und die Haken genau senkrecht auf- und abgehen. Daß die Last zu hoch fährt, wird durch einen Endschalter verhindert, der durch Anfahren des Hakengeschirrs an den Bügel *d* betätigt wird und den Motor stromlos macht, so, daß der Verschiebeanker unter Einwirkung der Feder *c* die Bremse anlegt und die Winde sofort stillsetzt.

Zur Bedienung dient ein Schalter mit zwei Druckknöp
Beim Eindrücken des einen Knopfes geht das eine Seil, b
Eindrücken des zweiten das andre Seil nach oben. N
Aufhören des Druckes geht der Knopf zurück, der M
wird stromlos und bewirkt sofortiges Anhalten der L
Die Knöpfe sind gegenseitig verriegelt, so daß gle
zeitiges Drücken an beiden Druckknöpfen ausgeschlossen
Hat der Endschalter infolge Zuhochfahrens eines Hak
angesprochen, so kann dieser durch Drücken auf den Kn
für den andern Haken wieder abgesenkt werden. Bei A
bleiben des Betriebstroms tritt der Verschiebeanker ebenf
in Tätigkeit und setzt die Winde sofort still.

An Stelle des Druckknopfschalters kann auch
besonderer an der Winde oder in der Nähe der Wi
angebauter Umkehranlasser verwendet werden, der
der gleichen Weise wie der Druckknopfschalter arbe
und durch zwei Steuerketten betätigt wird, so daß
Steuerung aus verschiedenen Stockwerken möglich ist.

Diese Doppelwinde kann in einfacher Weise eine ha
oder transmissionsbetriebene Anlage ersetzen, Abb. 6.
folge der kleinen, vollkommen geschlossenen Bauart beg
net die Doppelwinde keinerlei Einbauschwierigkeiten.
ist wetterfest gekapselt und kann gegebenenfalls im Fre
ortfest aufgehängt oder aufgestellt werden. Sie beanspru

**Abb. 7**
Doppelwinde in hängender Anordnung an freitragenden Trägerenden.

aum mehr Raum als eine bisher benutzte Leitrolle, über die in Seil oder eine Kette von der Hand- oder Motorwinde ar Lastaufnahmestelle geführt ist. Das geringe Gewicht er Doppelwinde, rd. 50 kg, gestattet ihre Anbringung an orhandene Dachgiebel, Balken, Ladebäume usw., Abb. 7, ) daß besondere Anbaukosten nicht auftreten.

Die Hubhöhe ist beliebig und nur von der Länge des eils abhängig. Durch Seilverlängerungen, die in die akengeschirre eingehängt werden, ist die Bedienung ehrerer Stockwerke möglich. Die Drahtseilstränge können ich über Rollen geführt werden, die seitlich der Doppelinde angeordnet sind, so daß beispielsweise die beiden änge durch verschiedene Bodenluken arbeiten können. ierbei sind auch diese Rollen mit Ausschaltbügeln verehen, die bei Erreichung der höchstzulässigen oberen Lastellungen durch eine einfache Vorrichtung auf den Endhalter der Winde wirken und diese gegebenenfalls stillitzen. Ferner können die Seilstränge mit einrolligen Unteraschen versehen werden, welche jedoch die Hubgeschwingkeit zugunsten der Tragfähigkeit vermindern. Für esen Betriebsfall beträgt die Tragkraft 250 kg, und die ubgeschwindigkeit 11 m/min. [M 3123]

## *Technische Mechanik*

## Mechanische Schwingungen

*agung des Schwingungsausschusses des Vereines deutscher Ingenieure in Göttingen vom 23. bis 25. Mai 1929*[1]*).*

Gegenstand der Tagung bildeten die Fragen, die mit chnisch wichtigen Schwingungen in luftförmigen und flüssigen Mitteln verknüpft sind, sowie die Behandlung einiger achbargebiete.

### Mechanische Schwingungen in der Luftfahrttechnik

Die Schwingungen der Flugzeugflügel und der Propeller sind von größter Bedeutung, weil sie, wie mehrere ufälle bewiesen haben, den mechanischen Zusammenng wichtiger Teile des Flugzeuges und damit dessen herheit gegen Absturz in Frage stellen können.

Der Vortrag von *Küßner*, Berlin, „Angefachte Flügelwingungen", beschäftigte sich theoretisch mit dem Entehen der Schwingungs- oder Flattererscheinungen der ugzeugflügel durch die Anblasekräfte des Luftstromes r Fahrtbewegung. Diese Erscheinung beruht auf der rbindung von Biegungs- und Verdrehungsschwingungen, ren Auftreten an eine oder mehrere kritische Fluggewindigkeiten gebunden ist. Die Aufgabe der Theorie es, dieso kritischen Fluggeschwindigkeiten und die wingungszahlen aus den Bau- und Betriebsangaben des ugzeugs im voraus zu berechnen.

Von höchster Wichtigkeit ist die Nachprüfung der chnung durch den Versuch, eine Aufgabe, der sich der rtrag von Frau *Essers*, Berlin, „Experimente der Untersuchung von Flügelschwingungen" widmete. Die Versuche, die an Flügelmodellen im Windkanal und auch am fliegenden Flugzeug angestellt wurden, ergaben bezüglich der Schwingungszahlen genügende Übereinstimmung mit der Rechnung. Bei den kritischen Geschwindigkeiten ist die Übereinstimmung bisher in manchen Fällen weniger befriedigend. Doch lieferten die Versuche einige wichtige Bauregeln, um die gefährlichen Schwingungen zu vermeiden, so z. B. das Verlegen der Flügelschwerachse in die elastische Achse, möglichst hohe Torsionsschwingungszahlen, möglichste Verschiedenheit der Biegungs- und Torsionsschwingungszahlen.

Das gleiche Ziel verfolgte bei den Propellerflügeln *Liebers*, Berlin, in seinem Vortrag „Zur Theorie der Luftschraubenschwingungen" mit folgenden Ergebnissen:

1. Vom Standpunkt der Schwingungsfestigkeit ist die Schraube am günstigsten, bei der Schwingungen in jedem Freiheitsgrad unabhängig von den anderen stattfinden können.

2. Torsionsschwingungen von Luftschrauben liegen gewöhnlich so hoch, daß die Gefahr der Resonanz durch Erregungen, die mit der Drehzahl oder dem Doppelten erfolgen, nicht in Frage kommt.

3. Bei der Luftschraube überwiegen die elastischen und Massenkräfte die Luftkräfte so stark, daß diese für die Schwingungszahlen der Luftschrauben praktisch belanglos sind.

4. Biegungsschwingungen scheinen die wesentliche Ursache für Ermüdungsbrüche von Schrauben zu sein. Das Vorausberechnen der Biegungsschwingungszahlen von Luftschrauben in Abhängigkeit von der Drehzahl läßt sich nach den angegebenen Verfahren mit großer Genauigkeit und in kürzester Zeit erreichen.

5. Bei genügend hohen Drehzahlen kommt jede Schraube in Resonanzschwingungen für Biegung.

6. Zur Erhöhung der Biegungsschwingungszahl muß man den Querschnitt verjüngen, das Trägheitsmoment bleibt besser überall möglichst groß.

7. Die Anordnung der Schraube im Verhältnis zum Tragflügel ist von großer Wichtigkeit. Selbst sehr feste Schrauben können dadurch gefährdet werden, daß sie bei ungünstigem Einbau infolge Erregungen von der Schwingungszeit der zweifachen Drehzahl in Resonanzschwingungen geraten. In solchen Fällen ist unter Umständen die biegungsweichere Schraube vorzuziehen.

### Untersuchungen über Raumakustik, Geräusch und Lärmfragen

Zu den Schwingungsvorgängen von luftförmigen Mitteln rechnen auch die akustischen Vorgänge.

*E. Meyer*, Berlin, berichtete über ein neues Verfahren zur Bestimmung der Nachhalldauer, die für die Hörsamkeit von Räumen entscheidend ist. Die mit Mikrophon und Verstärker aufgenommenen Aufzeichnungslinien lassen die Zeit berechnen, in der die Schallenergie auf den $10^6$. Teil ihres Anfangswertes abfällt, und zeigen die starke Abhängigkeit dieser Nachhallzeit von der Schwingungszahl. Weitere wichtige Mitteilungen des Vortrags über Schallabsorption von Wandbekleidungsstoffen, Gesamtleistung von Schallquellen usw. finden sich in der ausführlichen Wiedergabe[2]).

Anschließend berichtete *K. Schuster*, Breslau, über eine gemeinsam mit *E. Waetzmann*, Breslau, verfaßte Untersuchung zur Berechnung der Nachhalldauer, deren Ergebnisse mit Versuchen im Einklang stehen[3]).

Auch die Messung der Geräuschstärken ist äußerst wichtig, da nur durch Messung Aufschluß über die störende Begleiterscheinung der technischen Entwicklung, nämlich die Zunahme der Lärmplage, zu gewinnen ist. Hierher gehören die Vorträge von *E. Lübcke*, Berlin, „Aufnahme und Analyse von Schiffsgeräuschen" und *Pauli*, Berlin, „Erschütterungsschwingungen und Geräusche". Methodisch sind diese Arbeiten wichtig durch die ausschließliche Verwendung elektrischer Verfahren unter Verwendung von Elektronensender- und Verstärkerschaltungen auch bei denjenigen Schwingungsvorgängen, bei denen man bislang meistens mechanisch-optische Aufzeichenverfahren verwendet hat. Erst durch diese Verfahren erreicht man bei den energieschwachen akustischen Vorgängen die erforderliche Empfindlichkeit und getreue Wiedergabe.

[1]) Die Vorträge sind, soweit nicht anders angegeben, abgedruckt in Z. f. techn. Physik Bd. 10 (1929) Nr. 9.

[2]) *E. Meyer* und *P. Just*, Zur Messung von Nachhalldauer und Schallabsorption, „Elektrische Nachrichtentechnik" Bd. 5 (1928) Nr. 293; Über Messungen an schalldämpfenden Materialien, „Telegraphen- und Fernsprechtechnik" (1922) S. 40; Messung der Gesamtenergie von Schallquellen, Z. f. techn. Physik Bd. 10 (1929) Nr. 9.

[3]) Die Untersuchung ist abgedruckt in Ann. d. Phys. Bd. 51 (1929) S. 671.

Mit der wichtigen Frage des Verkehrslärms und seiner Bekämpfung beschäftigte sich ein Bericht von *W. Hort*[4]). Die wissenschaftliche Behandlung dieser Fragen steckt noch sehr in den Anfängen; fast ausschließlich ist die lärmgeplagte Menschheit auf den Schutz der Gesetze und auf behördliche Anordnungen zu seiner Eindämmung angewiesen. Um eine Übersicht über die physikalischen, technischen, physiologischen und juristischen Aufgaben zu gewinnen, hat die Stadt Berlin zusammen mit dem Verein deutscher Ingenieure ein Preisausschreiben erlassen, dessen Ergebnis demnächst veröffentlicht wird.

**Schwingungen in den Brennstoffleitungen von Maschinen**

Dynamische Vorgänge in Gasen und in Flüssigkeiten beherrschen auch die Bewegung der Arbeitsflüssigkeiten in den Brennstoffleitungen von Öl- und Gasmaschinen. Namentlich bei den ersteren bedingen Störungen der hohen Einblasedrücke das Ausbreiten eines wellenförmig sich fortpflanzenden Störungsgebietes, das sich in einer erheblichen Beeinflussung der in die Zylinder eingeführten Brennstoffmenge auswirken kann. Der Vortrag[5]) von *G. Eichelberg*, Winterthur, unternahm es, die Gleichungen dieser dynamischen Vorgänge anzusetzen, rechnerisch zu verfolgen und das Ergebnis durch Versuche zu prüfen, wobei bemerkenswerte Übereinstimmung erzielt wurde.

**Schwingungs- und Schallvorgänge im Wasser**

Die Aufgabe, im Seegang die ruhige Lage eines Schiffes zu erhalten, hat durch den Schlingertank von *H. Frahm*[6]) ihre Lösung gefunden. Der Vervollkommnung der Theorie dieser Einrichtung war der Vortrag von *M. Schuler*, Göttingen, „Eine Berichtigung der Gleichungen des Schlingertanks" gewidmet. Die Wirkung des Schlingertanks beruht auf der Übertragung der Schwingungsenergie des schlingernden Schiffes auf eine in jenem pendelnde Flüssigkeitsmenge vermöge der „Kopplung" zwischen Schiff und Tankflüssigkeit. *M. Schuler* stellt fest, daß unter Voraussetzung kleiner Ausschläge in erster Linie die „Reibungskopplung" an der Energieübertragung beteiligt ist, in geringerem Maße die Trägheitskopplung, gar nicht die Kraftkopplung.

Gleichfalls in das Gebiet der Schiffstechnik führt die genaue Ermittlung der Schallgeschwindigkeit im Seewasser, worüber *E. Lübcke* vortrug. Ihre Ermittlung muß möglichst genau sein, weil auf ihr die heute häufig angewandte Tiefenmessung mittels des Echolotes und die akustische Schiffsabstandbestimmung beruhen. Die Schallgeschwindigkeit ändert sich mit Temperatur, Tiefe und Salzgehalt, ist also in den verschiedenen Teilen des Weltmeeres verschieden. Die britische Admiralität hat die Meere der Welt in 23 Gebiete geteilt, für die sie Tabellen der Schallgeschwindigkeit herausgegeben hat. Ihr Mittelwert liegt bei 1500 m/s; die deutsche Marine hat bisher 1490 m/s als Mittelwert benutzt.

**Mechanische Schwingungen bei festen Körpern**

Die Uhrentechnik ist ein Teilgebiet der Lehre von den Schwingungen starrer Körper, dem der Satz von der Unveränderlichkeit der Schwingungsdauer eines Pendels zugrunde liegt; dieser Satz trifft zu unter der Voraussetzung eines starren Pendelbaustoffes. Da aber unsre Pendel keine starren, sondern nur feste, der Abnutzung, Dehnung usw. unterworfene Körper sind, schwankt die Schwingungsdauer auch der genauesten Uhren ein wenig, so daß alle Zeitmessungen mit einer gewissen, wenn auch kleinen Unsicherheit behaftet sind. Man kann hier nach *M. Schuler* um eine Zehnerpotenz weiter kommen, wenn man die Uhrenpendel so baut, daß ihre Schwingungsdauer von der Pendellänge, d. h. von der Entfernung Schwerpunkt – Aufhängepunkt, unabhängig wird.

*H. Gerdien* vom Forschungslaboratorium Siemensstadt hat eine Dauerbiegemaschine für Stäbe aus Leichtmetall entwickelt, bei der ein magnetisches Drehfeld die Wechselverformung des Stabes erzeugt und Verformung, Beanspruchung, Energieverbrauch, Wärmeentwicklung im Prüfstabe usw. gemessen werden können.

Gleichfalls in das Gebiet der Ermüdungserscheinungen führte der Vortrag von *H. Hort*, Forschungslaboratorium Siemensstadt, über eine Stoßdämpfereinrichtung für Förderseile[7]). Diese erfahren durch die Trägheitswirkungen der meist ungleichförmig bewegten Fördereinrichtung stoßartige Überbeanspruchungen, die man durch Einschalten einer Federanordnung mit Flüssigkeitsdämpferkolben zwischen Förderkorb und Seil derart dämpfen kann, daß sich nach den bisherigen Beobachtungen die Lebensdauer der Förderseile auf das Mehrfache wie bisher erhöht.

[4]) *W. Hort*, Der Straßenlärm, „Der Motorwagen" Bd. 32 (1929) Nr. 9.
[5]) Abgedruckt in Z. f. techn. Phys. Bd. 10 (1929) Nr. 10.
[6]) Z. Bd. 54 (1910) Nr. 49 S. 2074.
[7]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 15 S. 507.

Besichtigungen des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Str mungsforschung (Prof. Dr. *Prandtl*), der Aerodynamisch Versuchsanstalt (Prof. Dr. *Betz*), des geophysikalischen I stituts (Prof. Dr. *Angenheister*) und der Institute für a gewandte Elektrizität (Prof. Dr. *Reich*) und angewand Mechanik (Prof. Dr. *Schuler*) beschlossen die Tagung.

Charlottenburg Prof. Dr. *W. Hort*

## *Werkstoffe*

### Einfluß der Stichabnahme und der Glühtemperat auf kaltgewalzte Feinbleche

Um den Einfluß des Kaltwalzens mit verschieden Stärkenabnahmen und nachträglichen Glühens bei verschi denen Temperaturen auf die mechanischen Eigenschaften u das Gefüge von Feinblechen festzustellen, führten *A. Pon* und *L. Walther*[1]) Kaltwalzversuche an vier warmgewalzt und betriebsmäßig geglühten Blechtafeln 500 × 2000 m aus Flußstahl mit 0,04 bis 0,07 vH Kohlenstoff auf eine Lauthschen Trio-Walzwerk aus. Die Bleche wurden v einer Anfangsdicke von 2,1 bis 2,27 mm in 7 und 8 Stich auf 1,06 bis 1,54 mm ohne Zwischenglühung kaltgewal Vor dem Walzen und nach jedem Stich wurden Streif für Zerreißversuche und Tiefungsprüfungen sowie Gefüg untersuchungen abgeschnitten und 3 h lang bei 650, 7 und 920 ° geglüht.

Die Ergebnisse der mechanischen Untersuchu (Streckgrenze, Zugfestigkeit, Dehnung und Tiefung na *Erichsen*) sind in Abb. 8 in Abhängigkeit von der Gesan abnahme aufgetragen.

In den beiden obersten Reihen von Abb. 8 sind Erichsen-Werte der geglühten Blechproben in mm- bzw. v Teilung aufgetragen. Die besten Tiefungswerte werd durch die Umkristallisationsglühung bei 920 ° erzielt, u zwar liegen sie unabhängig vom Verformungsgrad für je Blech in ungefähr gleicher Höhe über der Erichsen-Nor kurve. Eine Verschlechterung innerhalb des kritisch Kaltverformungsgebietes tritt nicht ein, weil bei 920 ° $A_3$-Punkt überschritten ist und eine vollkommene U kristallisation des Gefüges stattgefunden hat.

Nach der Glühung bei 750 ° macht sich das Geb der kritischen Verformung stark bemerkbar. Die Erichs Werte zwischen 5 und teilweise hinaus bis 20 vH V formung liegen sehr viel schlechter als die Werte üb 20 vH, und zwar zum Teil unter der Erichsen-Normkur Oberhalb 20 vH Gesamtabnahme liegen sie in zieml gleichem Abstand über der Normkurve, allerdings dur weg etwas niedriger als nach der Glühung bei 920 °.

Die Glühung bei 650 ° hat zu sehr ungünstigen gebnissen geführt. Die Erichsen-Werte liegen fast a unterhalb der Normkurve und erreichen sie nur mit wenig Werten. Die niedrigsten Werte ergeben sich bei schwachen Abnahmen. Sie nehmen mit steigendem V formungsgrad zu. Die schlechten Tiefungswerte die Glühung sind darauf zurückzuführen, daß das Material n dreistündiger Glühung bei 650 ° noch nicht genüg rekristallisiert ist.

In der dritten Reihe von Abb. 8 sind die Werte Streckgrenze und Zugfestigkeit schaubildlich aufgetrag Bei der Glühung bei 920 ° macht sich der Verformun grad auf die Lage der Streckgrenze nicht bemerkbar; liegt unabhängig vom Grade der vorherigen Kaltverformu abgesehen von gewissen Streuungen, bei allen vier Blech annähernd auf derselben Höhe.

Nach der Rekristallisationsglühung bei 750 ° nim die Streckgrenze innerhalb des kritischen Kaltverformun gebietes stark ab; oberhalb desselben nähert sie sich bei Glühtemperaturen von 920 ° gefundenen Werten.

Nach der Glühung bei 650 ° weisen die mit gerin Abnahmen kaltgewalzten Proben außer Blech I sehr ho liegende Werte für die Streckgrenze auf. Offenbar die verhältnismäßig niedrige Glühtemperatur für schwachen Verformungsgrade nicht ausgereicht, um e genügende Erweichung des Werkstoffes zu bewirken. steigendem Verformungsgrad nimmt die Streckgrenze und nähert sich den nach einer Glühung bei 920 ° haltenen Werten.

Weitaus geringer sind die Unterschiede in den Z festigkeitswerten. Die niedrigsten Werte werden bei n kritisch verformten Proben nach einer Glühtemperatur n 750 ° erreicht, die höchsten bei Blech II und III bei 650 °-Glühung nach voraufgegangenen schwachen Ver mungsgraden. Die Zugfestigkeitsschaulinie der bei 9

[1]) Mitt. a. d. Kaiser-Wilhelm-Inst. f. Eisenforsch. Bd. 11 (1929) 131.

eglühten Proben verläuft nnähernd parallel zur Abissenachse.

Die Dehnungsschaulinien nehmen im großen nd ganzen denselben Verauf wie die Erichsen-Kurven. Nach der 920 °-Glühung sind, unabhängig om Grade der voraufgegangenen Verformung, eine größeren Schwankungen in den Dehnungswerten vorhanden. Nach er Glühung bei 750 ° ist ie Dehnung im allgemeinen am größten. Die Dehungsschaulinie der 750 °-Glühung liegt im Gegensatz u der Erichsen-Kurve über er der 920 °-Glühung.

Die kaltgewalzten Proben lassen mit zunehmendem Verformungsgrad eine mmer deutlicher werdende treckung der Ferritkrialle erkennen. Vereinzelt ind Gleitlinien innerhalb er Körner vorhanden. ach der Glühung bei 920 ° eigen die Schliffbilder ämtlicher Verformungsrade ein gleichmäßig ausebildetes Korn. Der Kohenstoff ist in Form von erlitinseln und Zementschnüren an den Kornrenzen ausgeschieden. Daß er Kohlenstoff teilweise ls freier Zementit vorliegt, ürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Abkühlung ehr langsam erfolgte, so aß ein Teil des Perlits sich ntmischt hat. Bei den chliffbildern der 750°-Glüung tritt nach der Verformung um 8,5- und 14,6 vH m Rande der Bleche ein robes Korn auf. Oberhalb 0 vH Abnahme erhält man in gleichmäßig rekristallisiertes Gefüge; ein wesentlicher Unterschied in der orngröße im Vergleich ur 920 °-Glühung ist nicht orhanden. Der Kohlenoff ist im Gegensatz zur 20 °-Glühung nicht an den orngrenzen ausgeschieden, ondern als kugeliger Zeentit innerhalb der Ferttkörper verteilt. Mit dieer verschiedenartigen Verteilung des Kohlenstoffs ist ohl auch der geringe Unterschied der Festigkeitsgenschaften der beiden lühungen zu erklären, enn man das kritische altverformungsgebiet der 50 °-Glühung nicht in Beacht zieht.

Die Folgerung aus den estigkeitseigenschaften der 50°-Glühung, daß der Werkoff noch nicht vollkomen rekristallisiert ist, wird urch die Schliffbilder beätigt, die besonders ei schwacher Verformung och deutlich die Streckung er Ferritkörner erkennen assen. Im Gebiete der kritischen Verformung ist war am Rande ebenfalls ne Kornvergröberung eingetreten, jedoch nicht in em Maße wie nach der

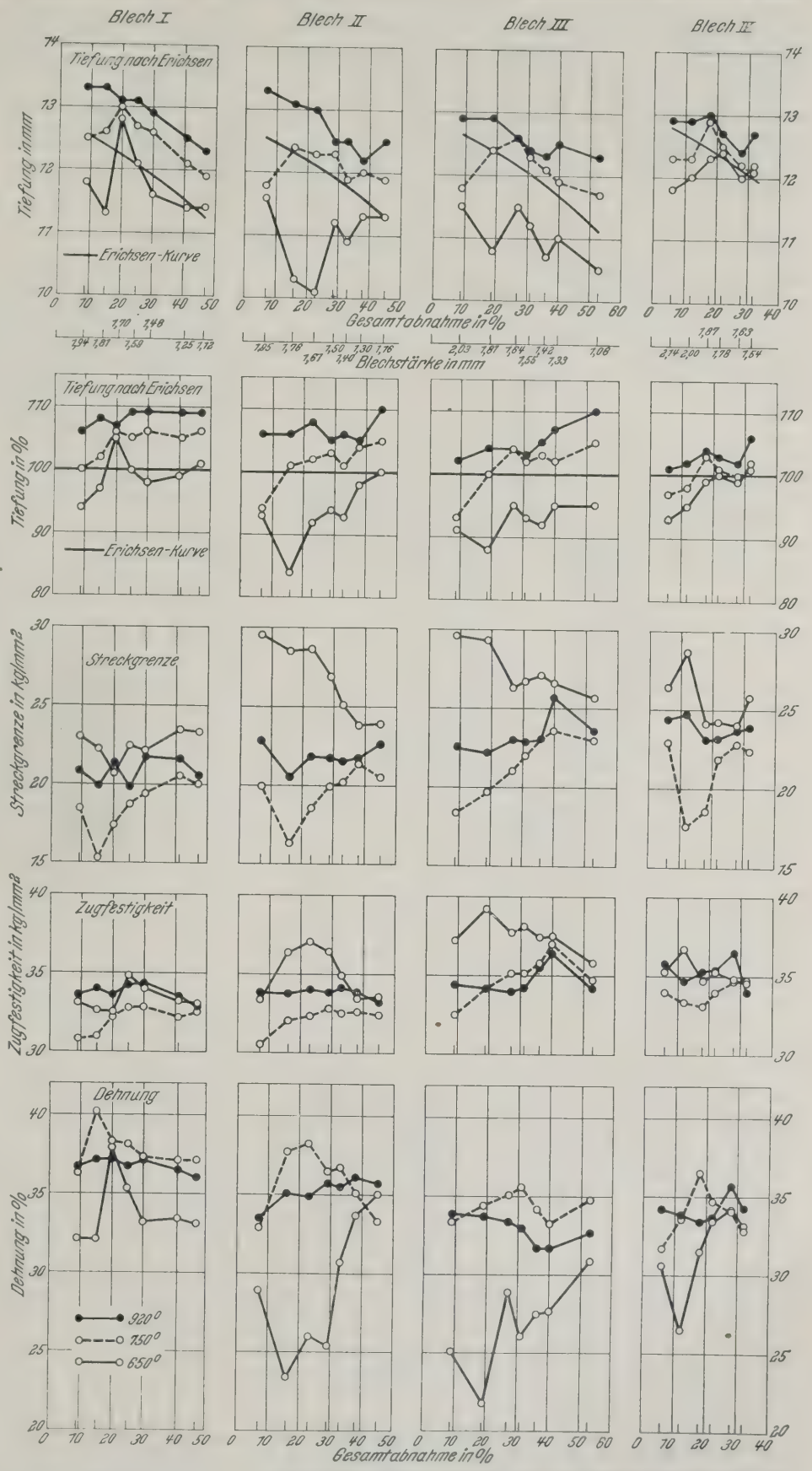



**Abb. 8.**
Tiefung nach *Erichsen*, Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung geglühter Bleche.

| Blech Nr. | C vH | Si vH | Mn vH | P vH | S vH |
|---|---|---|---|---|---|
| I | 0,044 | Spuren | 0,45 | 0,024 | 0,033 |
| II | 0,041 | " | 0,48 | 0,032 | 0,050 |
| III | 0,066 | " | 0,52 | 0,041 | 0,08 |
| IV | 0,07 | " | 0,52 | 0,047 | 0,087 |

Glühung bei 750 °. Im übrigen ist das Gefüge feiner als das der beiden anderen Glühungen. Der Kohlenstoff ist auch hier in Form von kugeligem Zementit innerhalb der Ferritkörner verteilt.

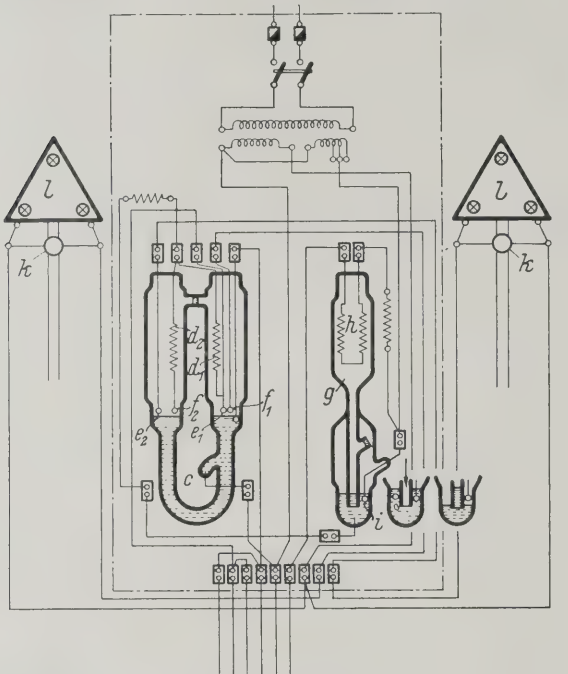
Eine weitere Versuchsreihe sollte die Frage klären, ob die Anzahl der Stiche bei gleicher Stärkenverminderung einen Einfluß auf die Festigkeitseigenschaften der geglühten Bleche ausübt. Es wurden zwei warmgewalzte und betriebsmäßig geglühte Blechtafeln auf einem Duo-Walzwerk in 1, 3, 4, 5, 6, 7, 10 und 16 Stichen um ungefähr 30 vH Dickenabnahme (25,8 bis 33,8 vH) kaltgewalzt. Nach dem Walzen wurden die Bleche im elektrischen Ofen drei Stunden bei 750 ° geglüht.

Es zeigte sich, daß die Anzahl der Stiche bei einem Gesamtverformungsgrad von ungefähr 30 vH keinen Einfluß auf die Tiefungsfähigkeit der bei 750 ° geglühten Bleche ausübt. [M 3209]

Düsseldorf *A. Pomp*

# Kleine Mitteilungen

## Vom Zug betätigte Blinklicht-Warnsignale an Eisenbahnübergängen




*a*, *b* Schienenkontakte
*c* Blinkrelais
$d_1$, $d_2$ Glühdrähte
$e_1$, $e_2$, $f_1$, $f_2$ Kontakte
*g* Unterbrecher
*h* Glühdraht
*i* Kontakt im Unterbrecher
*k* Glocke
*l* Lampe

Vor kurzem hat die Schweiz die Vorschriften über die Sicherung von Eisenbahnübergängen dahin abgeändert, daß statt Schranken auch selbsttätige Licht- oder Schallsignale zugelassen sind. Die Signum-Gesellschaft in Wallisellen hat daraufhin ein vom Zug mit Hilfe von Quecksilberkontakten betätigtes Signal durchgebildet. Es besteht aus einem Hauptsignal mit drei Lichtern am Übergang und einem Vorsignal etwa 150 m davon. Zwischen beiden sind gleichmäßig Pfähle aufgestellt, die ringsherum weiß und farbig gestrichen sind; die Zahl der weißen Ringe, die nach dem Übergang zu abnimmt, gibt die Entfernung vom Übergang an.

Um bewegte Teile zu vermeiden, erzeugt man das Blinken hier mittels eines Quecksilber-Thermorelais *c*, s. Abb. Schließt der Schienenkontakt *a* den Strom, so erwärmt sich der Draht $d_1$ im rechten Arm des Relais; das eingeschlossene Gas erwärmt sich und dehnt sich aus. Infolgedessen steigt das Quecksilber im linken Arm und schließt über die Kontakte $e_2$ und $f_2$ den Stromkreis der Signallampen. Die Folge ist, daß sich der Glühdraht $d_2$ erwärmt und der Vorgang sich umkehrt.

Es finden so bis zu 80 Unterbrechungen in 1 min statt. In diesem Zeitabstand blinken also die Signallampen auf, und zwar auch dann, wenn die letzte Zugachse den Kontakt *a* verlassen hat. Gelangt aber die erste Zugachse zum Schienenkontakt *b*, so wird der Stromkreis über den Glühdraht *h* des Unterbrechers geschlossen. Der Stromkreis des Blinkrelais wird dadurch unterbrochen, indem der Kontakt *i* aus dem Quecksilber heraustaucht, aber erst nachdem die letzte Achse des Zuges über den Kontakt *b* weggerollt ist. (Schweiz. Bauzeitung 28. September 1929 S. 161*) *Ro.*

## Beförderung von Güterwagen im Schif

Seit Beginn dieses Jahres ist zwischen New Orleans un Havanna ein „Seatrain" genannter Dampfer von 10 500 bei 130 m Länge im Pendelverkehr, der 90 bis 95 voll beladene 65 t-Güterwagen aufnehmen kann. Auf dem Haupt deck, dem Mitteldeck und unten im Raum sind jeweils vie Gleise nebeneinander angeordnet, dazu kommen noch vie Gleise auf dem Achterteil des Aufbaudeckes für Wage deren Inhalt weniger wetterempfindlich ist.

Zum Verladen der Wagen dient an jedem der beide Hafenplätze ein ortfester Portallaufkran besonderer Bauar für 105 t, zwischen dessen vier Fachwerkstützen paralle zum Schiff zwei Gleise der Eisenbahn geführt sind. Di Laufkatze fährt auf den Obergurten von zwei I-Trägern die in 18 m Höhe quer zum Schiff innen auf je zwei Stütze ruhen. Der Abstand von Mitte zu Mitte der Räder des Kat fahrwerkes beträgt 16,5 m. Ein Paar hochklappbarer mi einander an den Enden verstrebter Ausleger von je 22 Länge bildet die Verlängerung der beiden I-Träge und damit der Katzenfahrbahnen. Zum Verfahren der Katz mit rd. 1 m/s dient ein 75 PS-Motor in der Mitte der Katz An jedem Ende des Katzenträgers ist ein 250 PS-Motor m zugehörigem Windwerk zum Heben der Last eingebaut. De Ausleger bewegt ein 40 PS-Motor.

Jeder Eisenbahnwagen wird mittels Spills auf ei Bühne zwischen den Stützen des Kranes gezogen. Der Kra hebt sodann die Bühne mit dem Wagen empor und förde sie über den Ausleger ins Schiff. Die Bühne wird mit schiffs so weit herabgelassen, daß der Eisenbahnwagen v der Bühne waagerecht auf eines der Decks gezogen werd kann. Die Bühne kann dann gleich von der andern Schiff seite einen auszuladenden Wagen wieder mitnehmen u auf das zweite Gleis am Ufer abstellen. Das gleichzeitig Be- und Entladen kann mit wenig Leuten an einem Arbeit tag vorgenommen werden. („Engineering News-Record 5. September 1929 S. 368*) [N 3607 b] *Sd.*

## Neue amerikanische Flugmotoren

Auf der Luftfahrt-Ausstellung, die vom 24. bis 31. Augu ds. Js. in Cleveland veranstaltet wurde, wurden die neue Flugmotoren der General Motors Corporation zum erstenm gezeigt. Die General Air Motors Co., Scranton, Pa., führ einen Fünfzylinder-Sternmotor mit Luftkühlung und 144 P bei 1750 U/min vor, der z. Z. der Baumusterprüfung des D partment of Commerce unterzogen wird. Der Motor h Zylinder aus Schmiedestahl, in deren Boden je zwei Einla ventile und ein Auspuffventil sitzen. Die Zylinder hab gegossene Köpfe aus der Leichtlegierung Bohnalite, die dr getrennte Rohrstützen für die drei Ventile tragen und mi tels geschmiedeter Stahlklammern derart befestigt sind, da ihre Wärmedehnungen nicht behindert werden. Ein u laufender Verteiler mit fünf Öffnungen versorgt die Ansau leitungen, die sich erst vor den Zylindern gabeln, mit G misch. Die Dayton Airplane Engine Co. stellte ferner ein Achtzylindermotor von 225 PS mit zwei waagerechten, ei ander gegenüberliegenden Zylinderreihen mit Luftkühlu aus, der sich namentlich für den Einbau in das Innere d Flügel von Mehrmotoren-Flugzeugen eignen soll. („Aut motive Industries" 7. September 1929 S. 336/38*) [N 3607 c] *H.*

## Kühlwasserversorgung eines Dampfkraftwerkes

Das Kraftwerk Rouge River der Ford Motor Co. mit vi Turbodynamos für je 30 000 kW, zwei für je 12 500 kW u drei Hilfsturbinen brauchte bisher 20,5 m³/s Kühlwasser f Kondensationszwecke. Zusammen mit den Stahl- und Gla werken betrug der Wasserbedarf 25,4 m³/s. Da jedoch d Rouge River im Mittel nur 5,65 m³/s führt, war die Deckun des Bedarfes nur durch Umkehr der Strömung im Fluß zw schen Auslaß- und Einlaßstelle möglich. Da der Absta verhältnismäßig kurz ist, stieg die Wassertemperatur Sommer bis zu 35,5 °.

Als infolge des steigenden Kraftbedarfs die zwei kleinen rbodynamos durch zwei solche für je 110 000 kW ersetzt rden sollten, wodurch der voraussichtliche Wasserbedarf t Berücksichtigung der Spitzen auf 31,5 m³/s stieg, beloß man, das Kühlwasser mit natürlichem Gefälle durch ien neuen Stollen dem etwa 3,6 km entfernten Detroit ver zu entnehmen und das warme Wasser mittels der vorndenen Stollen in den Rouge River zu leiten. Hierdurch rd man Kühlwasser von höchstens 21,5 ° erhalten. Der ollen ist zur Zeit im Bau und wird bei 4,5 m Innendurchsser 12 m unter der Erde liegen. („Power" 17. September 29 S. 449*) [N 3607 d] *Le.*

### Propellerturbine für ein Kraftwerk in Schweden

Den Fluß Dal in Schweden nutzt man an vier Stellen Wasserkraft aus. Die Kraftanlage bei Forshuvudforsen, 1922 fertiggestellt war, hat jetzt eine neue Propellerbine erhalten, die einen bemerkenswerten Vergleich mit zwei vorhandenen Francisturbinen ermöglicht. Beim des Krafthauses hatte man Platz für drei Maschinenze vorgesehen, aber nur zwei Francisturbinen eingebaut. ese beiden Turbinen leisten je 7700 PS bei 10,3 m Gefälle d 83 U/min; die neue Turbine, die die vorhandenen Saugtungen benutzt, leistet 10 200 PS bei gleichem Gefäll und U/min. Sie hat den gleichen Läuferdurchmesser (4240 mm) e die alten Turbinen, aber statt 13 und 14 Schaufeln nur schaufeln. Diese Schaufeln sind einzeln gegossen und mit Läufernabe fest verschraubt; der ganze Läufer besteht s Stahlguß.

Die übrige Anordnung entspricht im wesentlichen der en Ausführung. Der Leitring hat 28 Leitschaufeln aus hlguß mit Kugellagern, die Leitspindeln sind mit den itschaufeln aus einem Stück gegossen. Die mehrfach geteilte gußeiserne Deckplatte liegt tiefer als bei den Francisturbinen. Auf diese Weise hat man das Gewicht und die benetzte Oberfläche des Läufers und die Belastung des Drucklagers vermindert. Unmittelbar über der Turbine liegt der Stromerzeuger von 11 000 V und darüber das Drucklager, dessen Belastung 250 t beträgt. Das Lager wird aus einer von der Hauptwelle angetriebenen Ölpumpe versorgt. Die Regelung der Anlage betätigt ein Servomotor. Genaue Untersuchungen haben ergeben, daß der günstigste Wirkungsgrad der Francisturbinen 85 vH beträgt, der der neuen Turbine 92 vH. („Engineering" 20. September 1929 S. 375*) [N 3607 e] *Bl.*

### Meßgeräte im Bürohaus

Im Geschäftshochhaus der Equitable Insurance Society, New York, hat man für die gesamte Kraft- und Wärmewirtschaft, die Gas- und Wasserversorgung 468 Meßgeräte eingebaut, deren Angaben täglich in Vordrucke eingetragen werden. Die Tagesergebnisse werden monatlich ausgewertet. Man hat durch diese Maßnahme wesentliche Ersparnisse erzielt, so daß sich der Einbau der umfangreichen Meßeinrichtung gelohnt hat. („Power" 17. September 1929 S. 438*) [N 3607 g] *Pa.*

### Prüfeinrichtung für Schweißnähte

Nach dem elektrischen Verfahren von *Sperry* zum Aufsuchen von Fehlstellen in Schienen[1]) (20 000 Schienen werden täglich so untersucht), prüft man in Amerika auch Schweißnähte, ohne das Werkstück zerstören zu müssen. Bei autogen und elektrisch geschweißten Teilen für Gebäude und Maschinen hat man in Wänden bis zu 100 mm Dicke Fehlstellen der Schweißnähte beobachten können. („Power" 17. September 1929 S. 464*) [N 3607 h] *Gw.*

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 685.

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**ller-Pouillets Lehrbuch der Physik.** 11. Aufl. Herausgeg. von *A. Eucken, O. Lummer* und *E. Waetzmann*. . Bd., 1. bis 3. T. Unter Mitwirkung zahlreicher Mitrbeiter herausgeg. von *Erich Waetzmann*. Braunschweig 929, Friedrich Vieweg & Sohn. 1. T.: Mechanik punktörmiger Massen und starrer Körper. 860 S. m. 673 Abb. . T.: Elastizität und Mechanik der Flüssigkeiten und ase. 410 S. m. 398 Abb., Preis zus. 82 *RM*. 3. T.: kustik. 484 S. m. 393 Abb., Preis 32 *RM*.

Von Jahr zu Jahr haben sich Physik und Technik iner inniger miteinander verknüpft. Das kommt in den len Forschungsstätten und vor allem darin zum Ausck, daß sich der Ingenieur in der neueren Zeit auf len Gebieten betätigen muß, die auch zur Physik gehen; z. B. bildet die Meßtechnik eine wesentliche Grundlse der Normung; Festigkeitslehre und Werkstoffkunde, Wrme- und Strömungsforschung, Reibung und Schwingsgserscheinungen sind heute für den Ingenieur sehr wichtig. Die Akustik, die früher auch bei Physikern z. T. stfmütterlich behandelt wurde, wird heute von ihnen auf Anregungen aus der Technik hin stärker beachtet.

Auf all diesen Gebieten sehen wir Ingenieure neben Psikern an der Arbeit. Bekannte physikalische Handbücher nehmen heute auch im Titel auf die Technik Bezug. Dch diese gegenseitige Anregung und durch die auf die Nzanwendungen gerichtete Forschung ist in letzter Zeit vi Neues entstanden, so daß umfassende Hand- und Lrbücher der Physik in immer kürzer werdenden Zeitabständen neu bearbeitet werden müssen.

Dieser Zwang lag auch bei dem wegen seines allgemnverständlichen Inhaltes geschätzten Lehrbuches von *ller-Pouillet* vor, dessen 10. Auflage vor mehr als einem Jrzehnt erschienen war. Die neue 11. Auflage[1]) soll die gze Physik behandeln; allein für die Bearbeitung des I. Bandes wurden 16 Fachleute gewonnen. Bei der Unmglichkeit, diese Arbeiten einzeln in einer kurzen Bsprechung zu würdigen, soll die folgende kurze Inhaltsübersicht ungefähr ein Bild von der Fülle des Stoffes geben.

Der erste Teil gliedert sich in eine Einleitung und vi Hauptabschnitte, wovon der zweite noch in den zweite Teil übergreift. In der Einleitung kennzeichnet *Mie* die Physik u. a. als die Lehre der klaren Begriffe; rzibt Beispiele für die Begriffsbildung und führt den Ler gleichzeitig zu den Problemen, die heute die Physir beschäftigen. Es folgen die allgemeinen Grundlagen, „Maß und Messen" (*G. Berndt*), „System der physikalischen Formeln, Maßsysteme und Dimensionen" (*H. Diesselhorst*) und „Newtonsche Axiome" (*E. Madelung* und *W. Thomas*). Der zweite Abschnitt behandelt die Mechanik der festen Körper in vielen Unterabschnitten, die Mechanik punktförmiger Massen (*Diesselhorst*), die Mechanik starrer Körper (*W. Hort*) sowie die Kreisellehre (*M. Schuler*).

Der zweite Teil bringt die Mechanik nichtstarrer Körper (*Th. Pöschel*), die der Ingenieur in der Festigkeitslehre und im Materialprüfwesen braucht, eine kurze Behandlung der Reibung fester Körper (*Th. Pöschel*) und eine heute besonders wichtige atomistische Betrachtung über den mechanischen Aufbau der festen Körper (*P. P. Ewald*).

Es folgen die Mechanik des flüssigen und gasförmigen Körpers (*L. Prandtl*) und die Verfahren zur Bestimmung des spezifischen Gewichts und der Dichte bei verschiedenen Aggregatzuständen mit Sonderausführungen von Luftpumpen und Geräten für die Druckmessung (*H. Senftleben*).

Der dritte Teil behandelt Akustik mit besonderen Abschnitten über Schallaufnahme und Klanganalyse, Schallwiedergabe durch Lautsprecher, Schallstärke und Schallausbreitung (Raum- und Bauakustik).

Wegen seiner Reichhaltigkeit wird das Werk bei allen Anerkennung finden, die auf allgemeinverständlich gehaltene Darstellungen besondern Wert legen.

[E 3507] *W. Schmidt*

**Aluminium-Kokillenguß.** Von *H. Obermüller*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 84 S. m. 40 Abb. Preis 4 *RM*.

Das Buch gibt eine gute Übersicht über alle Fragen, die mit dem Kokillenguß (besonders in Al) zusammenhängen. Recht ausführlich sind die Legierungsfragen bearbeitet, wobei der Gefügeaufbau und auch die physikalischen und technischen Eigenschaften (mit reichem Literaturnachweis) eingehend behandelt sind. Mit Recht ist hierbei näher auf die bei uns noch zu wenig beachteten vergütbaren Gußlegierungen eingegangen.

Im Anschluß daran wird die Herstellung der Legierungen behandelt (die sehr fragwürdige Desoxydation mittels Zinkchlorids wäre besser unerwähnt geblieben). Den weiteren Inhalt des Buches bilden die Ausführung der Kokillen und das Gießverfahren, wobei auch die Wirtschaftlichkeit erörtert wird. Im ganzen bietet das Buch für den Hersteller und für den Verbraucher wertvolle Unterlagen und wird zur weiteren Verbreitung dieses wichtigen Zweiges der Gießtechnik beitragen. [E 3535]

*Kaufmann.*

[1]) Vergl. auch Z. Bd. 73 (1929) Nr. 5 S. 175 und Z. Bd. 72 (1928) S. 1067.

**Der Wasserbau.** Von *Johannes Hentze*. 4. Aufl. Leipzig 1929, Ludwig Degener. 175 S. m. 401 Abb. Preis 9 *RM*.

Das Erscheinen der vierten Auflage beweist die Güte und Notwendigkeit dieses kleinen Kompendiums des gesamten Wasserbaues. Außer den Grundlagen (Entstehung der Gewässer, Hydrometrie, Wasserstandzahlen, Gefälle, Geschiebe, Eis usw.), Baggerarbeiten, Maschinenbau, Flußregelung, Hochwasserschutz, Binnenhäfen, auch zwei Seiten über Rechtsverhältnisse und Schiffahrtspolizei-Vorschriften werden Wehre und, zum erstenmal in dieser Auflage, Wasserkraftanlagen behandelt; ferner Schleusen, Deiche, Kanalisierungen und Kanäle, Seehäfen und schließlich Meliorationswesen. Neben den guten alten Dingen sind einige ganz neue Erscheinungsformen wie Zahnschwelle, Schleusen mit kurzen Umläufen, moderne Eisenwasserbauten u. ä. erwähnt.

Das Büchlein wendet sich vor allem an Praktiker ohne höhere technische Schulbildung, etwa an Strommeister, ältere Baustellentechniker, vorzüglich aber auch an Beamte, die von Haus aus nicht Wasserbauer sind. Es eignet sich gut zum Selbststudium. Es ist alles sehr kurz, aber gut behandelt; zur Vermittlung genauerer Kenntnis reicht es nicht aus. [E 3504] Dr. *Eisner*.

**Handbuch für deutsche Binnenschiffahrt 1929/30.** Herausgeg. von *E. Schreiber*. Hamburg 1929, Meißner & Christiansen. 316 S. Preis 8 *RM*.

Das in erster Auflage erschienene Handbuch entspricht einem langjährigen Bedürfnis aller an der deutschen Binnenschiffahrt beteiligten Kreise. Das Werk, in sieben Teile gegliedert, enthält umfangreiche Angaben über das Wasserstraßennetz Deutschlands und die Pläne zu dessen Ausbau, über Entwicklung und Größe des Verkehrs und der Binnenflotte, über Gesetze, Verordnungen, Schiffahrtsabgaben und Lohntarife, Behörden und Organisationen, sofern sie für die Binnenschiffahrt in Betracht kommen, sowie ein Verzeichnis der deutschen Binnenreedereien. Ein Bezugsquellennachweis für die Binnenschiffahrt vervollständigt das Handbuch. [E 3523] *Brühl*

**Kraftfahrzeugunfälle und Kraftfahrzeugrecht.** Von *K. Volkmann*. Berlin 1929, R. C. Schmidt & Co. 288 S. m. 32 Abb. Preis 9 *RM*.

Man mag über den Wert der Statistik auf dem Gebiete der Kraftfahrzeug-Unfälle wegen der Unsicherheit der Feststellung ihrer Ursachen denken wie man will; besser als das Nichts, dem wir heute im Gegensatz zu andern Ländern in Deutschland gegenüberstehen, ist sie immer noch. Es wäre daher schon ein Erfolg, wenn die vorliegende gründliche Bearbeitung ausländischer Statistiken von Kraftfahrzeug-Unfällen die Wirkung hätte, daß auch bei uns das Statistische Reichsamt wieder die Zählung der Kraftfahrzeug-Unfälle einführen würde.

Über diese kritische Würdigung der Statistiken hinaus prüft der Verfasser eingehend, wie weit durch die behördlichen oder gesetzlichen Vorschriften über das Fahrzeug, den Führer und sein Verhalten bei der Fahrt den Unfallgefahren im Kraftverkehr bei uns bereits vorgebeugt wird. Sein kritischer Vergleich unsrer Regeln mit den entsprechenden Regeln andrer Länder dürfte manche Anregung enthalten, ungeeignete Vorschriften bei uns zu beseitigen. Natürlich wird hierbei auch das Schmerzenskind der heutigen Verkehrsregelung, das Recht der Vorfahrt an Straßenkreuzungen, gewürdigt, für das man noch kein wirkliches Heilmittel gefunden hat.

Man wird dem Verfasser beipflichten, wenn er am Schluß seiner fleißigen Arbeit darauf hinweist, daß die Zahl und Schwere der Kraftfahrzeug-Unfälle schon heute die auf andern Gebieten überragt, also tatkräftiges Vorgehen zum Mindern dieser täglich zunehmenden Gefahr zu den wichtigsten Aufgaben der heutigen Politik gehört. [E 3509] Dr. *Heller*

**Braunbecks Adreßbuch der Motorfahrzeug- und verwandten Industrie.** Begründet von *Gustav Braunbeck*. Berlin 192 Selbstverlag. 1118 S. Preis 25 *RM*.

Den Hauptteil des Buches bilden nach Ortsnamen und nach sachlichen Gebieten gegliederte, sehr erschöpfende Übersichten der einschlägigen geschäftlichen Unternehmungen, als die auch solche aus dem Motorboot- und Flugwesen anzusehen sind. Diese Übersichten erstrecken sich auch auf das Ausland. Daneben enthält das Buch Sonderverzeichnisse, die für manche Zwecke sehr wertvoll sein können, z. B. über Verbände für Automobilismus, Motorradwesen, Motorbootwesen und Luftfahrt, einschlägige amtliche Stellen einschließlich Handelskammern des In- und Auslandes, Verzeichnisse von Lehranstalten, Rechtsanwälten, Sachverständigen, Fachzeitschriften, geschützten Warenzeichen usw. In den langen Jahren seines Bestehens hat sich das Werk als sehr brauchbar erwiesen. [E 3510] *H.*

**Einführung in die Wellenmechanik.** Von *J. Frenkel*. Berlin 1929, Julius Springer. 317 S. m. 10 Abb. Preis 27,60 *RM*.

**Aufgaben aus dem Wasserbau.** Von *Otto Streck*. 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 362 S. m. 133 Abb. Preis 12 *RM*.

Siemens-Handbücher, 15. Bd.: **Elektrische Bahnen.** Bearb. von *O. Höring*. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 515 S. m. 502 Abb. Preis 15 *RM*.

**Warmwasser,** Erzeugung und Verteilung. Von *Wilhelm Heepke*. 3. Aufl. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 565 S. m. 427 Abb. Preis 28 *RM*.

Wirtschaftlicher Vertrieb, 3. H.: **Studien zur Marktanalyse.** Von *Hans J. Schneider*. Berlin 1929, VDI-Verlag. 52 S. m. 20 Abb. Preis 6 *RM*.

**Zwölf Jahre Ruhrbergbau.** 3. Bd.: Der Ruhrkampf 19 bis 1925 in seinen Leitlinien. Von *Hans Spethmann*. Berlin 1929, Reimar Hobbing. 422 S. m. Abb. Preis 8 *R*

**Der Kampf um und gegen das russische Erdöl.** Von *W helm Mautner*. Wien und Leipzig 1929, Manzsche Verlag und Universitäts-Buchhandlung. 261 S. Preis 7,50 *RM*.

Sammlung Göschen, 1010. Bd.: **Radiotechnik,** 6. Bd. V. *F. Liebitz*. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 125 S. m. 26 Abb. Preis 1,50 *RM*.

## *Berichtigung*

### Widerstandfähigkeit von Eisenbetonbalken

In der Abhandlung von *O. Graf* in Z. Bd. 73 (192 Nr. 35 muß es in Abb. 20 S. 1247 richtig heißen „Schu sicherung" statt „Schubführung". Die Unterschrift Abb. 20 lautet richtig: „Einfluß der Festigkeit des Beto auf die Widerstandfähigkeit von Balken nach Abb. und 12. [N 3610]

**Schluß des Textteiles**

*INHALT:*


| | Seite |
|---|---|
| Ein neuer Schuppenspeicher für Stückgut im Seehafen Stettin. Von *G. Fabricius* und *H. Schulze* | 1453 |
| Optisches Pyrometer für die Eisenindustrie | 1460 |
| Über Glätte und Ebenheit als physikalisches und physiologisches Problem. Von *G. Schmaltz* | 1461 |
| Einfluß der Verunreinigungen im Sauerstoff und im Azetylen auf das Schweißen. Von *W. Rimarski* | 1467 |
| Ermittlung der Gegenflanke bei gegebenem Zahnprofil. Von *F. Rötscher* | 1469 |
| Die Reibungskräfte heißlaufender Pleuellager (Zuschrift) | 1471 |
| Versuche an einer 14 000 kW-Entnahmeturbine. Von *H. Baer* | 1472 |
| Heiß- oder Sattdampf für Heizanlagen | 1474 |
| Verwertung von Zellpech in Staubfeuerungen (Zuschrift) | 1474 |
| Die Wärmeabgabe eines waagrecht liegenden Drahtes oder Rohres in Flüssigkeiten und Gasen. Von *W. Nußelt* | 1475 |
| Die Dampfkesselexplosionen im Deutschen Reich im Jahre 1928 | 14 |
| Versuche an verschweißten Eisenbahngleisen | 14 |
| Die Büroschreibmaschine. Von *R. Berger* | 14 |
| Rundschau: Apparate für 220 kV — Elektro-Doppelwinde — Mechanische Schwingungen — Einfluß der Stichabnahme und der Glühtemperatur auf kaltgewalzte Feinbleche — Kleine Mitteilungen | 14 |
| Bücherschau: Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik. Von *A. Eucken, O. Lummer* und *E. Waetzmann* — Aluminium-Kokillenguß. Von *H. Obermüller* — Der Wasserbau. Von *J. Hentze* — Handbuch für deutsche Binnenschiffahrt 1929/30. Von *E. Schreiber* — Kraftfahrzeugunfälle und Kraftfahrzeugrecht. Von *K. Volkmann* — Braunbecks Adreßbuch der Motorfahrzeug- und verwandten Industrie. Von *G. Braunbeck* — Eingänge | 14 |
| Berichtigung: Widerstandfähigkeit von Eisenbetonbalken | 14 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
Bd. 73 SONNABEND, 19. OKTOBER 1929 Nr. 42

# Druckluft als Antriebmittel in Steinkohlenbergwerken

*Von Professor Dr.-Ing. A. GRUMBRECHT, Clausthal*

***Die neuere Entwicklung und der gegenwärtige Stand des Druckluftbetriebes in deutschen Steinkohlengruben. Nach einer Behandlung der Maschinen für Drucklufterzeugung sowie der Druckluftleitungen und -armaturen folgt eine Kritik der verschiedenen Arten der Druckluftmotoren. Die Kleinarbeitsmaschinen werden dann in der nach bergmännischen Arbeiten gewählten Reihenfolge besprochen: Gewinnung (Abbauhämmer, Bohrhämmer, Drehbohrmaschinen, Schrämmaschinen und Kohlenschneider), Förderung (Rutschen, Haspel), Versatz, Wetterführung und Wasserhaltung.***

Das planmäßige Streben nach weitgehender Verbesserung der Arbeitsverhältnisse in sämtlichen Industriezweigen hat — besonders in der Nachkriegzeit — auch eine großzügige Rationalisierung und Mechanisierung im Grubenbetriebe der deutschen Steinkohlenbergwerke zur Folge gehabt.

Für die dabei verwendeten zahlreichen Maschinenarten wird in den weitaus meisten Fällen die Druckluft als Antriebmittel benutzt, da die Elektrizität die auf sie gesetzten Erwartungen bisher nicht in vollem Maße zu erfüllen vermochte und andre Antriebarten praktisch nicht in Frage kommen.

Vor allem werden die sogenannten Kleinarbeitsmaschinen, denen, abgesehen von den Maschinen in der Großwasserhaltung und Hauptstreckenförderung sämtliche Untertagemaschinen zugerechnet werden, ganz überwiegend mittels Druckluft betrieben. So waren im Anfange des Jahres 1928 mehr als 150 000 Druckluft-Kleinarbeitsmaschinen im deutschen Steinkohlenbergbau vorhanden, während die Zahl der elektrisch betriebenen Maschinen nicht einmal 3000 erreichte.

Als wesentlichster Mangel des Druckluftbetriebes ist ein sehr geringer Gesamtwirkungsgrad anzusehen. Er wird vor allem durch den schlechten thermodynamischen Wirkungsgrad gedrückt, der neben dem mechanischen Wirkungsgrad für die Wirtschaftlichkeit eine wesentliche Rolle spielt. Dazu kommen die Verluste an teurer Druckluft durch Reibung und Undichtigkeiten sowie der sehr geringe Ausnutzungsgrad der Maschinen, die meist nur einen Bruchteil der gesamten Schichtzeit beansprucht werden.

Dagegen müssen als sehr beachtliche Vorzüge des Druckluftbetriebes, besonders gegenüber dem elektrischen Betriebe, gelten: geringe Anlage- und Unterhaltungskosten, große Widerstandfähigkeit der Druckluft-Kleinarbeitsmaschinen, unbedingte Schlagwettersicherheit und günstige Beeinflussung der Wetterführung.

Die Hinweise auf die Mängel des Druckluftbetriebes zeigen zugleich die Wege, die man gegangen ist, um seine Wirtschaftlichkeit zu verbessern.

### Drucklufterzeugung

Zur Erzeugung von Druckluft werden je nach dem gewollten Zweck Niederdruck- oder Hochdruckkompressoren verwendet, von denen im beschränkten Rahmen dieses Aufsatzes nur die ersteren betrachtet werden können.

Den von *Wedding* herausgegebenen Fachausschußberichten des Vereins für die bergbaulichen Interessen, Essen, über den Stand der mechanischen Kohlengewinnung im Ruhrbezirk[1]) ist zu entnehmen, daß bei der großen Mehrzahl der statistisch erfaßten Zechen ein Druck von 6 at hinter den Großkompressoren gebräuchlich ist. Dieser Druck ist als zweckmäßig erkannt worden unter Würdigung des Umstandes, daß mit steigendem Druck der Wirkungsgrad des Druckluftbetriebes abnimmt und gleichzeitig die Reibungs- und Undichtigkeitsverluste wachsen, während anderseits ein thermodynamisch günstiger niedrigerer Druck für den Grubenbetrieb unmögliche Abmessungen der Druckluftleitungen und -maschinen bedingen würde.

Nach Ermittlungen des Bergbauvereins stellen sich für den Ruhrbezirk die Kosten für 1 m³ angesogene Luft auf 0,36 ₰. Den obengenannten Fachausschußberichten ist zu entnehmen, daß im Jahre 1927 auf den rheinisch-westfälischen Steinkohlenbergwerken insgesamt 18,938 Milliarden m³ Luft angesogen worden sind, so daß sich für 1 t Förderung eine Belastung mit 172 m³ angesogene Luft (aL) ergibt. Im Jahre 1926 waren noch 186 m³ aL auf 1 t Kohle verbraucht worden, während 1913 noch mit etwa 300 m³ gerechnet werden konnte. Die erheblich günstigeren Werte, die einzelne Schachtanlagen mit nur 60 m³ aL/t Förderung angeben, erklären sich durch eine sehr sorgfältige Überwachung des Druckluftbetriebes, durch die Verwendung weiter Rohrleitungen, geringen Düsengebrauch bei der Sonderbewetterung, steile Flözstellung, elektrischer Betrieb usw.

Da auch die Undichtigkeits- und Reibungsverluste allgemein sehr eingeschränkt worden sind — sie beliefen sich für das Jahr 1927 im Ruhrbezirk auf genau 20 vH, während in früheren Jahren Verluste von 40 vH keine Seltenheit waren —, kann festgestellt werden, daß die Verbesserung der Druckluftwirtschaft nicht wesentlichen Vervollkommnungen der Erzeugungsanlagen für Druckluft, sondern vielmehr den Fortschritten und Verbesserungen an den Arbeitsmaschinen und der scharfen Überwachung des gesamten Druckluftbetriebes zu verdanken ist.

Zur Niederdruck-Lufterzeugung dienen zwei verschiedene Kompressorarten, die Kolben- und die Turbokompressoren. Die Kolbenkompressoren sind bis etwa 12 000 m³/h Ansaugleistung wirtschaftlicher als die Turbokompressoren und haben den Vorzug leichter Regelbarkeit. Bei Abdampfverwertung und höherer Leistung zeigt sich jedoch eine Überlegenheit der Turbokompressoren. Im allgemeinen wird Dampfantrieb bevorzugt, da elektrischer Antrieb für Großkompressoren nur bei sehr geringen Stromkosten zu empfehlen ist.

In der Entwicklung des Kompressorenbaues, die einer Reihe von Sonderfirmen zu verdanken ist, dürfte heute ein so hoher Stand erreicht worden sein, daß weitere wesentliche Fortschritte für eine absehbare Zeit nicht zu erwarten sind. Der isothermische Wirkungsgrad eines Kolbenkompressors kann mit rd. 72 vH angenommen werden, was einer Ansaugleistung von 10 m³/PSh bei 6 at

[1]) Vergl. a. „Glückauf" Bd. 64 (1928) Heft 22.

Druck entspricht, der Wirkungsgrad eines Turbokompressors liegt um etwa 5 vH niedriger. Eine Reihe von Verbesserungen an Großkompressoren sind bereits im Jahre 1924 von *Reiser*[2]) zusammengestellt worden. Bahnbrechende Neuerungen auf diesem Gebiet sind in den letzten Jahren nicht zu verzeichnen gewesen[2a]).

Besondre Aufmerksamkeit hat, wohl in Erwartung der zunehmenden Ausbreitung der Elektrizität im Grubenbetriebe, der Bau von Kleinkompressoren erfahren. Solche sind u. a. von den Firmen Flottmann, A.-G., Herne, und von der Demag, A.-G., Duisburg, in verschiedenster Ausführung und guter konstruktiver Durchbildung auf den Markt gebracht worden.

Bei den gleisfahrbaren Untertage-Elektrokompressoren der Firma Demag[3]) gilt neben der zweckmäßigen fahrbaren Anordnung die gedrängte Bauweise als besonderer Vorteil. Sie wird durch unmittelbare Kupplung des Kompressors mit dem Elektromotor erreicht und ist besonders bei Verwendung eines Drehkolbenkompressors für die Grubenverhältnisse geeignet. Sämtliche Teile des Elektrokompressors laufen in Rollen- oder Kugellagern. Zentrale selbsttätige Schmierung und sorgfältige Luftfilterung, für die ölbenetzte Metallfilter sehr gebräuchlich sind, gewährleisten einen einwandfreien Betrieb. Zur Erzeugung von 6 at bei 480 m³/h Ansaugleistung braucht z. B. ein gängiges Baumuster des Demag-Kompressors einen Antriebmotor von 56 PS Leistung.

*Maercks*[4]) hat bemerkenswerte Ergebnisse von Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Kompressoren mit schwingendem und umlaufendem Kolben veröffentlicht, die Zahlentafel 1 zeigt.

**Zahlentafel 1**
Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen an Kompressoren

| Bauart | Saugluftleistung m³/kWh | Kühlwasser l/m³ | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Umlaufkompressor ..... | 14,7 | 2,6 | Einstufig auf |
| Kolbenkompressor ..... | 14,4 | 1,7 | 3 at |
| Umlaufkompressor ..... | 10,0 | 4,6 | Zweistufig |
| Kolbenkompressor ..... | 12,0 | 2,5 | auf 6 at |

Die Zahlen lassen erkennen, daß der Kompressor mit hin- und hergehendem Kolben dem Drehkolbenkompressor, zumal bei höherem Druck, überlegen ist, was vor allem durch Verminderung der Reibung des umlaufenden Kolbens noch abgestellt werden könnte. Besondere betriebliche Anforderungen, wie sie z. B. für den gedrängten Bau von fahrbaren Kompressoren vorliegen, veranlassen dennoch oft die Wahl eines Umlaufkompressors.

Die Firma Flottmann, A.-G., baut neuerdings zweistufige einzylindrige Zwillingskompressoren mit drei Druckräumen für Riemen- oder unmittelbaren elektrischen Antrieb, Baumuster MGz und MGzv, die bis zu 5000 m³/h Luftansaugleistung bei einem Kraftbedarf von rd. 500 PS für 6 at geliefert werden. Zum unmittelbaren Antrieb der Baumuster MG werden Elektromotoren mit hoher Drehzahl verwendet, bei denen im Motorgehäuse ein Zahnradgetriebe eingebaut ist (sog. Getriebemotoren). Nähere Ausführungen über die Drucklufterzeugung vor Ort werden demnächst an dieser Stelle folgen.

Sämtliche Kompressorbaufirmen legen bei mehrstufiger Kompression großen Wert auf eine weitgehende Zwischenkühlung. Da man den Vorteil der Zwischenkühlung allgemein erkannt hat, werden heute — auch bei nicht sehr hohen Drücken — mehrstufige Kompressoren bevorzugt. Übereinstimmend geben z. B. die Firmen Flottmann und Frölich & Klüpfel an, daß sich je nach Druckhöhe 12 bis 15 vH bei zweistufigen Kompressoren im Gegensatz zu einstufigen ersparen lassen.

Bei Einführung des Blasversatzverfahrens auf der Zeche Monopol wurde ein stehender Kolbenkompressor von 8000 m³/h angesogener Luftmenge für einen Überdruck von 0,5 at im Mittel bei einem Kraftbedarf von 200 PS regelwidrig unter Tage aufgestellt, ohne daß die früher allgemein gehegte Befürchtung eintrat, daß ein Luftentnahme aus dem Frischwetter-Hauptstrom der Grube Störungen in der Wetterführung zur Folge haben würde. Später hat sogar ein Gebläse von 12 000 m³ Luftansaugung Aufstellung gefunden[5]).

### Druckluftleitungen und -armaturen

Erheblichen Anteil an den überaus hohen Drucklustverlusten der früheren Jahre hatten die Verluste durch Undichtigkeiten an den häufig zu gering bemessenen Druckluftleitungen oder falsch und unzweckmäßig gewählten Armaturen. Eine planmäßige Überwachung und sorgfältige Abstellung von Fehlern ist bei einem Luftleitungsnetz von mehr als 50 km Länge, wie es einzelne Schachtanlagen aufweisen, zwingende Notwendigkeit.

Bemerkenswerte Untersuchungen, die man neuerdings angestellt hat[6]), haben gezeigt, daß die Undichtigkeitsverluste während des Betriebes viel geringer sind als bei Dichtigkeitsprüfungen, die an nicht angezapften, unter Druck stehenden Leitungen vorgenommen wurden. Gleichzeitig wurde auch festgestellt, daß mit wachsender Geschwindigkeit des Luftstromes eine auffällige Abnahme der Undichtigkeitsverluste eintrat. Diese Erkenntnis erschwert noch mehr die günstigste Bemessung von Druckluftleitungen, da anderseits natürlich bei größeren Luftgeschwindigkeiten stärkere Reibungen auftreten.

Bei der Verlegung von Druckluftleitungen wird heute größter Wert auf die ausschließliche Verwendung bester Werkstoffes gelegt. Zur Erhöhung der Lebensdauer von Druckluftleitungen ist oft das Verzinken empfehlenswert. Die Rohrverbindungen werden möglichst weitgehend geschweißt, da nur dann eine praktisch vollkommene Dichtung gewährleistet ist. Druckluftschläuche werden möglichst kurz gewählt und Längen von mehr als 12 m vermieden. Da Ventile einen erheblich größeren Druckverlust als Schieber haben, müssen diese weitgehend benutzt werden.

Bei der möglichst auszunutzenden, arbeitleistenden Expansion, die aus wirtschaftlichen Gründen gefordert werden muß, ist jeder überschüssige Wassergehalt der Druckluft wegen Vereisungsgefahr der Maschinen außerordentlich schädlich. Deshalb ist eine vollständige Abscheidung des Wassers vor den Arbeitstellen von großer Bedeutung. Von den neuzeitlichen Abscheidern, die teils mit, teils ohne Selbstentleerung arbeiten, sei hier der Druckluft-Wasserabscheider mit Wasserableitautomat kurz beschrieben, den die Firma Karl Pflüger, Sodingen, kürzlich in den Handel gebracht hat[7]). Die eintretende Druckluft prallt auf eine Platte, wodurch die mitgeführten Tropfen und Nebel von Wasser und niedergeschlagen werden. Das gesamte Kondensat wird in Rinnen aufgefangen und fließt dem Automaten zu. Die Druckluft kommt mit den Niederschlägen nicht mehr in Berührung, durchstreicht aber weiter ein Sieb, um etwa noch mitgerissene Feuchtigkeit abzuscheiden. Der selbsttätige Wasserableiter besteht aus einer Drehtrommel mit drei Leerkammern, während die vierte mit Gußgewicht gefüllt ist. Das Wasser fließt zunächst in die Kammer 1 und dann in Kammer 2, wodurch die Trommel zum Kippen kommt. Der Automat stellt sich auf Grund seiner Konstruktion nun so ein, daß die Austrittöffnung immer unterhalb des Wasserspiegels liegt, wodurch ein Entweichen von Druckluft verhindert wird. Eine Reihe von günstigen Versuchsergebnissen mit diesem Wasserabscheider liegt vor.

### Druckluftverwendung unter Tage

#### Allgemeines über Druckluftmotoren

Je nach dem Verwendungszweck der Motoren und dem technischen Betriebstande einer Grube findet man heute auf den Schachtanlagen unserer Steinkohlenbergwerke mannigfache Arten von Druckluftmotoren: Einfache Motoren mit hin- und hergehendem Kolben und

[2]) Vergl. Z. Bd. 68 (1924) S. 653.
[2a]) S. a. „Fördertechn. u. Frachtverkehr" Bd. 22 (1929) S. 217.
[3]) „Der Bergbau" Bd. 40 (1927) S. 553.
[4]) „Fördertechnik und Frachtverkehr" Bd. 21 (1928) S. 179.
[5]) „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 429.
[6]) *Fleischer*, „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 122.
[7]) „Der Bergbau" Bd. 42 (1929) S. 73.

rbelantrieb, schnellaufende Blockmotoren, Drehbenmotoren, Pfeil- und Stirnradmotoren. Dazu kom- noch die Rutschenantriebe sowie Antriebe für ende Bohrmaschinen, Bohr- und Abbauhämmer.

Besonderer Wert wird heute beim Druckluftmotoren- darauf gelegt, daß eine möglichst kleine Füllung des ors für eine Expansion der Druckluft bis auf den rendruck genügt. So kann unter besonders günstigen rhältnissen eine Ausnutzung bis zu 70 vH erreicht den.

Bei den Motoren älterer Bauweise werden Steuerun- mittels Kulissen oder Wechselschieber angewendet; Kulissensteuerungen sind verwickelter, wirken aber ser als Wechselschiebersteuerungen. Die schnellauden Blockmotoren mit vom Kolben gesteuerten Aus-, von denen man sich zunächst viel versprach, haben nicht allgemein durchzusetzen vermocht, obgleich zahlhe Firmen den Bau betreiben.

Für bestimmte Zwecke haben sich die Drehkolbenoren bewährt, als deren Vorzug in erster Linie der tfall der Steuerventile, die sehr empfindlich sind, zu nen ist. Sie nutzen, ebenso wie die Maschinen mit wingendem Kolben, den statischen Druck der Druck- bei der Arbeit aus. Die umlaufende Bewegung kann ihnen ohne besondre Übertragungsmittel erfolgen. r Drehkolbenmotor[8]) besteht in seiner Grundform dem Gehäuse, den beiden Gehäusedeckeln und der bentrommel mit radialbeweglichen Kolbenlamellen, in der runden Gehäusebohrung exzentrisch gelagert Bei der einfachen Ausführung sind die in den litzen der Kolbentrommel befindlichen Kolbenlamellen e zwangläufige Führung radial frei beweglich. Sie ügt für durchlaufende Arbeitsmaschinen mit gleichiger Belastung und gleichbleibender Umlaufzahl. schwierigeren Arbeitsbedingungen, z. B. beim An- en unter hoher Last, werden die Kolbenlamellen ngläufig geführt, wodurch ein dauerndes dichtes An- en an der Wandung der Gehäusebohrung erreicht d. Der Apparatebauanstalt Axmann sind z. B. für isen Zweck konstruierte Druckstifte geschützt, die schen zwei gegenüberliegende Kolbenlamellen eingt werden und sich entsprechend der Abnutzung sttätig nachstellen. Die Schmierung, die bei den Drehoenmotoren von größter Bedeutung ist, erfolgt z. B. ch Boschöler in zuverlässiger und sparsamer Weise.

Bei Motoren größerer Leistung werden Verbrauchste von rd. 35 m³ aL/PSh angegeben. Drehkolbenoren laufen gewöhnlich nur in einem Drehsinne, ei weitgehende Entspannung entsprechend der Aus- ung der Gehäusebohrung möglich ist (z. B. sog. leuderkolbenmotoren mit elliptischer Abwälzbahn). Bei ner Füllung ist auch leicht eine Umsteuerbarkeit zu beikstelligen; will man jedoch auch dann mit Expansion iten, so kann die Füllung, z. B. unter Verwendung s Ringschiebers, verschieden groß eingestellt wer- Der Steuerhebel muß dann je nach Bedarf umgelegt den.

Ganz besondere Bedeutung scheinen in jüngster Zeit Zahnradmotoren zu gewinnen. Man unterscheidet je n der Art der Verzahnung zwei Bauweisen, Motoren i Stirnradverzahnung und solche mit Pfeilradverzahng. Da über die zuletzt genannte Motorenart hier erst izlich eine Abhandlung von *Ewalds*[9]) erschienen ist, rrigt sich eine genaue Beschreibung. Da die Stirnmotoren den Pfeilradmotoren zudem grundsätzlich hlich sind, soll hier in erster Linie ein Vergleich der en Bauarten unter besonderer Berücksichtigung ihrer rendbarkeit und Wirtschaftlichkeit vorgenommen den.

Abb. 1 und 2 zeigen die Arbeitsweise des Stirnrad- n Pfeilradmotors; die Luft tritt entsprechend der Pfeilung, jedoch von unten ein, was sich aber in der geilten Form zeichnerisch anschaulicher darstellen ließ. i Ähnlichkeit der beiden Motorbauarten ist unverkenn- a im äußeren Aufbau lassen sich Unterschiede wohl n feststellen. Jedoch bedingt die verschiedene Anord-

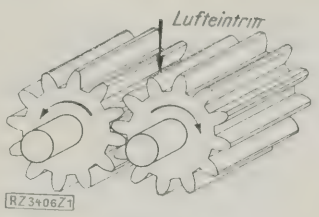



Abb. 1
Stirnräder des Stirnradmotors.

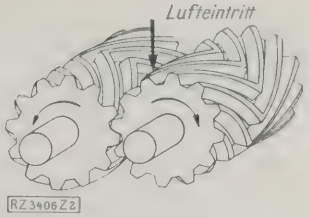



Abb. 2
Pfeilräderpaar des Pfeilradmotors.

nung der Verzahnung auf dem Räderpaar eine andre Ausnutzung der Druckluftenergie. Die Konstruktion des Stirnräderpaares hat zur notwendigen Folge, daß der Stirnradmotor nach dem Volldruckverfahren arbeitet, d. h. daß die wirtschaftliche Ausnutzung der Expansion nicht in Frage kommt. Beim Pfeilradmotor werden im Gegensatz dazu die Zahnlücken nicht sogleich in voller Länge mit Druckluft gefüllt, sondern erhalten, mit kleinem Hohlraum am zentralen Lufteintritt beginnend, erst allmählich auf die ganze Länge ihre Druckluftfüllung. So kommt es auch, daß beim Pfeilradmotor im Gegensatz zum Stirnradmotor die Kraftübertragung in ausgedehnterem Maße über die Drehkörper verteilt ist.

Die Erzeugung des gewünschten Drehmomentes fällt fort, wenn die Zahnlücke außer Eingriff ist, und die Druckluft dann durch die Auslaßöffnung des Motors entweicht. Bei den meisten Konstruktionen tritt die Luft auf der Unterseite ein und auf der Oberseite des Gehäuses aus.

*Strödter*[10]) gibt Untersuchungsergebnisse über Luftverbrauchs- und Leistungszahlen beider Motorarten bekannt. Die Nennleistung der geprüften Motoren betrug 18 PS bei 4 at. Der Pfeilradmotor erreichte die Leistung bei 2100 U/min, bei höheren Drehzahlen kam er sogar darüber hinaus. Der Stirnradmotor hatte bei etwa 1900 U/min seine höchste Leistung (17 PS) und fiel dann ab. Das Anzugmoment wird für den Pfeilradmotor günstiger als für Elektromotoren und Kolbenmaschinen angegeben. Überlegen dürfte ihm in dieser Beziehung jedoch der Stirnradmotor sein, wie ihn z. B. die Firma Düsterloh im Streben nach besonders großem Anzugmoment für die Haspelförderung konstruiert hat.

Die mit Expansion arbeitenden Pfeilradmotoren haben auf Grund theoretischer Rechnung bei rd. 45 vH Füllung und adiabatischer Dehnung einen Luftverbrauch (aL) von 22 m³/PSh. Da jedoch adiabatische Dehnung nicht angenommen werden kann, dürfte der Luftverbrauch nicht sehr wesentlich geringer als beim Stirnradmotor sein, der z. B. auf Grund objektiver Untersuchungen von *Neuhaus*[11]) für den Düsterloh-Motor im praktischen Betriebe mit rd. 36 m³/PSh aL festgestellt wurde.

Die Konstruktion der Verzahnung an den Drehkörpern läßt die Meinung aufkommen, daß Verluste an Druckluft, besonders durch Undichtigkeit, beim Stirnradmotor größer sein werden als beim Pfeilradmotor, was *Strödter* bestätigt. Beim Stirnradmotor ist eine gute Dichtung gegen die Gehäusewand an den Stirnseiten besonders schwierig, soll jedoch nach Angaben von *Düsterloh*[12]) beim Düsterloh-Stirnradmotor durchaus einwandfrei sein. Ein dichter Abschluß der Zahnlücken auf dem Zahnradumfang selbst ist natürlich bei beiden Motorarten von gleicher Bedeutung. Wirbelung und Strömung der Druckluft wirken sich angeblich beim Stirnradmotor nachteiliger als beim Motor mit Pfeilradverzahnung aus. Arbeit an der Abstellung der noch vorhandenen Mängel verspricht Gutes für die Fortentwicklung beider Bauarten.

Zusammenfassend kann über die Zahnradmotoren gesagt werden: Großes Anzugmoment und einfache Bauart sind Vorzüge des Stirnradmotors, dem der Pfeilradmotor bezüglich Leistung, Luftverbrauch und Wir-

[8]) Nähere Beschreibung s. *Hoßmann*, Lehrbuch der Bergwerksmaschinen. Berlin 1928. J. Springer.
[9]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1927.
[10]) „Der Bergbau" Bd. 41 (1928) S. 540.
[11]) „Der Bergbau" Bd. 41 (1928) S. 626.
[12]) „Der Bergbau" Bd. 41 (1928) S. 587.

kungsgrad wohl etwas überlegen ist. Für gegebene Zwecke dürfte der Stirnradmotor dem Pfeilradmotor als zum mindesten gleichwertig erachtet werden, insonderheit bei kleineren Motoren mit verhältnismäßig niedriger Umlaufzahl.

### Druckluft-Arbeitsmaschinen

Die Behandlung der im Steinkohlenbergbau verwendeten Kleinarbeitsmaschinen, die sich der Druckluft als Antriebmittel bedienen, soll entsprechend der im Bergbau üblichen Einteilung in nachstehenden fünf Gruppen erfolgen: Gewinnung, Förderung, Versatz, Wetterführung, Wasserhaltung.

a) Gewinnung. Maschinen, die unmittelbar zur Hereingewinnung der Kohlen dienen, sind heute fast ausschließlich die Abbauhämmer, nachdem die Druckluftbacke u. ä. stielbefestigten Maschinen sich gegenüber den handlichen Abbauhämmern nicht durchzusetzen vermochten; Maschinen, die zu Vorarbeiten für die Gewinnung dienen, sind vor allem die Bohrhämmer, Drehbohrmaschinen, Kohlenschneider und Schrämmaschinen.

Die Entwicklung der maschinellen Kohlengewinnung wird am besten durch die nachstehende Zahlentafel 2 veranschaulicht, die den Nachweis der Kohlengewinnungsmaschinen für den preußischen Steinkohlenbergbau und für den Ruhrbezirk enthält.

Augenfällig ist die dauernde Ausbreitung der Abbauhämmer, die mit ihren Zahlen einzigartig dasteht. Niedrige Anschaffungs- und Betriebskosten, Handlichkeit und Anpaßfähigkeit an die unterschiedlichsten Verhältnisse zeichnen die Abbauhämmer besonders aus. Da mit dem gleichen Kapital etwa die zehnfache Zahl von Abbaupunkten bei Verwendung von Abbauhämmern im Gegensatz zu Großschrämmaschinen mechanisiert werden kann, und die gefährliche Schießarbeit sehr eingeschränkt wird, ist die Anwendung der Schrämmaschinen gemäß Zahlentafel 2 zum Teil sogar zurückgegangen. Entgegen einigen anderen Ansichten, die in der neueren Fachliteratur zu finden sind, dürfte diese Entwicklung für normale Bedingungen zu Recht bestehen.

1. Abbauhämmer und Bohrhämmer. Der Abbauhammer stellt die einfachste Art des mittels Druckluft betriebenen Schlagwerkzeuges für die Kohlengewinnung dar, da lediglich ein Schlag auf das Spitzeisen ausgeübt wird, während beim Bohrhammer noch ein Umsetzen des Bohrers notwendig ist.

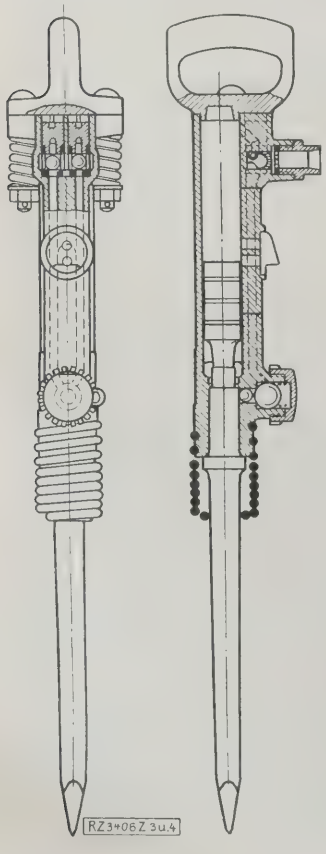



Abb. 3 und 4
Schnitt durch Zylinder und Steuerung des Pickhammers Baumuster C A von Flottmann.

Besondre Sorgfalt ist neuerdings einer Vervollkommnung der wichtigen Steuerorgane dieser Maschinen gewidmet worden, da die meist große Empfindlichkeit von Präzisionssteuerungen bei dem rauhen Grubenbetriebe nachteilige Folgen hatte. So wird heute mehr denn je Wert auf Einfachheit, allerdings verbunden mit Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit gelegt. Diese Vorzüge scheint vor allem die an sich alte Kugelsteuerung, die z. B. schon seit mehr als 20 Jahren von der Firma Flottmann, A.-G., angewendet wird, zu haben, die die Firma heute als Zwillingssteuerung, Abb. 3 und 4, ausgebildet hat. Während bei den älteren Ausführungen

**Zahlentafel 2**
**Ausbreitung der maschinellen Gewinnung[13])**

| Maschinengattung | Preuß. Steink.-Bergbau | | Ruhrbezirk | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1926 | 1927 | 1913 | 1926 | 19 |
| Abbauhämmer . . . . . | 59 100 | 78 150 | 264 | 50 821 | 70 |
| Großschrämmaschinen . . | 840 | 730 | 17 | 733 | |
| Kohlenschneider . . . . . | 335 | 350 | — | 340 | |
| Säulenschrämmaschinen . | 1 850 | 1 950 | 294 | 841 | |
| Bohrhämmer . . . . . | 43 350 | 45 050 | 12 317 | 39 159 | 39 |
| Drehbohrmaschinen . . . | 2 650 | 2 880 | 40 | 2 618 | 2 |

nur eine Kugel als Steuerorgan diente, sind die ne zeitlichen Hämmer mit zwei Steuerkugeln ausgerüst Infolgedessen ist es möglich geworden, die Luftwege rei licher zu bemessen und gleichzeitig einen nachteilig Druckabfall zu vermeiden, womit wieder zwangläuf eine Erhöhung der Schlagstärke verbunden ist. Da fern die Hublänge der Steuerorgane geringer bemessen s kann, erfolgt eine schnellere Umsteuerung und glei mäßige Druckluftzuführung zum Kolben. Schwier keiten, die bisher wegen einer zweckmäßigen Entlüftu der vorderen Zylinderseite bei der Kugelsteuerung standen, sind von der Firma Flottmann, A.-G., durch si reiche Führung der Steuerkanäle[14]) behoben word wodurch die schädliche Verdichtung vor dem Kolben v mieden wird.

Vorteilhaft erscheint eine Konstruktion der Hage Preßluftapparate- und Maschinenfabrik Quambusch & (Haprema), die eine Bremswirkung der Frischluft die vordere Kolbenseite verhindert[14]). Zu diesem Zwe sind die Hämmer mit einem Hilfsauslaßschieber a gerüstet, durch dessen zwangsläufige Steuerung zugle auch eine Kompression der vor dem Kolben sitzend Luft unterbunden wird. Wenn auch die theoretis Leistungssteigerung von 68 vH in vollem Maße prakti kaum zur Geltung kommt, so ist ein Vorteil dieser E richtung nicht von der Hand zu weisen.

Wegen ihrer Unempfindlichkeit und Betriebsich heit dürfte die Kugelsteuerung allen andern Steuerun arten, auch der Rohrschiebersteuerung, Flattersteueru usw. überlegen sein, nachdem bei ihr die soeben geke zeichneten Verbesserungen eingeführt worden sind. sonders die Rohrschiebersteuerung wird jedoch noch v zahlreichen Firmen, meist als ausgesprochene Exp sionssteuerung, erfolgreich angewandt.

Bei den Bohrhämmern hat die Firma Flottma A.-G., u. a. eine neuartige Anordnung des Sperrades u der Klinken für die Umsetzvorrichtung der AZ-Hämm im vorderen Zylinderdeckel eingeführt. Die älte Konstruktionen hatten diese Teile zwischen dem v deren Zylinderdeckel und dem Zylinder liegen. der neueren Bauart werden die unvermeidlichen Schl des Kolbens besser aufgenommen, da das Zwischenst besonders einfach und widerstandfähig ausgebildet

Allgemein wird heute besonderer Wert auf e möglichst einfache Bauweise der Hämmer gelegt. Abbauhammer der Firma Hauhinco besteht insgesamt aus neun einzelnen Teilen, die durch Abnahme Griffes leicht zugänglich sind. Die Einzelteile sind gearbeitet, daß jeder als Ersatz bei dem entsprechen Hammer verwendet werden kann. Eine weitgehende N mung aller Bauarten ist unbedingt anzustreben.

Die Anforderungen an die Werkstoffe für Bohr- Abbauhämmer hat *Elster*[15]) anschaulich zusammengest und dabei eine große Anzahl von Betriebstörungen Hämmern beschrieben, die insonderheit durch unsa liche Behandlung der Hämmer veranlaßt worden si Vorzügliche Stahlsorten werden heute wohl ausschli lich als Werkstoff, vor allem für Kolben, Zylinderw dungen und Ventile wegen der starken Beanspruchu dieser Teile verwandt.

Die Arbeit mit den neuerdings bevorzugten sch reren Hämmern stellt oft nicht geringe Anforderun

[13]) z. T. nach *Wedding*, Fachausschußberichte des Bergbauvere Essen. [14]) *Schrieder*, „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 1620.
[15]) „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 73.

n den Arbeiter. Zur Entlastung des Hauers sind daher annigfache Hilfsmittel in Vorschlag gebracht und zum eil auch eingeführt worden, von denen hier die Vorichtungen zum Halten der Geräte, Dreifußgestell, Spannäule und — für steile Lagerung — der Abbauschlitten rwähnt seien. Letzterer, ausgeführt von der Gesellchaft Bergbau[16]), ist auf Kufen angeordnet, die auf em Liegenden gleiten, und wird durch ein Windwerk ittels eines Zugseiles bewegt; dies läuft über eine Rolle, ie am oberen Ende des Strebs an einem sorgfältig beestigten Stempel aufgehängt ist. Zum Antrieb des Abauschlittens dient ein umsteuerbarer Zahnradmotor von d. 9 PS Leistung. Ein Schneckengetriebe sowie eine andbremse gestatten eine einwandfreie Regelung der ahrgeschwindigkeit des Schlittens. Der Hammer selbst ird von einem mehrgliedrigen gelenkigen Ausleger geagen, der auf dem Schlitten befestigt ist. Sein Gewicht leicht eine besondere Federung vollkommen aus, so daß em Hauer lediglich die Führung obliegt.

2. Drehbohrmaschinen mit Druckluftntrieb. Die Verwendung von Bohrhämmern hat ine Reihe von Nachteilen, von denen die Staubentwicklung, ie bisher nur teilweise unterbunden werden konnte, as starke Geräusch und die nicht vermeidlichen Rückhläge in erster Linie ins Gewicht fallen. Diese Mängel nd bis zu einem gewissen Grade durch die Einführung er Drehbohrmaschinen mit Druckluftantrieb abgestellt orden, die sich allerdings wegen andrer Gründe bisher icht allgemeiner verbreitet hat. Die Dreh- oder Turbobhrmaschine kommt nur für verhältnismäßig weiche Stoffe, so vorzüglich für die Kohle selbst in Frage und hat ier einwandfreie Erfolge zu verzeichnen gehabt. Der otor ist durchweg als Vielzellenmaschine mit sichelirmigem Arbeitsraum ausgebildet, in dem der Kolben mläuft und der ein Arbeiten mit weitgehender Expanon gestattet. Besondrer Wert wird auf Schonung des olbens und der Dichtungs-Stahllamellen gelegt. Zudem erden meist alle aufeinander gleitenden Teile in Präsionslagern gebettet. Die Drehbewegung der mit über 00 U/min laufenden Turbine wird durch ein entprechendes Vorgelege auf die gewünschte Umlaufahl, 100 bis 500 je Minute, herabgesetzt. Große Auferksamkeit wird der Schmierung der Maschine geehenkt, für die eine Anzahl von Sonderverfahren gehaffen worden ist. Die verwendeten Schlangenbohrer nd leicht lösbar mit der Maschine verbunden. die vom rbeiter durch einen Brustschild gegen den Arbeitstoß edrückt wird. Düsterloh, Korfmann, Frölich & Klüpfel, lottmann, Gebr. Hinselmann bauen u. a. solche Drehbohraschinen für Kohlen, die im Dauerbetriebe durchschnittch 1 m³ aL/min brauchen und dabei in nicht zu hartem aterial 1 m Bohrloch herzustellen gestatten.

Für das Bohren in sehr hartem Gestein haben sich e Hammerbohrmaschinen Eingang verschafft, bei deren euzeitlichsten Ausführungen der Handvorschub durch nen Vorschubzylinder, der durch Druckluft betätigt ird, ersetzt worden ist. Bei der neuesten Demag-Mahine ist außerdem ein selbsttätiger Umsatz eingeführt orden.

3. Schrämmaschinen und Kohlenschneier. Eine Zwischenstellung zwischen den beschriebenen ohrhämmern sowie Hammerbohrmaschinen und den hrämmaschinen nimmt die Stoß-Schräm- und Bohraschine von Flottmann ein, die je nach dem Werkzeug s Bohr- oder Schrämmaschine benutzt werden kann, für n Steinkohlenbergbau jedoch keine sehr große Beutung hat.

Über die Verwendung von Schrämmaschinen verschiedner Art im deutschen Steinkohlenbergbau gibt die ahlentafel 2 Aufschluß. Die Gründe für die z. T. rückhrittliche Entwicklung sind bereits oben dargelegt worden.

Die neueste Ausführung von Flottmann, der heute die it 1913 eingeführten Westfalia-Großschrämmaschinen lut, wird z. B. als Stangenschrämmaschine oder als Kettenhrämmaschine mit Drehstrommotorantrieb oder, was in esem Zusammenhange wesentlich ist, mit einem Druckft-Pfeilradmotor geliefert. Der Motor hat 45 PS Nutzleistung; die Luft fließt im Gleichstrom, so daß trotz starker Dehnung einer Vereisung hinreichend vorgebeugt ist. Der von der Firma angegebene Luftverbrauch von 0,5 m³ aL/PSh muß als gering angesprochen werden. Im Windwerk, das das gesamte Getriebe für den Schräm- und Schnelltransport der Maschine aufnimmt, ist eine zweckmäßige Federkonstruktion untergebracht, die dafür sorgt, daß bei Überlastung Getriebebrüche verhindert werden. Das Schwenkstück ist zudem durch selbsttätig wirkende Sperrdaumen ausreichend gesichert. Von großem Vorteil ist die Zentralschmierung, bei der nur alle 3 bis 4 Wochen etwa 2 bis 3 l Öl nachzufüllen sind. Die neuerdings verwendeten Wälzlager sind gegen Staub und Kohlenklein vollkommen abgedichtet.

Auch die Firma Eickhoff, der die Verbreitung der im englischen und amerikanischen Steinkohlenbergbau fast ausschließlich vertretenen Kettenschrämmaschinen in Westfalen vor allem zu verdanken ist, besitzt u. a. langjährige Erfahrungen im Bau von Schrämmaschinen. Diese Maschinen werden ebenfalls mittels eines Druckluft-Pfeilradmotors angetrieben, der jederzeit durch einen Elektromotor ersetzt werden kann. Die Schrämstange wird durch Kegelräder aus hochwertigem Stahl bewegt. Die Drehrichtung des Schrämwerkzeuges wird durch Einrücken des einen oder andern Ritzels umgesteuert, das die sich entgegengesetzt drehenden Wellenenden des Luftmotors tragen. Ein gleichzeitiges Einrücken beider Ritzel verhindert eine einfache Verriegelung. Bei Leerfahrt wird Unfällen dadurch vorgebeugt, daß durch das gleichzeitige Ausrücken der Ritzel eine Abschaltung des Schrämkopfgetriebes vom Schrämwerkzeug vorgenommen wird.

Das Gewicht einer Großschrämmaschine (1800 bis 2500 kg), ihr hoher Anschaffungspreis und großer Kraftverbrauch sind gewichtige Gründe gegen eine Verwendung dieser Maschine bei engeren Flözverhältnissen, steiler Lagerung usw. Hier haben sich daher kleinere Baumuster, die Kohlenschneider, eingeführt, die auch als Ketten- und Stangenschrämmaschinen gebaut werden. Besonders die letztere Ausführung hat sich durchaus bewährt und in erster Linie im Ruhrbergbau Eingang gefunden. Der Westfalia-Kohlenschneider der Firma Flottmann A.-G. ist aus der Großschrämmaschine entwickelt worden. Zu seinem Antrieb dient jedoch ein Druckluft-Drehkolbenmotor. Der mechanische Wirkungsgrad soll bis 90 vH betragen.

Für gewisse Zwecke, z. B. Streckenauffahren im Flöz. werden auch leichte Schrämmaschinen mit Vorteil verwendet, die als Säulenschrämmaschine wegen ihrer Handlichkeit und Beweglichkeit Verbreitung gefunden hat. Um eine weitgehende Schwenkmöglichkeit der Maschine zu erreichen, d. h. um waagerechte und senkrechte Bewegungen ohne jede Umstellung und ohne Lösen von Schrauben usw. vornehmen zu können, hat z. B. die Firma Korfmann einen Doppelsektor mit zwei Handkurbeln ausgebildet, so daß man ohne Schwierigkeit vom Schrämen zum Kerben oder auch umgekehrt übergehen kann. Fröhlich & Klüpfel verwenden zum gleichen Zweck einen Universal-Doppelkonus.

Eine Säulen-Kerb- und Schrämmaschine der Firma Beien, die neuerdings auf den Markt gebracht worden ist[17]), hat beim Vortreiben von Strecken und Überhauen so gute Erfolge gehabt, daß ihre Verbreitung zu erwarten sein dürfte.

b) Förderung. Zur maschinellen Abbauförderung im Steinkohlenbergbau dienen heute noch in erster Linie die Schüttelrutschen, während Bandförderung, Schrapperbetrieb und sonstige Verfahren in Deutschland noch nicht die Bedeutung wie in andern Ländern erlangt haben. Arbeiten an der Verbesserung und Vervollkommnung der Rutschenmotoren sind bei uns daher emsig betrieben worden. Eine neuzeitliche Konstruktion stellt u. a. der Demag-Rutschenmotor dar, der mit Expansionssteuerung und selbsttätiger Anpassung der Füllung an die Betriebschwankungen arbeitet: Die Arbeitsluft wird während des Hinganges durch weitgehende Expansion gut ausgenutzt und dann so geleitet, daß auf Kolben- und Gegenkolbenseite gleicher Druck herrscht. Einfrieren des Motors

[16]) *Otten*, „Der Bergbau" Bd. 41 (1928) S. 351.

[17]) *Schröder*, „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 20.

wird durch Zwischenerwärmung der Luft verhütet. Bemerkenswert ist der Vorteil, daß der Motor nach einmaliger Einstellung des Hubes bei kleinerer Veränderung des Luftdruckes oder der Belastung keiner besonderen Hubnachstellung bedarf. Die Anpassung wird hierbei nicht durch eine Drosselung, sondern durch sebsttätige Änderung des Füllgrades bewirkt.

Eine sehr einfache Innensteuerung, die eine zweckmäßige Führung der Druckluft ermöglicht, zeichnet den Rutschenmotor hoher Leistung der Firma Hauhinco aus. Die vorn im Zylinder eingetretene Druckluft wird selbsttätig verdichtet und dient dann zum Auffangen und Wiederanheben des Arbeitskolbens, wodurch eine Erhöhung der Förderleistung bei gleichem Luftverbrauch bis zu 30 vH erreicht werden soll.

Zahlreiche Konstruktionen andrer Firmen weisen ebenfalls Neuerungen und Vervollkommnungen auf, die im engen Rahmen dieser Übersicht im einzelnen leider nicht gebracht werden können. Es sei hier aber noch auf eine Verbesserung des Rutschenbetriebes bei der Verwendung von Gegenzylindern verwiesen. Sofern nicht Federgegenzüge benutzt werden, verwendete man bisher fast allgemein dauernd mit Druckluft beaufschlagte Gegenzylinder, die selbstverständlich einen sehr hohen Luftverbrauch hatten. In jüngster Zeit hat nun die Bohrmaschinenfabrik Glückauf einen gesteuerten Gegenzylinder, den Gegenmotor, auf den Markt gebracht, der eine ziemlich stoßfreie Umkehr der Rutsche bewirkt und eine Kraftersparnis von etwa 20 vH zur Folge hat.

Die Haspelförderung ist durch Einführung der neuzeitlichen Druckluftmotoren nicht unwesentlich verbessert worden. Auch hier hat der umsteuerbare Pfeilradmotor Eingang zu finden vermocht, da bei seiner Verwendung der Luftverbrauch erniedrigt sowie auch andre betriebstechnische Vorteile (z. B. Erhöhung des Anzugvermögens, ruhiger Seillauf, geringer Raumbedarf usw.) erreicht werden konnten. Der Anteil der Schnelläufermotoren beträgt im Verhältnis zu den langsam laufenden Motoren bei der Haspelförderung im Ruhrbergbau bisher jedoch kaum mehr als 5 vH[17a]).

Ein großer Mangel der Haspelförderung, besonders in Blindschächten, ist die unvollkommene Ausnutzung der Antriebmotoren, die insgesamt nur wenig mehr als 2,5 vH beträgt, da die reine Laufzeit während der Schicht kaum 1½ h ausmacht und der Haspel im Durchschnitt nicht einmal zur Hälfte beansprucht ist.

Diese Verhältnisse liegen auch nicht günstiger bei den Streckenhaspeln, deren Antriebmotoren rd. 80 m³ aL/PSh — große Motoren nur etwa 50 m³ aL/PSh — brauchen, sich aber trotzdem für die Zwischenförderung eingeführt haben. Zahlreiche Maschinenfabriken, u. a. Eickhoff, Düsterloh, Frölich & Klüpfel, Beien, Hinselmann usw., befassen sich mit dem Bau von Kleinhaspeln, die z. T. als Säulenhaspel ausgebildet sind. Neben dem Elektromotor wird hier meist der Pfeilradmotor zum Antrieb benutzt. Eine Ausnahme macht Düsterloh, dessen Schlepperhaspel mit leicht umsteuerbarem Stirnradmotor seine Betriebseignung bewiesen haben dürfte.

c) Versatz. Die Druckluft wird beim Einbringen des Bergeversatzes einmal mittelbar benutzt, indem sie zum Antrieb der mannigfachsten Bergeversatzmaschinen dient, und außerdem unmittelbar beim Blasversatz verwendet. Da dieses Gebiet demnächst von andrer Seite hier behandelt werden wird, kann heute von einer Besprechung abgesehen werden.

d) Wetterführung. Druckluft wird bei der Wetterwirtschaft in erster Linie für den Antrieb der Maschinen und Vorrichtungen bei der Sonderbewetterung gebraucht. Trotz einer Reihe von Erfolgen und Verbesserungen ist die Kraftwirtschaft bei der Sonderbewetterung noch sehr unvollkommen, wie u. a. *Maercks*[18]) anschaulich nachgewiesen hat. Die unwirtschaftlichste Vorrichtung ist die Düse, die trotz Neugestaltung (z. B. Altena-Düse, Lurgi-Strahlgebläse) unverhältnismäßig große Druckluftmengen verbraucht, demgegenüber allerdings den Vorzug größter Betriebsicherheit bei einfachster Wartung hat.

[17a]) *Wedding*, „Glückauf" Bd. 65 (1929) S. 1213.
[18]) „Glückauf" Bd. 64 (1928) S. 1301.

Von den Fortschritten beim Bau der Luttengebläse sind besonders die Konstruktionen zur Erhöhung der Sicherheit des Betriebes, zur Vereinfachung der Bedienung, zur Ersparnis an teurer Druckluft usw. bemerkenswert. *Maercks*[19]) weist an der Hand eingehender Versuche nach, daß die in der Anschaffung teueren neuzeitlichen Turbinengebläse den älteren Luttengebläsen mit Drehkolbenantrieb kraftwirtschaftlich überlegen sind, so daß die Turbinengebläse heute den Vorzug verdienen, da die Kosten für Tilgung und Verzinsung gegenüber den Kraftkosten nur eine untergeordnete Rolle spielen. Eine ausführliche Behandlung der Sonderbewetterungsmaschinen wird hier in Kürze von andrer Seite folgen.

e) Wasserhaltung. Auch in der Sonderwasserhaltung hat der Pfeilradmotor neuerdings erfolgreich Eingang gefunden. Die Demag vertreibt für Sonderzwecke z. B. eine Kreiselpumpe, die unmittelbar mit einem schnellaufenden Pfeilradmotor gekuppelt ist und hohe Betriebsicherheit mit gutem Wirkungsgrad verbindet. Der Luftverbrauch ist gering und beträgt nach Angabe der Firma selbst bei kleinen Maschinensätzen, nicht mehr als 0,7 m³/PS min des Antriebmotors.

### Zusammenfassung

Die infolge Raummangels sehr beschränkte Übersicht über die neuesten Betriebe mit niedrigem Luftdruck in Grubenbetriebe der deutschen Steinkohlenbergwerke läßt erkennen, daß fortlaufend zwar wichtige Verbesserungen auf diesem Gebiete erzielt worden sind, daß aber trotzdem noch große Mängel bestehen, deren restlose Abstellung bei der Eigenart des Druckluftbetriebes jedoch kaum jemals gelingen dürfte. [B 3406]

[19]) a. a. Ort, s. Anm. [18]).

## Untersuchungen an Bindemähern

Bei der Entwicklung von Landmaschinen ist es heute nur selten möglich, wie sonst im Maschinenbau Voraus berechnungen anzustellen. Sie entstehen meist derart, daß man Erfahrungswerte einsetzt, die dann in Probemaschinen nachgeprüft und gegebenenfalls nach oben oder unten verbessert werden. Einsetzen der sonst im Maschinenbau verwandten Werte für Beanspruchungen und Sicherheite scheidet aus, da dann die Teile für landwirtschaftlich

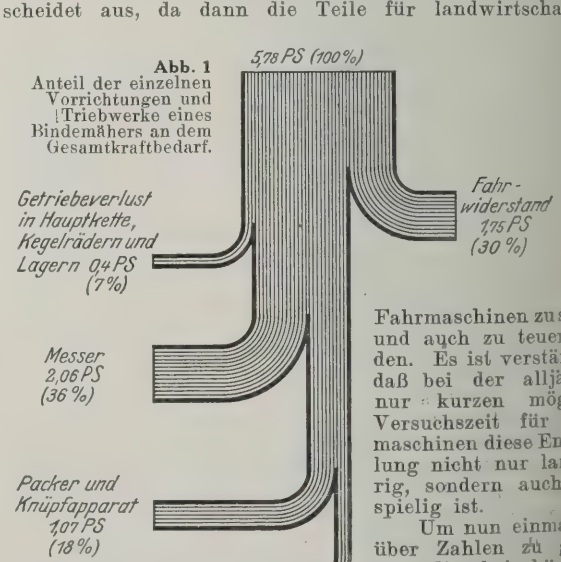



**Abb. 1** Anteil der einzelnen Vorrichtungen und Triebwerke eines Bindemähers an dem Gesamtkraftbedarf.

Fahrmaschinen zu schwe und auch zu teuer wü den. Es ist verständlich daß bei der alljährlich nur kurzen möglichen Versuchszeit für Land maschinen diese Entwicklung nicht nur langwie rig, sondern auch kos spielig ist.

Um nun einmal da über Zahlen zu gewin nen, die bei künftige Neukonstruktionen ein gesetzt werden könne hat das Landmaschinen Laboratorium der Landwirtschaftlichen Hochschule Berlin den umgekehrten Weg eingeschlagen. Man untersuchte bewährte Konstruktionen; Abb. 1 zeigt z. B. den Anteil der einzelnen Vorrichtungen und Triebwerke eines Bindemähers an dem Gesamtkraftbedarf. Dazu wurden die Beanspruchungen in den einzelnen Getriebeteilen sorgfältig ermittelt. Die Ergebnisse stützen sich auf Feld- und Laboratoriumsversuche. („Technik in der Landwirtschaft" Bd. 10 (1929) Nr. 8 S. 181.)

[M 3500] *E.*

# Reibung in Gleit-, Rollen- und Kugellagern bei aussetzendem Betrieb

*Von Professor L. KLEIN, Hannover*

***Im Laboratorium für Förderanlagen der Technischen Hochschule Hannover durchgeführte Versuche haben ergeben, daß bei aussetzendem Betrieb sowohl bei Gleit-, als auch bei Wälzlagern die Reibung erheblich größer als im Dauerbetrieb und abhängig von der „relativen Einschaltdauer" ist und daß sie bei beiden erst nach Stunden einen Kleinstwert erreicht. Die Reibungszahlen wurden für die verschiedenen Fälle bestimmt.***

Bei vielen Förderanlagen, insbesondere bei Hebeugen, werden ebenso wie die Motoren auch alle Lager ır zeitweise beansprucht. Es ist zu erwarten, daß die eibung dabei größer als im Dauerbetrieb sein wird. Um es genauer festzustellen, habe ich in meinem Laıratorium an der Technischen Hochschule Hannover die leit-, Rollen- und Kugellagerreibung für aussetzenden Beieb untersucht. Unter aussetzendem Betrieb soll wie bei n Elektromotoren ein solcher verstanden sein, bei dem rbeitzeiten und Arbeitpausen in kurzer Folge wechseln. ie Lager wurden bei den vom Verband Deutscher Elekıtechniker (VDE)[1]) festgelegten Einschaltzeiten von vH, 25 vH, 40 vH und auch bei 100 vH untersucht. Die ößte Spieldauer (gleich Arbeitzeit + Pause) ist, diesen orschriften entsprechend, mit 10 min angenommen. Es gesetzt:

$$\text{relative Einschaltdauer (E.-D.)}\ \varepsilon = \frac{\text{Arbeitzeit}}{\text{Arbeitzeit} + \text{Pause}}.$$

ie Arbeitspiele sollen sich im Betriebe stundenlang unıterbrochen aneinanderreihen.

### Versuchsanordnung

Die Versuchswelle wird über ein Riemenvorgelege ın einem Nebenschlußmotor angetrieben und ist auf lgeln in Lagerböcken mit kräftigem Unterbau gelagert, ob. 1 und 2. Die Versuche wurden mit einer Gesamtlastung der Versuchswelle von etwa 1000 kg bei 0 U/min, d. h. bei einer Umlaufgeschwindigkeit im Lager ın 2,5 m/s durchgeführt.

[1]) Regeln für die Bewertung und Prüfung von elektrischen Maschinen (REM), Berlin 1923; vergl. a. *Schiebeler*, Z. Bd. 72 (1928) S. 25.
[2]) Die drei verwendeten Prüfstände stammen von der Firma Fichtel & Sachs, Schweinfurt.

Als Gleitlager wurden drei einander gleiche, normale Wülfel-Transmissions-Ringschmierlager verwendet, die mit Sondermetall ausgegossen und mit auf der Welle festsitzendem Schmierring und Ölabstreifer versehen waren, so daß ein kräftiger Ölstrom dauernd über die Gleitflächen floß.

Die Rollen- und Kugellager lieferte die Fa. Fichtel & Sachs, Schweinfurt. Als Rollenlager wurden außen zwei Tonnenrollenlager TO 213, die mit je 250 kg belastet waren und bei 740 U/min höchstens 1600 kg aufnehmen, und in der Mitte ein Zylinderrollenlager NL 65, das mit 500 kg belastet war und höchstens 1000 kg aufnimmt, benutzt. Die Kugellager NA 65, die ebenfalls eine gewisse axiale Einstellfähigkeit aufweisen, so daß Verklemmungen vermieden werden, waren einander gleich. Sie nehmen höchstens 585 kg auf und wurden mit 500 oder 250 kg belastet. Die kleineren Belastungen gewähren eine entsprechend längere Lebensdauer. Geschmiert wurden die Gleit-, Rollen- und Kugellager mittels Voltol-Gleitöl. Gemäß den Vorschriften der Kugellagerfirmen wurde in die Lagergehäuse Schmieröl so weit eingefüllt, daß die unterste Rolle oder Kugel bedeckt war. Beim Antrieb nehmen dann Käfig und Rollen oder Kugeln so viel Öl mit, daß, wie bei den Gleitlagern, ein kräftiger Ölstrom umläuft.

Die Lager werden durch zwei kräftige, stehende Federn $b$ mit 500 kg von oben und 500 kg von unten an die Welle angedrückt. Bei den Gleitlagern setzen sich die Federgehäuse, Abb. 3, auf Querstücke $h$, die die zwei äußeren Lager von oben her auf die Welle drückten, während die Federn $b$ das mittlere Lager von unten her gegen die Welle ziehen. Auf dem mittleren Lager lastete also der Federzug $F = 500$ kg vermindert um das Gewicht des mittleren Lagers $G = 25$ kg; auf den beiden äußeren Lagern zusammen lastete der Federdruck $F$, vermehrt um das Gewicht der beiden äußeren Lager $2\,G$ und der Querstücke $h$ mit $Q = 15$ kg. Die Gesamtbelastung $B$ der Welle betrug also

$$B = (F - G) + (F + 2\,G + Q) = 1040 \text{ kg}.$$

Bei den Wälzlagern wurde die Anordnung wegen Platzmangel etwas anders getroffen, Abb. 4. Das Federgehäuse sitzt auf dem mittleren Lager auf und drückt es

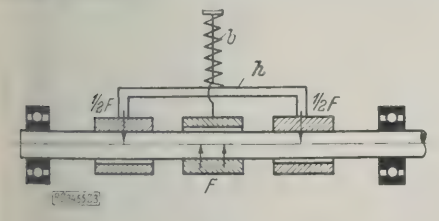



**Abb. 3** (links)
Belastungsschema für den Gleitlagerprüfstand.

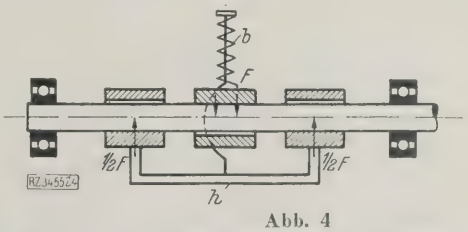
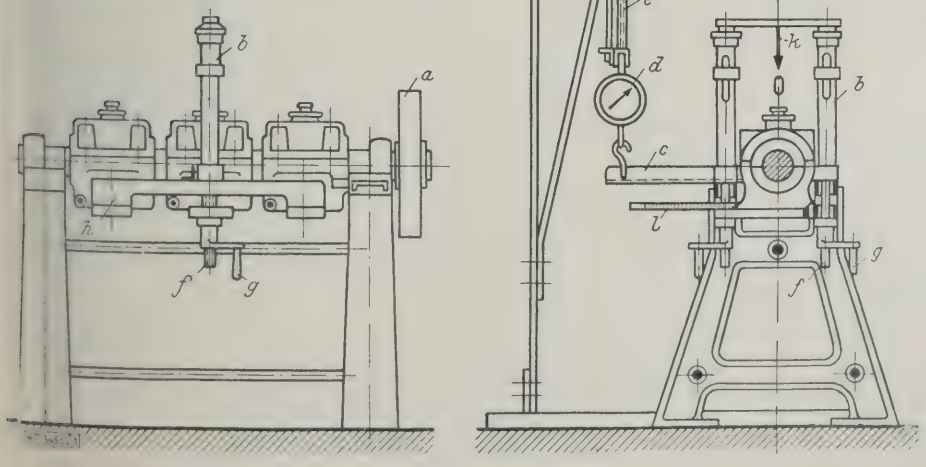



**Abb. 4**
Belastungsschema für den Rollen- und Kugellagerprüfstand.




*a* Antriebscheibe
*b* Belastungsfeder
*c* Hebel
*d* Zugkraftmesser
*e* Einstellschraube für *d*
*f* " " *b*
*g* Handkurbel für *f*
*h* Querstück
*k* Pendel
*l* Thermometer

**Abb. 1 und 2**
Gleitlagerprüfstand.

mit der Kraft $(F + G)$ auf die Welle, während das Querstück mit den beiden äußeren Lagern an der Feder hängt und sie mit der Kraft $(F - 2G - Q)$ von unten her gegen die Welle drückt. Dabei ist bei $F = 500$ kg, $G = 9$ kg und $Q = 16$ kg die Belastung der Lager

$$B = (F + G) + (F - 2G - Q) = 975 \text{ kg}.$$

Bei den Versuchen erhielten also die Gleitlager eine Gesamtbelastung von 1040 kg, die Wälzlager eine solche von 975 kg. Die Federn $b$ sind vor und nach den Versuchen geeicht worden.

Im Betrieb versucht nun die sich drehende Welle durch Reibung die angepreßten Versuchslager mitzunehmen, während der am Hebel $c$, Abb. 2, angreifende Zugkraftmesser $d$ sie zurückhält.

Der Kraftmesser $d$ wurde in der Höhe so eingestellt, daß beim Ablesen der Hebel $c$ waagerecht stand. Das Eigengewicht des Hebels war durch Gegengewichte so ausgeglichen, daß der Gesamtschwerpunkt des schwingenden Teiles lotrecht unter der Wellenachse lag. Ein zu weites Herausdrehen aus der Mittellage wurde durch Anschläge verhindert. Der Wellendurchmesser betrug bei allen drei Prüfständen 65 mm. Die Länge der Hebelarme, die an den Kraftmesser jeweils angriffen, war bei den Gleitlagern $L = 331$ mm, bei den Rollenlagern $L = 262{,}5$ mm und bei den Kugellagern $L = 255$ mm.

Die Abdichtungsfilzringe sind aus den Lagerkörpern der Wälzlager entfernt worden, da die Filzreibung verhältnismäßig groß ist und bei Kugellagern sogar die Lagerreibung übertreffen kann[3]). Die gemessenen Werte für die Wälzlager sind also zu günstig. Zunächst sollte aber der Einfluß des aussetzenden Betriebes auf die Lagerarten festgestellt werden.

Zur Messung der Öltemperatur wurden in das Innere der Lagergehäuse durch kleine Führungsröhrchen Quecksilberthermometer eingeführt. Bei den Gleitlagern wurde die Temperatur des Schmieröles in den Ölkammern gemessen. Bei den Rollen- und Kugellagern wurden die Thermometer seitlich von den Laufringen eingeführt, so daß sie im Lagergehäuse in das Öl eintauchten, das die unterste Rolle oder Kugel bedeckte.

Ist $L$ die Länge des Federwaagenhebels, $d$ der Wellendurchmesser, $R'$ die Angabe des Dynamometers und $m$ dessen Berichtigungsfaktor, so ist die auf den Wellenumfang bezogene Reibung

$$R = \frac{R' L}{m d} \text{ kg}.$$

Die Werte der Versuchseinrichtung eingesetzt, erhält man für

die Gleitlager $R = 10{,}21\ R'$ kg,
die Rollenlager $R = 8{,}10\ R'$ kg und
die Kugellager $R = 7{,}94\ R'$ kg.

Ist $B$ der gesamte Anpreßdruck zwischen Welle und Lager, so wird die Reibungsziffer $\mu = \frac{R}{B}$. Für die Rollen- und Kugellager ist $\mu$ nicht eine eigentliche Reibungsziffer, sondern gibt nur das Verhältnis von Lagerbelastung zu einer am Wellenumfang wirkend gedachten Kraft $R$ an, die zum Überwinden des Lagerwiderstandes notwendig ist.

### Durchführung der Versuche

Die Versuche wurden von meinen Mitarbeitern, Dipl.-Ing. *Brodersen* und Dipl.-Ing. *Haase*, durchgeführt. Im Hinblick auf die übliche Arbeitzeit in Betrieben dauerte jeder Versuch acht Stunden; doch wurden auch die Endwerte für halb-, zwei- und vierstündigen Betrieb zusammengestellt, vergl. Abb. 10. Die Zeitspanne von acht Stunden erwies sich als genügend, da nach dieser Zeit stets, häufig schon einige Stunden vorher, Beharrung in Reibung und Temperatur eingetreten war, weil die während der Einschaltzeit erzeugte Wärme in der Pause restlos vom Lager wieder an die Außenluft abgegeben wurde. Nach Eichung wurden die zwei Belastungsfedern mit Hilfe der Kurbeln $K$ auf je 250 kg angespannt. Mittels Vorversuche wurde die Höhenlage des Zugkraftmessers annäherungsweise bestimmt, so daß man während des Betriebes durch geringes Nachstellen der Schraubenspindel den Hebel stets waagerecht halten konnte, was an dem Pendel $k$ zu erkennen war. Nun wurde der Motor angestellt, der mittels Riemenvorgeleges die Versuchswelle mit 740 U/min antrieb, und dann wurden Federwaage und Thermometer bei Beginn nach jeder Minute und am Schluß der Betriebzeit abgelesen.

### Ergebnisse der Versuche

Als Beispiel sind die Werte der Reibung im Gleitlager bei 25 vH Einschaltdauer in Abb. 5 und Zahlentafel 1 wiedergegeben. Entsprechend der Einschaltdauer wurde nach 1,5, 2,5 oder 4 min die Stromzuführung zum Motor abgestellt und so die Versuchswelle stillgesetzt. Nach Beendigung der Pause, also zehn Minuten nach Beginn der vorherigen Laufzeit, wurde der Motor wieder angestellt usw. bis zu einer Gesamtversuchzeit von acht Stunden.

Ergänzend zu Abb. 5 sind in Abb. 6 die Temperaturen des mittleren Gleitlagers bei Beginn und Ende jeder Arbeitspieles eingezeichnet. In die Schaubilder sind die dazwischenliegenden Ablesungen nicht eingetragen.

**Zahlentafel 1**

Reibung im Gleitlager bei 25 vH Einschaltdauer und 1040 kg Belastung

| Ablesung | | | Reibung in | Reibungszahl | Temperaturen in °C | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Uhr | min | Zugkraftmesser kg | kg | $\mu$ | Raum | Lager links | Lager Mitte | Lager rechts |
| 8 | 10 | 7,50 | 76,7 | 0,074 | 17,6 | 16,8 | 15,3 | 15, |
| | 11 | 5,75 | 58,8 | 0,056 | | 17,0 | 15,7 | 15, |
| | 12 | 4,80 | 49,1 | 0,047 | | 17,3 | 16,9 | 16, |
| | 12½ | 4,50 | 46,0 | 0,044 | 18,2 | 17,8 | 18,1 | 16, |
| | 20 | 5,90 | 60,3 | 0,058 | 18,5 | 18,0 | 19,3 | 16, |
| | 21 | 5,00 | 51,2 | 0,049 | | 19,6 | 19,6 | 18, |
| | 22 | 4,20 | 42,9 | 0,041 | | 22,8 | 20,1 | 19, |
| | 22½ | 4,00 | 40,8 | 0,039 | 18,7 | 24,0 | 21,4 | 19, |
| | 30 | 5,30 | 54,2 | 0,052 | 19,4 | 24,0 | 23,9 | 20, |
| | 31 | 4,30 | 43,9 | 0,042 | | 24,4 | 24,3 | 21, |
| | 32 | 3,65 | 37,3 | 0,036 | | 27,5 | 25,7 | 22, |
| | 32½ | 3,25 | 33,2 | 0,032 | 19,2 | 29,0 | 27,0 | 23, |
| | 40 | 4,75 | 46,8 | 0,045 | 19,3 | 28,4 | 28,1 | 23, |
| | 41 | 3,80 | 38,8 | 0,037 | | 28,4 | 28,5 | 25, |
| | 42 | 3,30 | 33,7 | 0,032 | | 31,8 | 30,0 | 27, |
| | 42½ | 3,15 | 32,2 | 0,031 | 19,4 | 33,3 | 31,3 | 27, |
| | 50 | 4,10 | 41,9 | 0,040 | 19,7 | 31,0 | 31,3 | 26, |
| | 51 | 3,40 | 34,8 | 0,033 | | 31,3 | 31,7 | 28, |
| | 52 | 3,10 | 31,7 | 0,030 | | 34,3 | 33,7 | 29, |
| | 52½ | 2,95 | 30,1 | 0,029 | 19,7 | 35,7 | 34,7 | 30, |
| 9 | 00 | 3,65 | 37,3 | 0,036 | 19,7 | 33,3 | 33,5 | 28, |
| | 01 | 3,15 | 32,2 | 0,031 | | 33,7 | 34,0 | 30, |
| | 02 | 2,95 | 30,1 | 0,029 | | 36,1 | 36,0 | 31, |
| | 02½ | 2,85 | 29,1 | 0,028 | 19,3 | 37,3 | 37,0 | 32, |
| | 10 | 3,50 | 35,8 | 0,034 | 19,3 | 36,0 | 35,3 | 30, |
| | 11 | 3,00 | 30,7 | 0,029 | | 36,2 | 36,0 | 31, |
| | 12 | 2,80 | 28,6 | 0,027 | | 37,5 | 37,4 | 32, |
| | 12½ | 2,70 | 27,6 | 0,026 | 19,3 | 38,9 | 38,2 | 33, |
| | .. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | .. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| | .. | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 16 | 00 | 2,20 | 22,5 | 0,022 | 20,8 | 46,4 | 46,3 | 42, |
| | 01 | 2,10 | 21,5 | 0,021 | | 47,5 | 46,3 | 42, |
| | 02 | 2,04 | 20,0 | 0,020 | | 48,9 | 46,7 | 42, |
| | 02½ | 1,97 | 20,1 | 0,019 | 21,0 | 49,7 | 47,0 | 42, |
| | 10 | 2,20 | 22,5 | 0,022 | 20,3 | 46,2 | 46,1 | 42, |
| | 11 | 2,10 | 21,5 | 0,021 | | 46,9 | 46,2 | 42, |
| | 12 | 2,05 | 21,0 | 0,020 | | 49,0 | 46,6 | 43, |
| | 12½ | 1,97 | 20,1 | 0,019 | 20,5 | 49,8 | 47,0 | 43, |

*) Das rechte Lager wurde durch die von der Riemenscheibe bewegte Luft etwas abgekühlt, obwohl zwischen Riemenscheibe und Lager ein Pappschild gestellt war.

[3]) Vergl. die Versuche von *Meyer-Jagenberg*, „Werkstattstechnik" Bd. 18 (1924) S. 229.

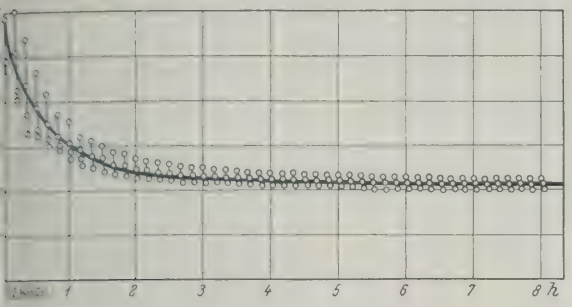


Abb. 5. Gleitlagerreibung bei 25 vH Einschaltdauer

sie zu nahe bei den andern liegen und das Bild en würden. Die Schaulinien zeigen, daß die Tem- atur des Schmieröls in den Lagern während jeder eitzeit zunimmt und die Reibung abfällt. Nach der se, bei Beginn des nächsten Arbeitspieles haben sich Lager etwas erholt, aber nicht so stark, wie bei Beginn vorhergehenden Arbeitspieles. So steigt die Tempera- und fällt die Reibung stufenweise, die Stufen werden er kleiner, bis nach mehreren Stunden ein Beharrungs- and eintritt.

Die Versuche ergaben für alle Lager und alle Ein- ltzeiten: In den ersten zwei bis drei Stunden wächst mittlere Temperatur und sinkt die mittlere Reibung ältnismäßig schnell, danach langsamer, bis sie nach s bis sieben Stunden Endwerte erreichen, die auch längerer Ausdehnung der Versuche gleich groß en. Die bei den einzelnen Lagern erhaltenen Rei- gen sind in Abb. 7 bis 9 für die Gleit-, Rollen- und llager zusammengestellt. Bei allen untersuchten rn nimmt die Reibung mit zunehmender relativer chaltdauer und zunehmender Gesamtbetriebzeit er- lich ab. Sie ist bei Kugellagern kleiner als bei nlagern und bei diesen wieder kleiner als bei Gleit- n. Wie sehr bei allen Lagern die Reibung von der iven Einschaltdauer und der gesamten Betriebzeit ab- ig ist, zeigt Abb. 10, in der die nach 2-, 4- und 8stün- n Betrieb sich einstellenden Reibungen abhängig von relativen Einschaltdauer eingetragen sind. Im Vergleich den günstigsten, bei Dauerbetrieb (E.-D. = 100 vH) chbaren Reibungsziffern sind die nach mehrstündigem eb erreichbaren günstigsten Werte bei 40 vH, 25 vH 15 vH Einschaltdauer noch um etwa 30, 50 und 80 vH er. Gegenüber den Kugellagern war die Reibung bei Rollen- und den Gleitlagern etwa 1,4 und 3mal so groß. li darf aber nicht übersehen werden, daß durch das assen der Filzdichtungsringe die Reibung der Rollen-

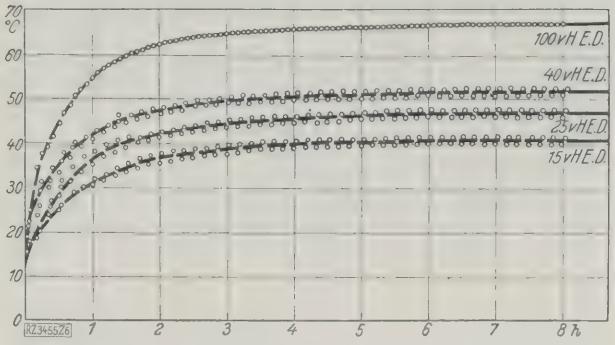



Abb. 6. Temperaturen des mittleren Gleitlagers.

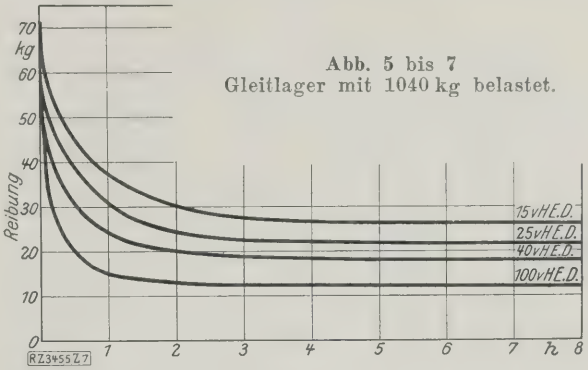



Abb. 5 bis 7
Gleitlager mit 1040 kg belastet.

Abb. 7
Reibung bei 15, 25, 40 und 100 vH Einschaltdauer.

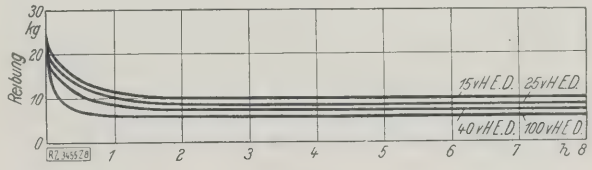



Abb. 8
Reibung bei einem mit 975 kg belasteten Rollenlager.

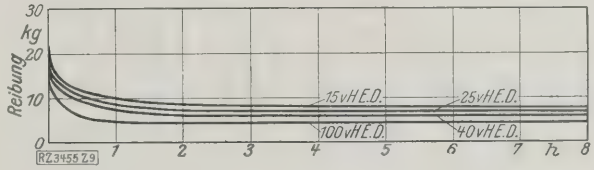



Abb. 9
Reibung bei einem mit 975 kg belasteten Kugellager.

**Zahlentafel 2**

Reibungszahl $\mu$ und Temperatur $t$ °C bei verschiedener relativer Einschaltdauer.

| Relative Einschaltdauer | | 15 vH | | 25 vH | | 40 vH | | 100 vH | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Reibungszahl und Temperatur | | $\mu$ | $t$° | $\mu$ | $t$° | $\mu$ | $t$° | $\mu$ | $t$° |
| Gleitlager | Versuchsbeginn . | 0,075 | 15 | 0,074 | 15 | 0,071 | 16 | 0,071 | 14 |
| | nach ½ h ... | 0,038 | 24 | 0,031 | 28 | 0,026 | 32,5 | 0,019 | 44 |
| | „ 2 „ ... | 0,027 | 35 | 0,022 | 41 | 0,018 | 46 | 0,013 | 62 |
| | „ 4 „ ... | 0,024 | 39 | 0,020 | 45 | 0,017 | 49 | 0,012 | 65 |
| | „ 8 „ ... | 0,023 | 40 | 0,019 | 46 | 0,016 | 50 | 0,012 | 66 |
| Rollenlager | Versuchsbeginn . | 0,030 | 17,5 | 0,029 | 15 | 0,032 | 15 | 0,030 | 15 |
| | nach ½ h ... | 0,012 | 23 | 0,011 | 24,5 | 0,0095 | 27 | 0,0073 | 39,5 |
| | „ 2 „ ... | 0,010 | 28,8 | 0,009 | 33 | 0,0075 | 37 | 0,0058 | 52 |
| | „ 4 „ ... | 0,010 | 29,3 | 0,008 | 35 | 0,0071 | 38 | 0,0056 | 54 |
| | „ 8 „ ... | 0,009 | 30.3 | 0,008 | 35,5 | 0,0068 | 39,5 | 0,0055 | 54,5 |
| Kugellager*) | Versuchsbeginn . | 0,022 | 15 | 0,023 | 14 | 0,023 | 10 | 0,022 | 14 |
| | nach ½ h ... | 0,011 | 19,5 | 0,0092 | 21 | 0,0089 | 21,5 | 0,0061 | 33 |
| | „ 2 „ ... | 0,0080 | 25,5 | 0,0066 | 28 | 0,0063 | 30 | 0,0048 | 42 |
| | „ 4 „ ... | 0,0072 | 28 | 0,0061 | 30 | 0,0055 | 33 | 0,0046 | 44 |
| | „ 8 „ ... | 0,0070 | 29 | 0,0055 | 32 | 0,0053 | 35,5 | 0,0044 | 46 |

*) Ohne Filzringabdichtung.

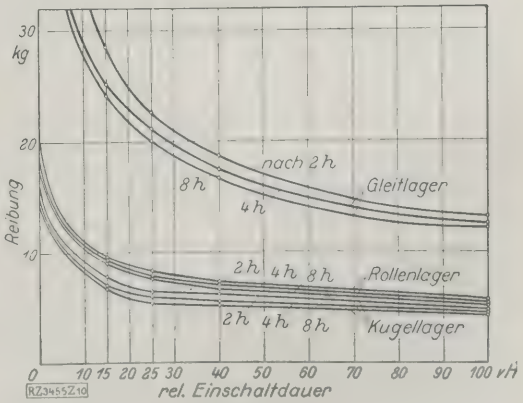



Abb. 10
Reibung abhängig von der relativen Einschaltdauer.

und Kugellager gegenüber den Verhältnissen im praktischen Betrieb wesentlich verkleinert worden war. Die Reibungszahlen, die für die einzelnen Lager und Einschaltzeiten bei Beginn, nach ½-, 2-, 4- und 8stündigem Betrieb gemessen wurden, sind in Zahlentafel 2 zusammengestellt.

### Zusammenfassung

Diese Reibungszahlen gelten zunächst nur für die untersuchten Gleit- und Wälzlager. Da diese aber für die Versuche nicht besonders hergerichtet, sondern von den angegebenen Firmen in handelsüblicher Güte, die Wälzlager ohne Filzabdichtung, geliefert worden waren, ka man die Ergebnisse auch für gleich gute andre Lager nutzen. Es wird sich empfehlen, für die Filzringdichtu der Wälzlagerreibung 30 bis 50 vH zuzuschlagen. Es beabsichtigt, diese Werte noch durch Versuche genau festzustellen.

Die Versuche zeigen, daß die Reibung sowohl Gleit- als auch bei Wälzlagern von der relativen Einsch dauer und der Gesamtbetriebszeit sehr erheblich abhän und daß sie auch bei Wälzlagern erst nach Stunden i Kleinstwerte erreicht. [B 3455]

# Neuere Ergebnisse über die Druckzähigkeit von Ölen

*Von Dr.-Ing. S. KIESSKALT, Frankfurt a. M.*

*Frühere eigene Versuche werden auf Grund neuer amerikanischer Untersuchungen ergänzt. Das Exponentialgesetz für die Zunahme der Zähigkeit $\eta$ unter Druck $a^{p}$ wird bestätigt und ein einfacher Zusammenhang zwischen der Temperaturempfindlichkeit $\frac{d\eta}{dt}$ und der Druckempfindlichkeit $\frac{d\eta}{dp}$ an der Hand von Kurven und Formeln angegeben.*

Zur Jahresversammlung 1927 der American Society of Mechanical Engineers legten *M. D. Hersey* und *H. Shore* eine neue experimentelle Untersuchung[1]) über die Abhängigkeit der Ölzähigkeit vom Druck vor, die abweichend von den älteren amerikanischen Versuchen bei verschiedenen Temperaturen durchgeführt worden ist und somit eine Nachprüfung und Ergänzung meiner Ergebnisse aus dem Jahre 1926[2]), soweit sie allgemeiner Art sind, gestattet. Die Versuche sind nach Zahlentafel 1 an einem fetten Öl (A 1, Lard Oil), drei Mineralölen und einem Sonderöl (A 5, Castor-Oil, m. W. ein sehr zähes Öl für Kraftwagen auf Rizinusöl-Grundlage) durchgeführt und umfassen insgesamt 20 Versuchsreihen bei Temperaturen von 20 bis 100 ° und Drücken bis fast 4000 at. Zur Messung wurde eine ¼"-Stahlkugel verwendet, die in einem Stahlrohr von 10,72 mm Dmr. und einer nutzbaren Länge von 285 mm unter einem Winkel von 15 ° herabrollte; als Wegmarken wurden elektrische Kontakte verwendet. Die von *Bridgman* ausgebildete Druckmessung beruht auf Widerstandmessung mit Manganinkohlen. Die Anordnung bietet nichts grundsätzlich Neues für solche Messungen; es dürfte aber unter einem Winkel von 15 ° in sehr zähen Mitteln nicht immer ganz sicher sein, ob die Kugel nur rollt oder auch etwas gleitet. Auf diesen Umstand sind vielleicht einzelne größere Streuungen in den 350 Einzelmessungen zurückzuführen. Die Abweichungen von den ausgleichenden Kurven der Druckzähigkeit betrugen bis zu ± 15 vH gegenüber ± 4 vH bei meinen Versuchen mit sinkendem Körper nach *Lawaczeck*[2]); doch blieb der mittlere Fehler infolge der großen Häufung der Versuche ebenfalls unter ± 1 vH.

Zahlentafel 1 zeigt die Auswertung der amerikanischen Versuchsreihen nach meinem Schema (s. Forschungsheft 291), allerdings in Poisen. Die erhaltenen Werte liegen durchaus im Rahmen der deutschen Versuche und fügen sich ins Endergebnis ausgezeichnet ein.

[1]) *M. D. Hersey*, Washington, und *H. Shore*, New York, Viscosity of Lubricants under Pressure „Mech. Eng." Bd. 50 (1928) S. 221.

[2]) *Kießkalt*, Untersuchungen über den Einfluß des Druckes auf die Zähigkeit von Ölen und seine Bedeutung für die Schmiertechnik. Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens Heft 291; Berlin 1927, VDI-Verlag.

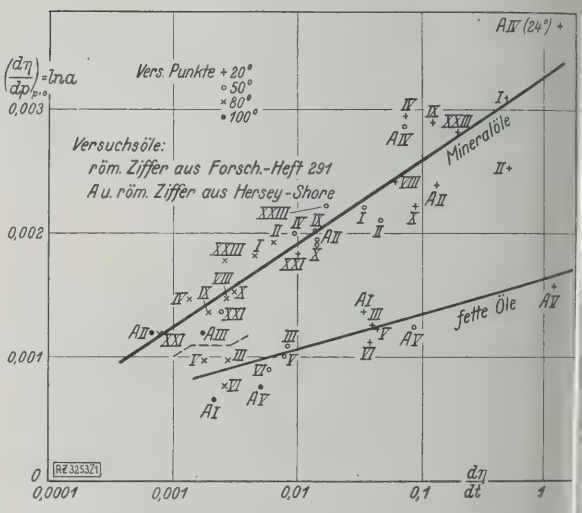



**Abb. 1**
Zusammenhang zwischen Druck- und Temperaturempfindlichkeit der Viskosität von Ölen.

Zu den Ergebnissen im einzelnen sei bemerkt:

1. Das 1926 von mir auf Grund eigener, amerikanisc und englischer Versuche aufgestellte Exponentialgesetz, nach die Zähigkeit bei sich gleichbleibender Temperatur wachsendem Druck $p$ verhältnisgleich einem Faktor ansteigt, ist wiederum bestätigt. Die Druckzähigkeitszah eine jedem Öl eigentümliche Werkstoffkonstante, n durchweg wieder mit steigender Temperatur ab[3]). Le lich bei zwei Versuchsreihen mit dem Öl A5 bei 39 92 °, auffallenderweise aber nicht bei 25, 60 und 10 wird $a$ über 1000 at plötzlich kleiner. Eine ähnliche A nahme bei einem von *Hersey* früher untersuchten Tex (vergl. Forschungsheft 291, S. 2) wurde durch diese ne Versuche bei dem ähnlichen Öl A3 nicht mehr bestätigt.

2. Besondere Aufmerksamkeit ist dem schon früher dritten Bericht des Amerikanischen Schmiermittel-A schusses eingeführten Verfestigungsdruck (solidificat pressure, besprochen im Forschungsheft 291, S. 2) gegengebracht. Danach soll es für jedes Öl bei jeder T peratur einen zugehörigen hohen Druck geben, von ab die Zähigkeit sprungartig zunimmt und das Öl plast

[3]) Vergl. auch *W. Schmidt*, Die allgemeine Bedeutung der W stoffprüfung, Z. Bd. 71 (1927) S. 1127.

**Zahlentafel 1**

| Versuchsöl Nr. / Art / Marke | A 1 Tierisches Öl Lard Oil | | | | A 2 Mineralöl Veedol Medium | | | | A 3 Mineralöl Texaco Medium | | | | A 4 Mineralöl Mobil Oil A | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur $t$ . . °C | 20 | 22 | 80 | 100 | 20 | 50 | 80 | 100 | 20 | 25 | 80 | 100 | 24 | 35 | 50 | |
| Spez. Gew. bei 25° . | 0,91 | | | | 0,88 | | | | 0,92 | | | | 0,93 | | | |
| Abs. Zähigkeit $\eta$ . . (g/cms) | 0,84 | 0,77 | 0,155 | 0,103 | 1,70 | 0,275 | 0,075 | 0,036 | 1,81 ? | 1,26 | 0,082 | 0,0395 | 3,37 | 0,367 | 0,13 | 0, 6 |
| Temperaturempfindlichkeit $\frac{d\eta}{dt}$ . . . . | 0,0332 | | | 0,00213 | 0,126 | 0,0141 | | 0,000688 | 0,1292 ? | | | 0,00167 | 1,37 | | 0,0714 | |
| Druckzähigkeitszahl $a$ . . . . . | 1,001365 | 1,00135 | 1,0008 | 1,000658 | 1,00239 | 1,00194 | 1,00147 | 1,001195 | 1,00326 | 1,00313 | 1,0016 | 1,001191 | 1,00369 | 1,00312 | 1,00285 | 1,0 8? |
| Beob. relative Druckzähigkeit $K$ für 1000 at . . . . . | — | 3,87 | — | 1,93 | 10,9 | — | — | 3,31 | — | 22,9 | — | 3,29 | 39,9 | 22,8 | — | 9, |
| Höchster Versuchsdruck . . . . at | × | 1500 | × | 3500 | 1200 | × | × | 3700 | × | 970 | × | 3300 | 1120 | 1750 | × | 10 |

× in der letzten Zeile bedeutet, daß die Werte dieser Temperaturreihe interpoliert sind.

d. Ganz zweifelsfrei ist diese Erscheinung nur beim dol A2 bei 20 ° und 1050 at ausgeprägt, bei 25 ° aber eits nicht mehr feststellbar. Auch für das Specköl A1 eint bei 22 ° und 1500 at ein solcher kritischer Punkt bestehen. Man kommt zu der Vermutung, daß es tatlich im Bereich niedrigerer Temperaturen, vielleicht erhalb des von *H. Vogel*[4]) beobachteten Hysteresispunktes Kältebeständigkeit derartiges gibt. Auch nach den stellungen, die neuerdings *Kyropulos*[5]) über Molekülntierung und -verkettung in die Ölphysik eingeführt , wären solche Erscheinungen erklärlich. Praktisch sehr htig wären sie für die Erkenntnis der Vorgänge in den orbierten Schichten im Gebiete der halbflüssigen Reig und bei der Metallbearbeitung mit sehr hohen Schnittcken[6]). Künftige Forschungen haben auf jeden Fall n Verfestigungsdruck größte Aufmerksamkeit zuzuden.

3. Zu überraschenden und wichtigen neuen Ergebnis- führte die weitere Untersuchung über die Verwandtaft zwischen Druck- und Temperaturabhängigkeit der kosität. Ich gab gelegentlich meiner früheren Unterungen[6a]) eine Formel für die Temperaturabhängigkeit die, wie das Druckgesetz, Exponentialform hatte, und d auch einen beschränkt anwendbaren rohen Zusammeng zwischen der Druckzähigkeitszahl $a$ und der Tematurzähigkeitszahl $b_0$, in dem noch die Temperatur $t$ Parameter auftrat. Eine spätere Nachrechnung dieser suche von 1926 durch *Walther*[7]) konnte noch weniger riedigen, brachte vielmehr mit einer physikalisch nicht ründeten und ungenaueren Interpolationsformel für die kosität weitere Schwierigkeiten und auch Irrtümer in Zusammenhänge. Die jetzt auf breiterer Grundlage estellte Überlegung führte zu einem einfachen und sehr auen Ergebnis, das zudem dem physikalischen Denken t nahe liegt.

Jedem Punkt der Viskositätskurve $\eta = f(t)$ eines Öles mt eine ganz bestimmte, eindeutige Zähigkeit $\eta$ und eine immte Temperaturempfindlichkeit $\frac{d\eta}{dt}$ (Richtungsfaktor Tangente!), sowie eine bestimmte Druckzähigkeitszahl $a$ Kennzeichnend für das Zähigkeitsverhalten an sich sind ei in erster Linie die Druckempfindlichkeit $\frac{d\eta}{dp}$ für Normalck $p = 0$ gleich $\left(\frac{d\eta}{dp}\right)_0 = \left(\frac{d\,a^p}{dp}\right)_0 = \ln a$ und die Temperaturpfindlichkeit $\frac{d\eta}{dt}$ an der durch die Temperatur $t$ gekennhneten Stelle. Der Absolutbetrag der Zähigkeit dagegen rheint hier nebensächlich. Nachdem es abwegig war, ch eine einzige Zahl die Temperaturempfindlichkeit in im großen Bereich etwa zwischen 20 und 100 ° anzugeben, einmal zu untersuchen, ob nicht $\frac{d\eta}{dt}$ mit $\left(\frac{d\eta}{dp}\right)_0 = \ln a$ mmenhängt. Dementsprechend wurden die Viskositätsven meiner damaligen zwölf Versuchsöle und der neuerigs untersuchten amerikanischen fünf Öle aufgetragen und en Richtungsfaktoren und Temperaturempfindlichkeiten im allgemeinen bei 20, 50, 80 und 100 ° graphisch bemt und deren Logarithmen, Abb. 1, mit den Logarith-

men der Druckzähigkeitszahlen $\ln a = a - 1$ zusammengetragen. Es ergab sich so je eine einzige Gerade für die Mineralöle und die fetten Öle. Die Temperatur $t$ an sich und die Zähigkeit $\eta$ selbst sind also ohne Einfluß, eine physikalisch und technisch gleich wichtige Erkenntnis! Die Gerade für die Mineralöle war durch 30, die für die fetten Öle durch 14 Versuchspunkte belegt, erhalten bei verschiedenen Temperaturen aus zwei ganz verschiedenen und unabhängigen Arbeiten.

Das in den Schaulinien, Abb. 1, enthaltene Gesetz des Zusammenhangs zwischen Temperatur- und Druckabhängigkeit der Viskosität von Ölen lautet allgemein:

$$a = m\left(\frac{d\eta}{dt}\right)^n \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1).$$

Es dürfte für den Physiker beim Aufbau der kinetischen Theorie der zähen Flüssigkeiten von großer Bedeutung werden. Zahlenmäßig nimmt es für praktische Rechnungen folgende Form an:

Mineralöle: $a - 1 = \ln a = 0{,}000674 \log \frac{d\eta}{dt} + 0{,}00326$ . (2a),

fette Öle: $a - 1 = \ln a = 0{,}0002862 \log \frac{d\eta}{dt} + 0{,}00163$ . (2b).

Die Abweichungen nahmen nur bei Temperaturen um 20 ° bei sehr steilem Verlauf der Viskositätskurve Beträge von ± 20 vH von $\ln a$ an, also bei Verhältnissen, bei denen schon die Möglichkeit von paraffinischen Ausscheidungen (Stockpunktnähe)[8]) durchaus gegeben ist. Die übrigen Streuungen halten sich durchweg im Bereich von ± 10 vH, so daß man also nunmehr aus der mit einfachen Mitteln aufgenommenen Temperaturzähigkeits-Kurve sicher auf die Druckzähigkeit und deren kennzeichnende Konstante $a$ ohne schwierige Sondermessung schließen kann.

Auf die im Forschungsheft 291, S. 12 und 13, aufgestellten Betrachtungen allgemein schmiertechnischer Art bleiben die obigen Erkenntnisse ohne Einfluß; die Zusammenhänge waren jedoch vor drei Jahren nur für einen engen Bereich näherungsweise formelmäßig erfaßt worden. An die Stelle der Formeln (14) und (14 a) treten nun die neuen Gleichungen (2 a) und (2 b). Bei der Wahl zwischen zwei Ölen müssen jetzt, wie schon im Forschungsheft 291, S. 14, für einen bestimmten Fall geschehen ist, die Änderungen der Zähigkeit durch Druck und Temperatur zahlenmäßig für die jeweils vorliegenden Betriebsverhältnisse verfolgt werden. Als Grundlage für diese Untersuchungen genügen nunmehr eindeutig die Temperaturzähigkeits-Kurven. Druckzähigkeitsmessungen selbst brauchen nicht vorgenommen zu werden. [M 3253]

[8]) s. *H. Vogel*, a. a. O.

[4]) *H. Vogel*, Über das Verhalten von Ölen beim Erstarren und neizen, „Erdöl und Teer" Bd. 3 (1927) Heft 33.
[5]) *Kyropulos*, Schmiermittelreibung und Strömungsorientierung, techn. Phys. Bd. 10 (1929) S. 46.
[6]) *Kießkalt*, Grundlagen der halbflüssigen Reibung, Z. f. techn. Bd. 9 (1928) S. 207.
[6a]) s. Forschungsheft 291.
[7]) *C. Walther*, Die Temperaturabhängigkeit der Viskosität, „Erdöl n Teer" Bd. 4 (1928) S. 510 u.f.

| | A 5 Pflanzenöl Castor Oil | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 25 | 39 | 50 | 60 | 80 | 92 | 100 |
| | 6,45 | 2,82 | 1,25 | 0,72 | 0,363 | 0,25 | 0,205 |
| | | | 0,0845 | | | | 0,005 |
| 0,74 | 1,00157 | 1,00143 | 1,00124 | 1,001106 | 1,00092 | 1,00088 | 1,000752 |
| | 4,8 | 4,16 | — | 3,02 | — | 2,41 | 2,12 |
| | 1360 | 3300 | × | 2920 | × | 2630 | 2290 |

## Neue Vorschriften für Kupferleitungen

Der Ausschuß für Kupferleitungsnormen, der gemeinsam von der Deutschen Gesellschaft für Metallkunde und dem Verband Deutscher Elektrotechniker gebildet worden ist, hat einen Entwurf für die Änderung der bestehenden Kupferleitungsnormen ausgearbeitet und zur Kritik gestellt[1]). Der Entwurf umfaßt vier Paragraphen:

In § 1 wird festgestellt, welche Höchstwerte des spezifischen elektrischen Widerstandes für Leitungskupfer nicht überschritten werden dürfen. Dabei wird unterschieden zwischen weichgeglühtem, kalt gerecktem — ≧ 1 mm und < 1 mm Dmr. — und weichgeglühtem verzinnten Draht.

§ 2 übernimmt die Forderung des § 2 der bisherigen Kupferleitungsnormen, daß bei isolierten Leitungen und Kabeln die wirksamen Querschnitte grundsätzlich durch Widerstandmessung zu ermitteln sind. Für die Berechnung wird hierbei mit Rücksicht auf Drall und Herstellverfahren ein etwas höherer Wert des spezifischen elektrischen Widerstandes zugelassen, als er in § 1 für die unverarbeiteten Kupferdrähte festgelegt worden ist.

Die Zahl in § 3 für die Erhöhung des Widerstandes mit der Temperatur deckt sich mit dem entsprechenden Werte der bisherigen Kupferleitungsnormen.

§ 4 des neuen Entwurfes stimmt inhaltlich mit dem § 3 der bisherigen Normen überein. *Pa.* [N 3602]

[1]) Der Entwurf mit Erläuterung seitens des Ausschußvorsitzenden ist in Z. f. Metallk. Bd. 21 (1929) Nr. 10 S. 327 veröffentlicht. Einspruchfrist 15. November 1929.

# Die erste Hudson-Brücke bei New York

## mit 1,067 km weit gespannter Mittelöffnung

*Von Dr.-Ing. RUDOLF BERNHARD, Reichsbahnrat, Berlin*

*Nachdem früher bereits d der Ausschreibung zugrun gelegten Entwurfsunterlage geschildert worden sind, folge jetzt nähere Einzelheiten üb die statischen Annahmen b der Berechnung, Baustofffrag und die Gründungsarbeite vor allem insofern sie von de Ausschreibungsentwürfen a weichen, sowie Bilder von d Bauausführung.*

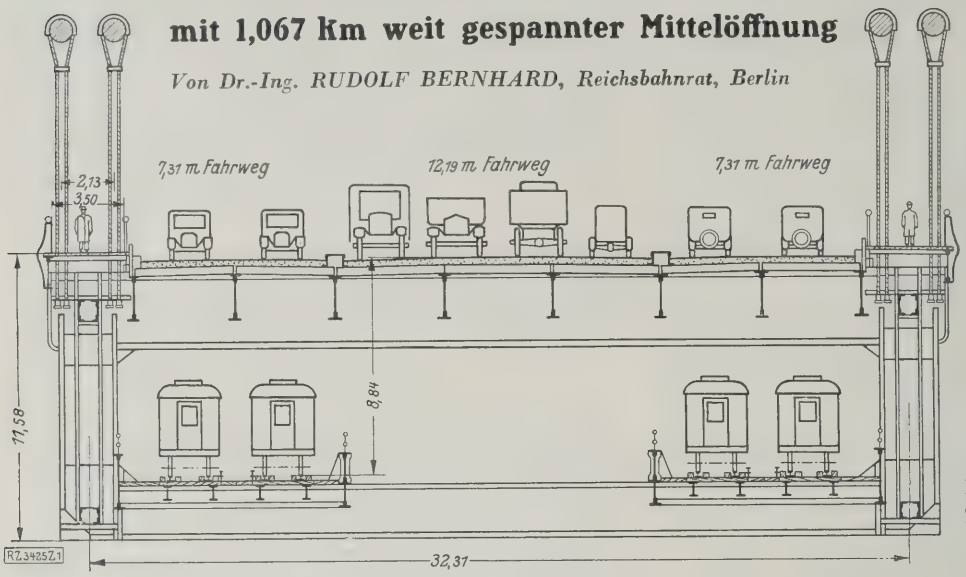



Abb. 1
Normaler Brückenquerschnitt der Hudsonbrücke.

An diesem größten aller amerikanischen Brückenbauten sind seit der letzten Veröffentlichung[1]) des Berichterstatters erhebliche Baufortschritte gemacht worden. Betreffs der Gesamtanordnung, die aus Raumgründen hier leider nicht wiedergegeben werden kann, muß auf Abb. 2 bis 4 der erwähnten Veröffentlichung hingewiesen werden. Als Hauptabweichung[2]) gegenüber dem bereits geschilderten Entwurf ist in erster Linie die geänderte Lage der Haupttragkabel zu erwähnen, Abb. 1; in einer Nebenforderung der Ausschreibungsunterlagen war diese Möglichkeit schon angedeutet, und zwar sind die Kabel oberhalb jedes Hauptträgers anstatt über- jetzt nebeneinander angeordnet; die vier Tragkabel liegen danach in einer waagerechten Ebene, wovon man sich wohl hauptsächlich einen leichteren Zusammenbau verspricht. Beachtenswert ist fernerhin, daß bis auf geringe, vor allem durch die veränderten Größenverhältnisse bedingte Änderungen viele konstruktive Einzelheiten, die sich beim Bau der Delaware-Brücke bei Philadelphia[3]) bewährt haben, beibehalten worden sind. Es i sehr lehrreich, die rasche Entwicklung der größten Kabe hängebrücken aus Abb. 2 und 3 zu entnehmen.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1173.
[2]) Einzelheiten sind z. T. den offiziellen Bauberichten, z. T. dem „Engineering News-Record" entnommen.
[3]) Z. Bd. 70 (1926) S. 1401, Bd. 71 (1927) S. 145, 422, 857.

### Baustoffe

Die in den Ausschreibungsbedingungen geforderten g naueren Eigenschaften der fünf hauptsächlich zur Verwe dung gelangenden Stahlsorten zeigt Zahlentafel 1.

Das Fahrbahngerippe setzt sich zu 38 vH a dem gewöhnlichen Baustahl, zu 56 vH aus Silizium- u zu 6 vH aus Nickelstahl zusammen.

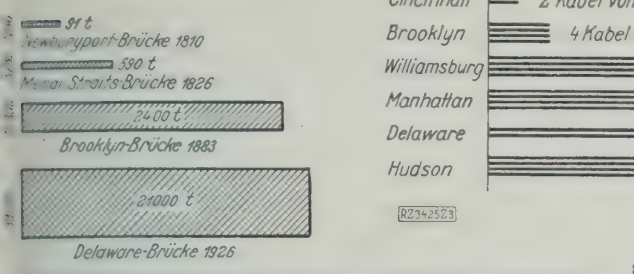
Bemerkenswert ist ferner, daß abweichend von d deutschen Brückenbauvorschriften ein Stanzen und Aufre ben der Nietlöcher auf die erforderliche Größe bei Weite unter 19 mm erlaubt wird, und zwar sind die gestanzte Löcher um 3,2 mm kleiner und die dann aufgerieben Nietlöcher um 1,6 mm größer als die Nietschäfte z machen.

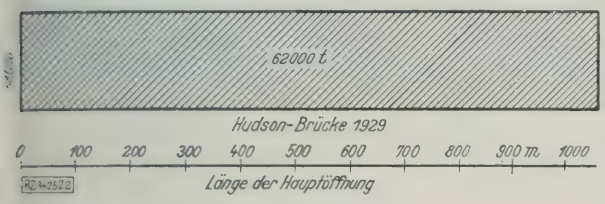
Im übrigen gelten die wohl allgemein bekannten amer kanischen Normen (Standards of the American Socie for Testing Materials).

**Zahlentafel 1**
Eigenschaften der beim Bau der Hudson-Brücke verwendeten Stahlsorten.

| Stahlsorte | Kostruktionsstahl | | | | Nietstahl | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Chemische Zusammensetzung vH | Bruchfestigkeit $\sigma_B$ kg/cm² | Proportionalitätsgrenze kg/cm² | Dehnung auf 20 cm mind. vH | Chem. Zus. vH | Bruchfestigkeit $\sigma_B$ kg/cm² | Proportionalitätsgrenze kg/cm² | Dehnung auf 8 cm mind. vH |
| Gewöhnl. Baustahl | Phosphor nicht mehr als . 0,05<br>Schwefel „ „ „ . 0,05 | 4160 bis 4760 | 2450 | $\frac{105\,000}{\sigma_B}$ | 0,04<br>0,045 | 3220 bis 3920 | 1250 | $\frac{105\,000}{\sigma_B}$ |
| Siliziumstahl | Kohlenstoff nicht über . 0,4<br>Phosphor . . . . . 0,05<br>Schwefel . . . . . 0,05<br>Silizium nicht unter . . 0,2<br>„ nicht über . . . 0,45 | 5600 bis 6650 | 3 150 | $\frac{105\,000}{\sigma_B}$ | | | | |
| Nickelstahl | Kohlenstoff nicht mehr als 0,045<br>Mangan . . . . . 0,70<br>Phosphor . . . . . 0,045<br>Schwefel . . . . . 0,05<br>Nickel nicht unter . . . 3,25 | 6300 | 3 850 | $\frac{105\,000}{\sigma_B}$ | 0,3<br>0,6<br>0,035<br>0,045<br>3,25 | 4900 bis 5600 | 2150 | $\frac{105\,000}{\sigma_B}$ |
| Kabeldraht | Kohlenstoff nicht über . 0,85<br>Phosphor . . . . . 0,04<br>Schwefel . . . . . 0,04 | 15 400 | 10 550 | | | | | |
| Gehärteter Kohlenstoffstahl | | 6300 bis 7350 | 3 640 | auf 20 cm 20 vH | | | | |

Abb. 2
Gewichtszunahme der längsten Kabelhängebrücken.



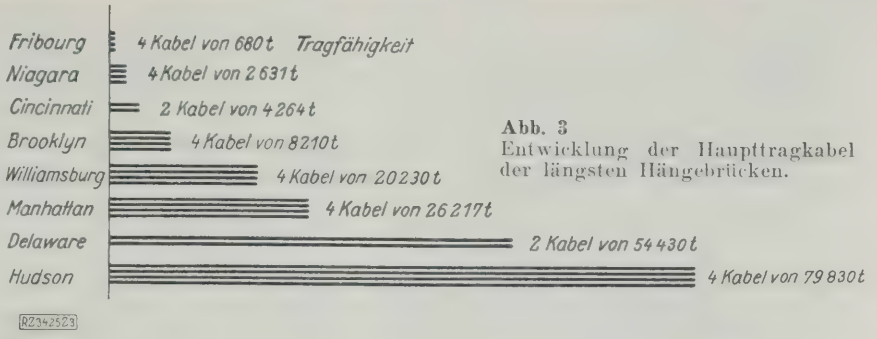




Abb. 3
Entwicklung der Haupttragkabel der längsten Hängebrücken.

### Grundlagen der statischen Berechnung

Die zulässigen Spannungen zeigt Zahlentafel 2.

Über die statische Berechnung selbst ist noch folgendes nachzutragen. Das Eigengewicht in der Mittelöffnung beträgt 58 t auf 1 m Brückenlänge, in den Seitenöffnungen 60 t auf 1 m Brückenlänge, also im Mittel das Vier- bis Fünffache der größten Verkehrslast. Die Stoßzuschläge zur Verkehrslast sind entsprechend der zunehmenden Belastungslänge und -breite vermindert. Die Fahrbahndecke ist daher für einen 23 t-Lastwagen mit 75 vH Stoßzuschlag berechnet, entsprechend 2150 kg/m² oder 6,5 t auf einer Wagenspur. Die 18.30 m langen Längsträger sind für eine Spur mit rund 58 vH Stoßzuschlag, d. h. 1580 kg/m² nur 4,8 t/m dicke vorgesehen; schließlich erhalten die Querträger, die acht Fahrzeugspuren mit 17 vH Stoßzuschlag aufzunehmen, insgesamt 684 kg/m², d. i. 2,1 t/m, für eine Fahrbahnreihe.

Für die Kabel, Türme und Verankerungen ist eine Verkehrslast von 1,2 t/m ohne jeglichen Stoßzuschlag angenommen. Das entspricht etwa einer Reihe von 9 t-Lastwagen in je 15 m Abstand auf allen acht Spuren des Oberdecks und den schwersten elektrischen Zügen in Zugabstand auf den vier Gleisen des Unterdecks. Für den Waagerechtverband der Fahrbahn und der Türme sind 2,2 t auf 1 m Brückenlänge angenommen. Als Temperaturschwankungen sind ± 30 °C der Berechnung zugrunde gelegt. Während die lichte Höhe bei normaler Temperatur in Brückenmitte über M. H.-W. 65 m beträgt, verringert sie sich bei der höchsten Temperatur und Verkehrslast auf 62 m, also um 3 m.

Die Hauptpfosten der Türme, die aus Siziumstahl bestehen (Baustahl wird nur für Versteifungsglieder verwendet), erhalten eine Höchstbeanspruchung durch Normal- und Biegungsspannungen von 1890 kg/cm², vergl. Zahlentafel 1, durch Biegungsspannungen allein jedoch nur 1610 kg/cm².

Gemäß Voraussetzung der statischen Berechnung ist danach zu streben, daß die Kabel unter voller Eigengewichtsbelastung und normaler Temperatur Parabelform aufweisen, damit für diesen Belastungfall der Versteifungsträger möglichst spannungslos ist. Zu diesem Zweck sind die Spitzen der Haupttürme nach ihrer Fertigstellung, also bei voller Eigengewichtbelastung, landeinwärts zu verschieben.

Dem Unternehmer wird freigestellt, ob er die lotrechte Stellung der Türme nach dem Spinnen der Hauptkabel durch Festlegen der Turmsättel und Zurückziehen der Türme mit Seilen und Winden erreichen will, wozu eine waagerechte Kraft von etwa 68 t an der Turmspitze für je 2,54 cm Verschiebung erforderlich ist, oder aber durch vorheriges Verschieben der Turmsättel und nachträgliches Vorpressen um etwa 48 cm. Um die störenden Temperatureinflüsse (z. B. Sonnenbestrahlung) während des Spinnvorganges im Verlauf eines Tages auszuschalten, sollen die fertig gesponnenen Stränge nur in den frühen Morgenstunden ausgeglichen werden.

### Kabel

Von dem Kabeldraht, dem wichtigsten Konstruktionsteil, sei folgendes erwähnt: Die verzinkten Einzeldrähte von 4,98 mm Dmr. sollen in Längen von 1200 m hergestellt und gestapelt werden, Abb. 4. Die Spleiße müssen mindestens 95 vH der Drahtfestigkeit aufweisen und sind genau wie bei der Delaware-Brücke in Form von Spannschlössern auszubilden. Jedes Kabel besteht aus 61 parallelen Strängen, ein Strang aus 434 verzinkten Einzeldrähten, das Kabel also aus insgesamt 26 474 Drähten, die zusammen 5161 cm² Querschnitt von 91,4 cm Dmr. nach dem Zusammenpressen ergeben. Die Beanspruchung des ganzen Kabels beträgt 29 600 t oder 5740 kg/cm², seine Zerreißfestigkeit 81 500 t. Alle beim Spannen der Kabel der Delaware-Brücke gemachten Erfahrungen sind bereits in den Ausschreibungsunterlagen verwertet worden. So ist z. B. vorgeschrieben, daß die Türme bei einer Temperatur von 10 °C und einem Kabeldurchhang von 99 m lotrecht stehen müssen, und zwar bei einer Belastung durch volles Eigengewicht einschließlich Unterdeck. Der Durchhang der Kabel unter ihrem Eigengewicht allein beträgt nur 93 m.

**Zahlentafel 2**
Zulässige Spannungen der verwendeten Stähle.

| Stahlsorte | Im Zugquerschnitt mit Nietabzug kg/cm² | Im Druckquerschnitt Formel | Im Druckquerschnitt größter Wert kg/cm² | Druckbeanspruchung in der äußersten Faser Formel | Druckbeanspruchung in der äußersten Faser größter Wert kg/cm² | Scherspannung kg/cm² | Lagerdruck kg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gewöhnlicher Baustahl | 1400 | $1400 - 4{,}2\,l/r^{1})$ | 1190 | $1400 - 14\,l/b^{2})$ | 1190 | 875 | 2100 |
| Siziumstahl | 1890 | $1890 - 5{,}6\,l/r$ | 1610 | $1890 - 15{,}9\,l/b$ | 1610 | 1190 | 2800 |
| Nickelstahl | 2310 | $2310 - 7\,\ l/r$ | 1960 | $2310 - 23{,}1\,l\,b$ | 1960 | 1400 | 3500 |
| Kabeldraht (ohne Nebenspannung) | 5740 | | | | | | |
| Niete: Maschinennietung | 350 | | | | | 875 | 1750 |
| Handnietung | | | | | | 700 | 1400 |
| Gehärtet. Kohlenstoffstahl | 3500 | | | | | | |
| Bronze | | | | | | | 56 |
| Gußeisen | | | | | | | 70 |

[1]) $l$ Knicklänge, $r$ Trägheitshalbmesser. [2]) $b$ Flanschbreite.

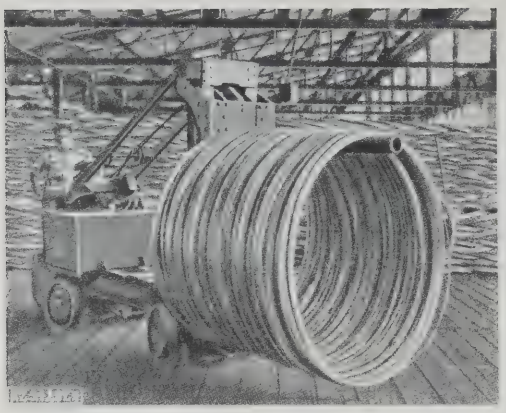


Abb. 4
Lagerung der Kabel und Förderwagen für die Kabelrollen.
Jede Rolle enthält rd. 1200 m Kabeldrahtlänge.

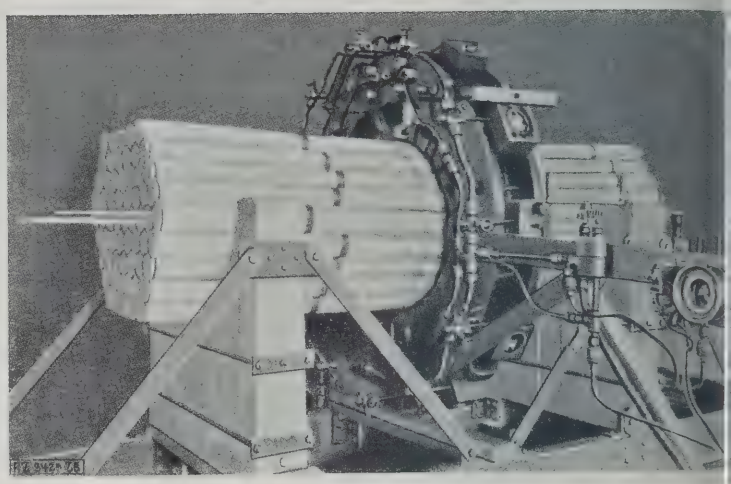


Abb. 8. Kabelversuchsmodell vor dem Zusammenpressen.
Das Modell war in natürlicher Größe mit 3,50 m Länge hergestellt.

### Haupttürme

Besondere Sorgfalt ist der Ausbildung der 182 m hohen Haupttürme zuteil geworden. Wie im vorigen Bericht bereits mitgeteilt wurde, soll das 17 600 t schwere Stahlgerippe mit Beton ausgegossen und mit Granit verkleidet werden. Beton und Granit sind beide nicht tragende Bauteile, sondern nur als Wetterschutz und wegen der äußerlichen Erscheinung gewählt. Eigengewicht und Verkehrslast der Riesenbrücke erzeugen im ungünstigsten Fall eine lotrechte Kabelauflast von rd. 101 000 t je Turm und einen Zug in der Waagerechten von rd. 100 000 t je Turm und Doppelkabel.

Die Türme bestehen im wesentlichen aus vier in Brückenrichtung hintereinander stehenden, dreistöckigen, steifen Fachwerkrahmen, von denen im oberen Teil die inneren Pfosten in erster Linie die Auflagerkräfte übertragen, Abb. 5 bis 7. Das endgültig gewählte Netzwerk entspringt einer Reihe von theoretischen und praktischen Untersuchungen mit den verschiedensten Fachwerkausbildungen. Das schließlich zur Ausführung bestimmte System ergab die gleichmäßigste Verteilung auf die vier unteren Auflager eines Rahmens, und zwar in den äußeren Pfosten 46.7 vH anstatt des Idealfalles

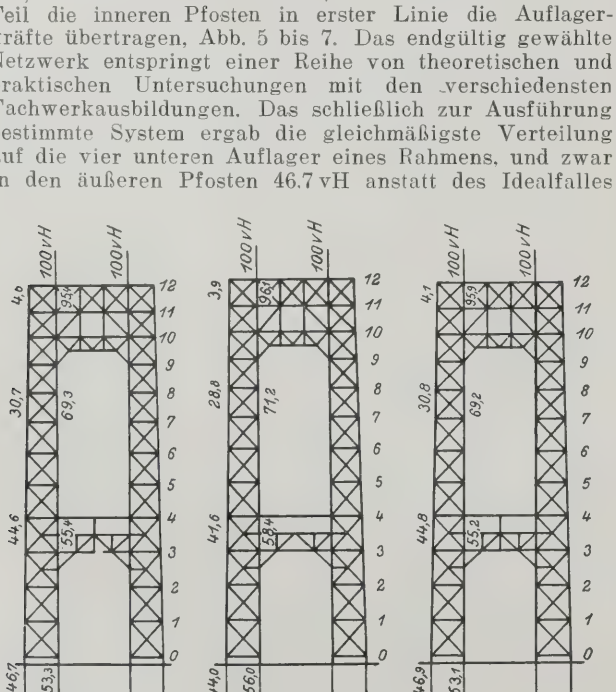



Abb. 5 Abb. 6 Abb. 7

Abb. 5. Ergebnis der statischen Berechnung.
Abb. 6. Ergebnisse der statischen Berechnung mit einer um 50 vH geringeren Elastizitätszahl für die Schrägen.
Abb. 7. Ergebnisse am Versuchsmodell.

Abb. 5 bis 7
Verteilung der Kräfte auf die Pfosten eines Haupturmrahmens bei Annahme einer lotrechten Belastung von 100 vH auf jedem Kabelsattel.

von 50 vH (in den inneren Pfosten demnach 53,3 vH). Auch ist ein Nachgeben der Nietanschlüsse aller Schrägen um 2,5 mm an je einem Ende durch Verminderung der Elastizitätszahl der Diagonalen in der Berechnung berücksichtigt worden.

### Versuche

Um diese Annahmen zu prüfen, insbesondere die Verteilung der Spannungen über den gesamten Turmquerschnitt, hat man Modellversuche gemacht. Die Lasten sind als Zugkräfte angebracht, um ein Ausknicken des daher umgekehrt aufgehängten Modells zu verhindern. Die mit Spannungsmessern (nach *Huggenberger*) gewonnenen Ergebnisse an den aus Zellulloid nachgebildeten Vergleichsmodellen (Maßstab 1 : 25) stimmten ziemlich genau mit den theoretischen Berechnungen des vielfach statisch unbestimmten Systems des Turmnetzwerks überein.

Schließlich ist als Modellversuch in natürlicher Größe die geforderte Herstellung eines Kabelstückes von 3,50 m Länge zu erwähnen, Abb. 8, das zusammengepreßt erst zur Bestimmung des endgültig nach festzulegenden genauen Gesamtdurchmessers sowohl des Kabels, als auch der Kabelschellen gedient hat.

### Gründungen

Die Gründungsarbeiten werden inzwischen wohl zum größten Teil beendet sein und sind durch ihre große Ausdehnung bemerkenswert.

Jedes Kabel, das hinter den Umlenktürmen auf der Wasserseite der Kabelfundamente durch starke Kabelmuffen nochmals zusammengefaßt wird, löst sich sodann in seine 61 Stränge auf, die wiederum an 122 Augenstäbe aus gehärtetem Kohlenstoffstahl angeschlossen werden, Abb. 9 und 10. Abb. 11 zeigt im Vordergrund die fertig eingebauten Augenstäbe kurz vor dem Einbetonieren mittels der 80 m hohen Gießtürme und der geschlossenen Verteilungsrinnen.

Die Kabel werden auf der Seite von New Jersey nicht, wie üblich und z. B. auch auf der New-Yorker Seite, in einem Betonfundament, also durch die genau bekannte Schwerkraftwirkung derartiger Widerlager, sondern in dem anstehenden Felsen des Flußufers, also in erster Linie durch die weniger zuverlässig bekannte Scher- und Zugfestigkeit des gewachsenen Bodens verankert.

Nach umfangreichen Bohrungen und geologischen Forschungen hat man sich entschlossen, in dem natürlichen Felsen auf der Seite von New Jersey durch Vortreiben eines 75 m langen Stollens die Verankerung vorzunehmen, wobei nicht weniger als 170 000 m³ Fels einschnitt und Tunnelaushub zu bewältigen sind.

Die Turmgründungen bestehen aus zwei getrennten rechteckigen Fundamenten von 46,8 m Achsabstand und je 29,9 m × 27,10 m Querschnitt. Die Ausführung erfolgte mit offenem Fangedamm. Nach

ggern des Flußbodens auf 14 bis 25 m Tiefe unter asser wurden sechs waagerecht und lotrecht aus-steifte Holzgerippe nacheinander abgesenkt. Sodann ırde eine doppelte Reihe eiserner, in Deutschland her-stellter, bis 26 m langer Larssenspundwände bis auf n Felsboden gerammt, Abb. 12; ihre Zwischenräume rden dann ausgebaggert und mit Beton ausgefüllt. ter dem Schutz der zuerst erwähnten Versteiung, gegen die sich die Fangedämme abstützen, nn dann das Auspumpen, Ausbaggern, sorgfältige einigen des Felsbodens und schließlich das Ausbetonieen der Baugrube folgen, Abb. 13.

### Werkstatt- und Zusammenbauarbeiten

Einzelheiten, die den bisherigen Bauvorgang uf der Baustelle deutlich darstellen, gehen aus bb. 11, 14 und 15 hervor. Abb. 15 zeigt insbesondere n größten, etwa 20 000 cm² enthaltenden Querschnitt ı Turmfuß von 136 t Gewicht unmittelbar oberhalb der uflager, in der Werkstatt fertig zur Beförderung, bb. 14, die bereits aufgebauten acht Turmfußlager auf m fertigen Fundament. Der fast fertig aufgestellte urm der New-Yorker Seite ist in Abb. 11 wiedergeben. Die sogenannten Kriechkrane von je 100 t Tragaft, die sich seitlich anklammern, sind deutlich erennbar.

Der letzte Bericht meldete bereits die Verlegung der sten Aufhängekabel für die Montagestege der Hauptagkabel. Nach den bisherigen Baufortschritten kann an also damit rechnen, daß die Brücke planmäßig auch ı Frühjahr 1932 eröffnet werden wird.

### Massen und Kosten

Das gesamte Eisengewicht beträgt 109 000 t. Davon ıtfallen 35 000 t auf die Türme, 15 000 t auf die Fahrhn, 26 000 t auf die Kabel, 13 000 t auf die Hängeseile, 000 t auf die Gußstücke und 20 000 t auf die Verkerung. Die Kosten betragen für die Türme 10 Mill., r die übrigen Teile 12 Mill., also insgesamt 22 Mill. $.

An Boden mußten 306 000 m³ ausgehoben werden. ie Menge des eingebauten Betons beträgt 355 000 m³, ährend an Steinverkleidung 43 000 m³ und an Bewehngseisen 9000 t erforderlich waren. Der erste Ausbau ostet insgesamt 60 Mill. $, der zweite 15 Mill. $.

### Wirtschaftlichkeit

Die voraussichtliche Entwicklung des Verkehrs bis 60 zeigt Zahlentafel 3.

**Zahlentafel 3**
Auf Grund von Verkehrzählungen eschätzte Verkehrsentwicklung bis 1960.

| Jahr | Fahrzeuge Mill. | Fußgänger Mill. | Fahrgäste Mill. | Autobusse Mill. |
|---|---|---|---|---|
| 1932 | 8,1 | 1,4 | 18,9 | 0,5 |
| 1935 | 9,9 | 1,7 | 22,3 | 0,6 |
| 1950 | 15,0 | 2,9 | 38,6 | 1.1 |
| 1960 | 16,3 | 3,2 | 50,3 | 1,6 |

**Abb. 11.**
Turm und Widerlager der New-Yorker Seite.
Bauzustand 1928. Augenstabketten zum Anschluß der Stränge der Hauptkraftkabel fertig verlegt. Widerlager für die Kabelumlenktürme betoniert.

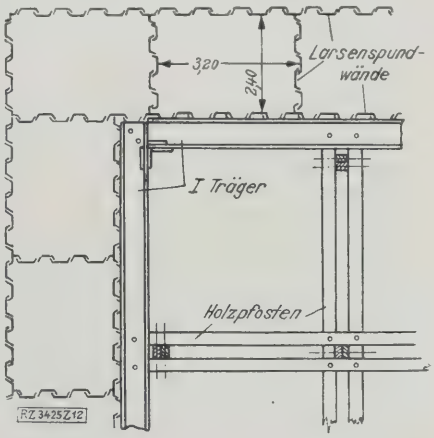



**Abb. 12**
Anordnung der Spundwände bei der Pfeilergründung.
Flußseitige Ecke.

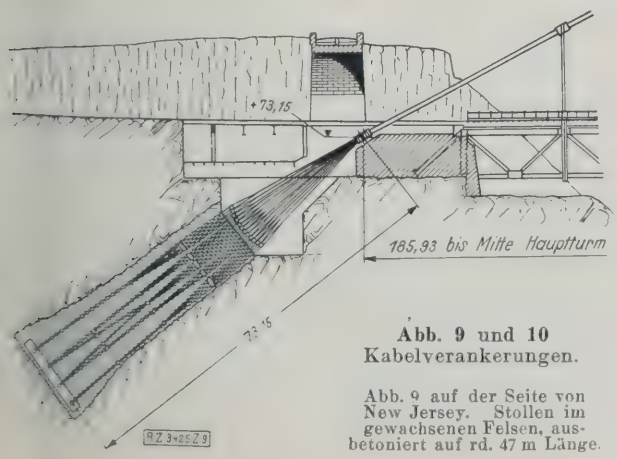



**Abb. 9 und 10**
Kabelverankerungen.

Abb. 9 auf der Seite von New Jersey. Stollen im gewachsenen Felsen, ausbetoniert auf rd. 47 m Länge.

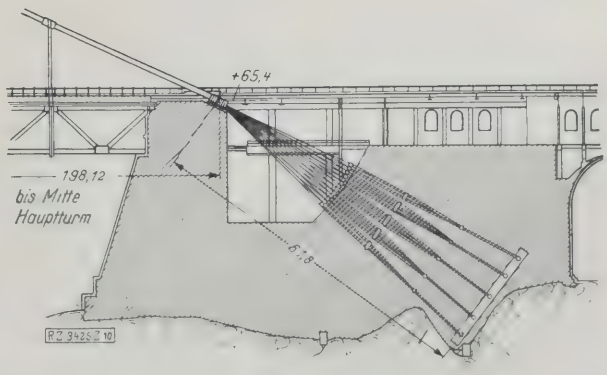



Abb. 10 auf der Seite von New York.
Die Gründung enthält rd. 80 000 m³ Beton.

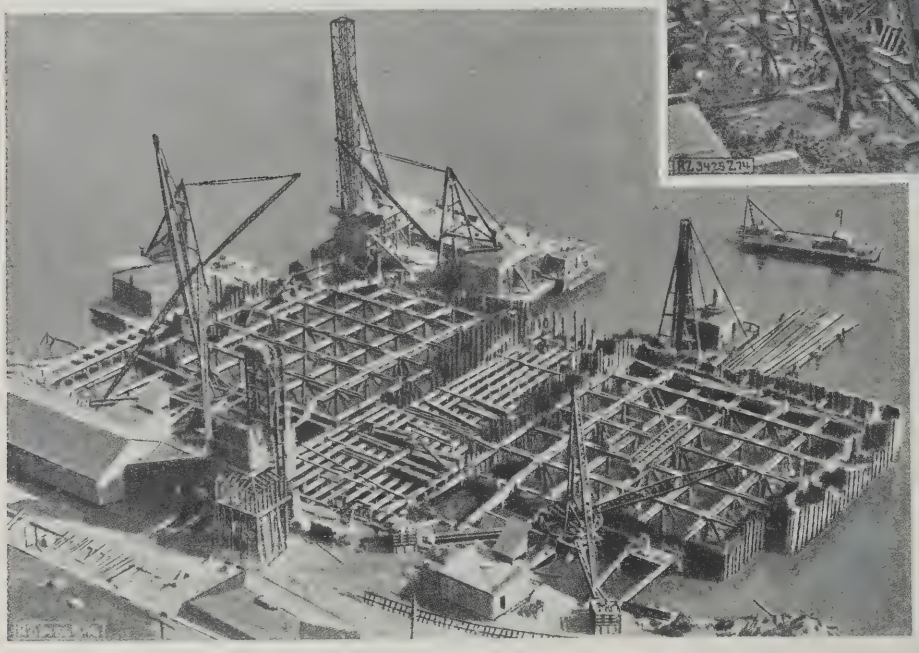
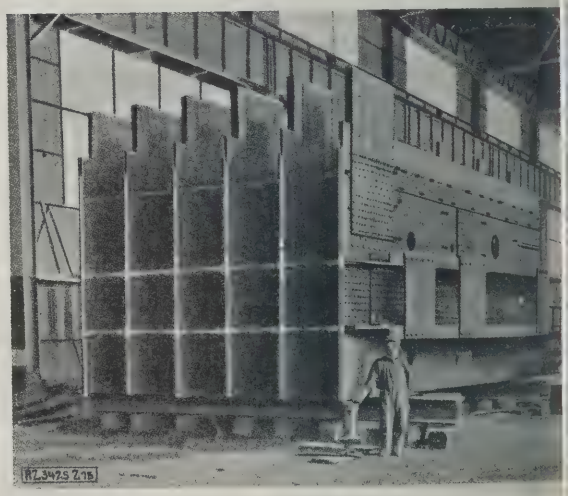


Abb. 13 (unten)
Turmgründung auf der New-Yorker Seite.
Zwei getrennte rechteckige Fundamente von je 29,9 m × 27,1 m Querschnitt.
Offener Fangedamm mit einer doppelten Reihe bis zu 26 m langen Larsenspundwände.

Abb. 14
Auflager und unterstes Pfostenstück des Turmfußes auf dem Fundament.

Abb. 15
Hauptturm.
Pfostenstück von 20 000 cm² Querschnitt in der Werkstatt
Gewicht 133 t.



Auf Grund eines Brückenzolls von 1 $ je Fernautobus, 75 Cent je Nahautobus und 50 Cent je Fahrgast und Fußgänger ist folgende Wirtschaftlichkeitsrechnung aufgestellt, Zahlentafel 4.

**Zahlentafel 4**
Auszug aus der Wirtschaftlichkeitsrechnung

| Jahr | Zolleinnahmen Mill. $ | Zinsen Mill. $ | Rücklage Mill. $ | Reingewinn Mill. $ |
|---|---|---|---|---|
| 1932 | 5,25 | 2 25 | — | — |
| 1935 | 6,4 | 2,25 | 0,2 | 3,95 |
| 1940 | 8,6 | 1,98 | 3,0 | 3.62 |
| 1953 | 13,1 | 0,09 | 1,0 | 12,01 |

Dies für europäische Verhältnisse etwas optimistisch anmutende Ergebnis, das ab 1935, also bereits drei Jahre nach Betriebseröffnung, mit einem Reingewinn von 3,95 Mill. $ rechnet, erscheint jedoch, mit den bereits bekannten Zahlen der Delaware-Brücke verglichen (fast 100 vH Verkehrsteigerung im dritten gegenüber dem ersten Betriebsjahre), nicht mehr so unwahrscheinlich.

[B 3425]

## Probefahrt des größten japanischen Fahrgastmotorschiffes

Die Ergebnisse der erfolgreichen Probefahrt der „Asama Maru", des größten japanischen Fahrgastmotorschiffes, liegen jetzt vor. Die Nippon Yusen Kaisha Gesellschaft, Tokio, hat noch ein Schwesterschiff bei den Mitsubishi Dockyards in Nagasaki im Bau. Sie haben 184 m Länge, 23,6 m Breite und 13,8 m Seitenhöhe bei 16 500 B.-R.-T. Raumgehalt. Die Schiffe erhalten Vierschraubenantrieb und vier achtzylindrige Sulzer-Zweitaktmotoren mit 16 000 PS Gesamtnutzleistung bei 19 Kn Dienstgeschwindigkeit. Sie sind eingerichtet für 239 Fahrgäste 1. Klasse, 69 Fahrgäste 2. Klasse und 504 Fahrgäste 3. Klasse.

Bei der Meilenfahrt erreichte die „Asama Maru" 2 Kn mehr als die vertraglich festgelegte Geschwindigkeit, nämlich 21 Kn, wobei die Motoren 19 600 PS bei 127,3 U/m leisteten, entsprechend einer Überlast von 23 vH. Wed bei dieser Überlast, die man während mehrerer Stund beibehielt, noch bei gewöhnlicher Fahrt haben sich i Schiff irgendwelche Vibrationen bemerkbar gemacht. B sonders sorgfältig hat man die Brennstoffmessungen durc geführt und hierfür besondere Meßtanks eingebaut. D Brennstoffverbrauch betrug im Mittel nur 0,172 kg/PS obwohl man Tarakan-Brennöl verwendet hat. Diese Za gehört zu den vorteilhaftesten, die man bis jetzt bei Diese motoren erzielt hat. Insgesamt hat man 24 Manöver nac einander ausgeführt und dabei einen sehr günstigen Luf verbrauch von 3,08 l je PS und Manöver festgestellt. D „Asama Maru" wird jetzt den Verkehr im Stille Ozean zwischen Yokohama und San Francisco aufnehme

[N 3565]

# Die Anforderungen des Lokomotivbaues an den Dieselmotor

*Von F. MEINEKE, Berlin*

***Bis jetzt sind die Diesellokomotiven so teuer und vielteilig gebaut worden, daß ihre Wirtschaftlichkeit nur bei sehr niedrigem Brennstoffpreis gesichert ist. Besonders teuer sind die Getriebe zwischen Motor und Triebrädern, weil Dieselmotoren gewöhnlicher Bauart benutzt worden sind. Der Eisenbahnbetrieb erfordert einen anpassungsfähigen Motor von gleichbleibender Leistung in weiten Geschwindigkeitsgrenzen. Der Kolben, Bauart Schweter, ermöglicht einen solchen Motor. Gewichtsverminderung soll nicht allein durch schnellen Lauf, sondern durch geschickte Bauart mit gleichmäßig hoher Beanspruchung der Bauteile erreicht werden. Schneller Lauf zwingt zur Erhöhung der Zylinderzahl, während mit Rücksicht auf Erhaltung und Überwachung größte Einfachheit nötig ist. Erschütterungsfreier Lauf läßt sich auch bei kleiner Zylinderzahl mittels paarweise entgegengesetzt umlaufender Gegengewichte erreichen. An einem Beispiel wird die erreichbare Einfachheit gezeigt, die für eine wirtschaftliche Diesellokomotive erforderlich ist.***

Man kann in der Geschichte des Maschinenbaues stets beobachten, daß neue Maschinen zunächst einmal us alten Elementen gebildet werden. Das ist ganz na-rlich, weil die Kombination alter Elemente schon so iel neue Erfahrungen zeitigt, daß man froh ist, vor n Erfahrungen mit neuen Elementen geschützt zu sein.

So entstanden die ersten Diesellokomotiven aus dem usammenbau von Unterseeboot-Dieselmotor, Stromerzeu-er und Achsvorgelegemotor. In den Vereinigten Staa-n von Amerika baut man auch heute noch die Diesel-okomotive nicht anders. An Stelle von elektrischer bertragung kann ein Ölgetriebe oder Luftübertragung eten; der Dieselmotor bleibt aber unverändert und die nze Anpassung an wechselnde Geschwindigkeit und ugkraft wird dem Zwischengetriebe aufgebürdet. Alle lche Kraftübertragungen werden aber so schwer und uer, daß die Wirtschaftlichkeit der Diesellokomotive erall dort zweifelhaft wird, wo die Brennstoffkosten cht sehr niedrig sind. Die Technik ist stets bestrebt, le Zwischengetriebe auszuschalten, die den Preis er-hen und den Wirkungsgrad senken. Der Lokomotiv-u muß also ebenfalls, um zu einem einfachen wirt-haftlichen Aufbau der Diesellokomotive zu kommen, e Entwicklung eines Lokomotivdieselmotors anstreben, n dem folgendes zu verlangen ist:

Vor allem größte Anpassungsfähigkeit, mit ein Getriebe vermieden werden kann, oder sich f ein paar Zahnräder beschränkt.

Die Lücken in der *ZV*-Schaulinie, Abb. 1, kann man durch ausfüllen, daß man den Motor bei abfallender Drehzahl auflädt, so daß das Produkt aus Drehzahl und ittlerem Druck oder aus Drehzahl und Zugkraft, mit dern Worten also die Leistung unveränderlich bleibt. le

### Regelung auf gleichbleibende Leistung

ingt die Diesellokomotive der Dampflokomotive am chsten. Gleichbleibende Leistung bedeutet mit großer näherung unveränderlich große abzuleitende Wärme-engen aus den Zylindern, dem Triebwerk und dem Kühler, o beste Ausnutzung der wichtigen hierfür nötigen Ein-htungen. Auch bei hohen Drehzahlen die Zylinder auf-zladen, würde gar keinen Vorteil bringen; die Folge wäre ie Überhitzung der Zylinderwände, Heißlaufen des Trieb-rkes und Kochen des Kühlers. Es wäre dasselbe, wie nn der Führer einer Dampflokomotive bei 90 km/h Ge-swindigkeit die Steuerung voll auslegen würde; die Fol-gen wären ebenso verderblich: Rohrlecken infolge Über-anstrengung des Kessels, Aufreißen des Feuers, Heißläufer. r Vergleich zeigt, daß Dampf- und Dieselmaschine gar nicht so verschieden sind. In beiden Fällen ist die Leistung durch thermische Rücksichten, d. h. die Entfernung der mit jedem Wärmekreislauf unumgänglich abzuleitenden Wärmemengen beschränkt. Deshalb ist diejenige Regelung des Dieselmotors am besten, bei der die an den empfindlichsten Stellen abzuleitenden Wärmemengen stets gleich groß sind, und das ist eben ziemlich genau die Regelung auf gleichbleibende Leistung.

Diese Regelung tritt selbsttätig ein, wenn man dem Motor unveränderliche Mengen an Luft und Brennstoff zuführt. Von dem Gedanken, hierzu einen Hilfsmotor zu benutzen (dessen Drehzahl verhältnisgleich der Hauptdieselmotorleistung ist), ist man bald abgekommen und hat den Vorzug einem Aufladeverfahren gegeben, bei dem nur die Aufladeluft vom Hilfsmotor gefördert wird. Der mittlere Druck im Zylinder kann leicht auf etwa das 1,4fache gesteigert werden. Man wird für mittlere Verhältnisse nur auf das 1,25fache aufladen, bei höheren Drehzahlen etwas drosseln und nur im Notfalle den mittleren Druck auf das 1,5fache steigern.

Dieses Verfahren läßt sich noch in einem Dieselmotor gewöhnlicher Bauart durchführen. Soll die Aufladung aber stärker werden, so ist der tote Raum im Zylinder zu vergrößern, worauf *Seiliger*[1]) zuerst mit Nachdruck hingewiesen hat. Die von ihm vorgeschlagene Konstruktion erlaubt aber, den toten Raum nur in engen Grenzen zu verändern, und wirkt auch nicht selbsttätig.

### Das Schwetersche Verfahren

Im Gegensatz dazu steht die Bauart *Schweters*, Abb. 2, der den Kolbenboden mit Hilfe von Reibungsfedern nachgiebig macht. Bei starker Aufladung wird die Feder zusam-

[1]) Sonderheft „Eisenbahnwesen" dieser Zeitschrift S. 63, Berlin 1925.

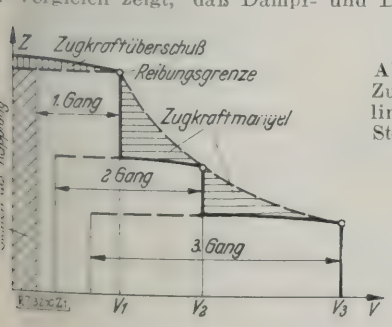



**Abb. 1**
Zugkraft - Geschwindigkeits - Schaulinie einer Diesellokomotive mit Stufengetriebe.

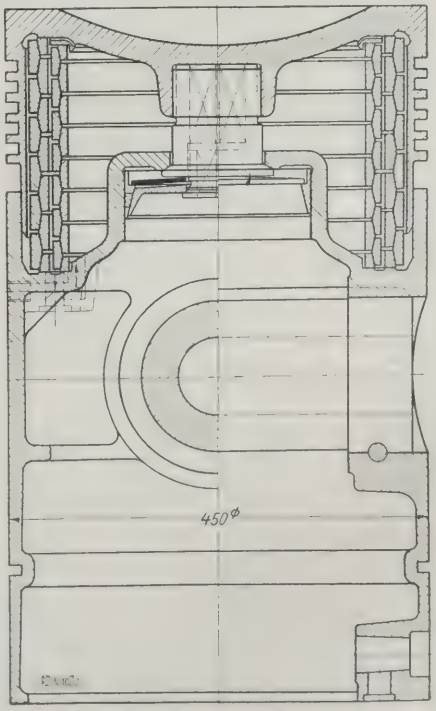



**Abb. 2**
Kolben, Bauart *Schweter*, mit durch Uerdinger Ringfeder abgefedertem Kolbenboden, der bei Aufladung selbsttätig den toten Raum an das Luftvolumen anpaßt. (DRP 461 459, 461 963, 467 372.)

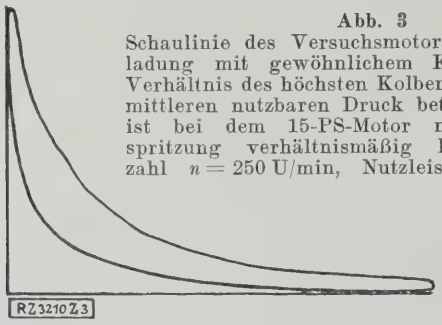



**Abb. 3**
Schaulinie des Versuchsmotors ohne Aufladung mit gewöhnlichem Kolben. Das Verhältnis des höchsten Kolbendruckes zum mittleren nutzbaren Druck beträgt 8,3; es ist bei dem 15-PS-Motor mit Lufteinspritzung verhältnismäßig hoch. Drehzahl $n = 250$ U/min, Nutzleistung 15 PS.

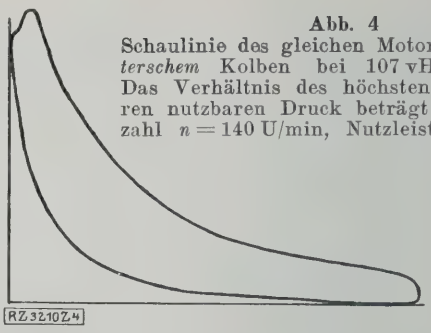



**Abb. 4**
Schaulinie des gleichen Motors mit *Schwetterschem* Kolben bei 107 vH Aufladung. Das Verhältnis des höchsten zum mittleren nutzbaren Druck beträgt 4,65. Drehzahl $n = 140$ U/min, Nutzleistung 17,4 PS.

mengedrückt, so daß sich der tote Raum vergrößert und zu starkes Ansteigen des Kolbendruckes vermieden wird. Die Schaulinien verlieren also ihre Spitze, Abb. 3 und 4, und das Verhältnis von indiziertem Höchst- zu nutzbarem Mitteldruck wird wesentlich günstiger. Das wirkt nicht nur vorteilhaft auf das Triebwerk, sondern verbessert auch den mechanischen Wirkungsgrad. Die Folge davon ist eine äußerst geringe Veränderung des spezifischen Brennstoffverbrauches bei Aufladung, Abb. 5, wie die Versuche im Maschinenlaboratorium der Technischen Hochschule, Berlin, an einem gewöhnlichen Dieselmotor ergeben haben. Die Luft für den Motor lieferte ein mit unveränderlicher Drehzahl laufendes Gebläse, das man zweckmäßig auf der Lokomotive von einer Abgasturbine antreiben läßt. Bei normaler Drehzahl des Dieselmotors tritt die Verbrennungsluft mit Außenluftdruck ein; in dem Maße, wie die Drehzahl abfällt, steigt die Aufladung, so daß die Leistung fast unveränderlich bleibt, Abb. 6. Der *Schwetersche* Kolben gewährt also auf einfachste Weise die gleiche Anpassungsfähigkeit wie die Dampfmaschine, von der man verlangt, daß sie etwa bei ⅓ der Höchstgeschwindigkeit die größte Zugkraft hergibt. Innerhalb dieser Grenzen hat sich mit dem *Schweterschen* Kolben der spezifische Brennstoffverbrauch nur um 15 vH geändert. Nun werden alle Zwischengetriebe entbehrlich; es genügt eine feste Zahnradübersetzung und man nähert sich dem Ideal der unmittelbar wirkenden Maschine. In diesem Ideal ist schon ein andres enthalten, nämlich:

**größte Einfachheit.**

Hiergegen wird noch stark verstoßen, ja noch schlimmer: Die Diesellokomotiven werden vielteiliger. Viele Konstrukteure von Diesellokomotiven kennen eben viel zu wenig den rauhen Eisenbahnbetrieb und glauben mit der Überwachung und schonenden Behandlung rechnen zu können, die im Maschinenhause einer Landanlage möglich ist. Einfachheit ist zwar nicht gleichbedeutend mit Betriebsicherheit, die erst bei vollkommener Ausbildung aller Einzelteile gewährt ist, aber sie sichert leichte Überwachung und Unterhaltung, sowie geringe Kosten. Aus Gründen der Einfachheit soll das Getriebe höchstens zweigängig sein; am besten wäre feste Übertragung. Der Motor soll möglichst wenig Zylinder haben. Jeder überflüssige Zylinder erhöht die Bau- und Erhaltungskosten, erschwert die Aufsicht und vermindert so die Wirtschaftlichkeit.

**Der Motor soll leicht sein,**

damit die Diesellokomotive nicht schwerer als die gleich starke Dampflokomotive wird. Das beliebteste Mittel zu Gewichtsverminderung besteht in sehr schnellem Lauf. Das fördert aber nicht die Betriebsicherheit, sondern erhöht die Erhaltungskosten und führt unvermeidlich zu einer Erhöhung der Zylinderzahl, wobei dann noch die Einfachheit verloren geht. Um die Ventile im Deckel unterbringen zu können, ohne daß ein zu hoher Unterdruck beim Ansaugen entsteht, darf die Kolbengeschwindigkeit $c$ einen bestimmten Wert nicht übersteigen, damit ein normaler mittlerer indizierter Druck $p_i$ noch erreicht wird. Ferner ist es nicht gut, wenn der Kolbenhub $s$ kleiner als der Zylinderdurchmesser $d$ ist. Daraus ergibt sich dann eine Leistung von $N = c \frac{d^2 \pi}{4} \frac{p_i}{4}$. Da $s = d$ sein soll, ist

$$c = \frac{s\,n}{30} = \frac{d\,n}{30}; \quad d = \frac{30\,c}{n}.$$

Daraus wird

$$N = c \left(\frac{30\,c}{n}\right)^2 \frac{\pi}{4} \frac{p_i}{4} = 900 \frac{c^3}{n^2} p_i \frac{\pi}{16}.$$

Unter der Annahme $s = d$ steigt also die Leistung eines Zylinders mit der dritten Potenz der Kolbengeschwindigkeit, nimmt aber mit dem Quadrat der Drehzahl ab. Steigert man also bei sonst gleichen Verhältnissen die Drehzahl von 460 auf 650 U/min, so muß man statt vier Zylinder schon acht nehmen.

Die Erhöhung der Drehzahl steigert aber die Erhaltungskosten in doppelter Weise: infolge des schnellen Laufes an sich und infolge der größeren Zylinderzahl. Sollte längere Erfahrung zeigen, daß diese Kosten in erträglicher Höhe bleiben, so wird man den schnellen Lauf zwar beibehalten, andere Mittel zur Gewichtsverminderung aber ebenfalls benutzen. Dazu gehört stärkste Ausnutzung des Baustoffes, nicht so sehr durch hohe Beanspruchung, sondern durch möglichst stetige, a

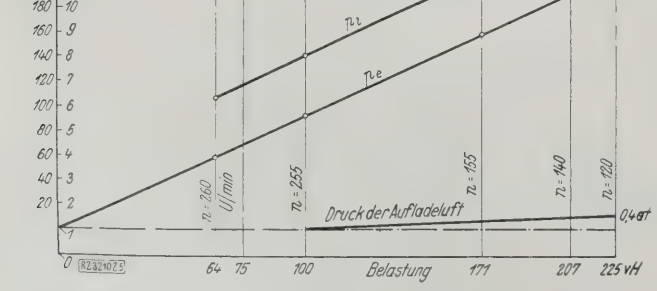



**Abb. 5**
Abhängigkeit des spezifischen Brennstoffverbrauches und des mittleren indizierten Druckes $p_i$ von der Belastung. 225 vH Belastung entspricht der Reibungsgrenze der Lokomotive, 75 vH Belastung entspricht der Höchstgeschwindigkeit.

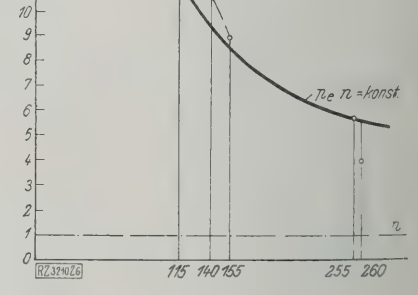



**Abb. 6**
zeigt, daß die Forderung $p_e\,n = \text{const}$, also konstanter Leistung, erfüllt worden ist, soweit es die Beschränkungen des nicht dafür eingerichteten Motors (Regler und Bremse) erlaubt haben.

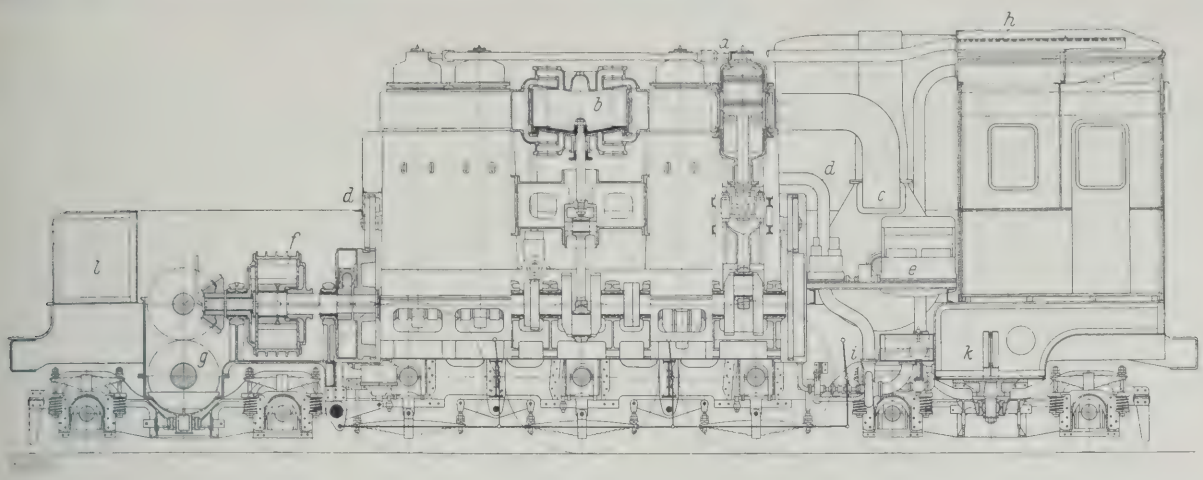



**Abb. 7 bis 9**

Entwurf einer 2C2-Diesellokomotive mit anpassungsfähigem Motor von $N_e = 1650$ PS; Dienstgewicht 120 t.

*a* doppeltwirkende Zweitaktzylinder, alle Kurbeln unter 72°
*b* Spülluftgebläse
*c* Aufladegebläse mit Abgasturbine
*d* umlaufende Gewichte zum Ausgleich des Kippmomentes
*e* Hilfsdieselmotor
*f* Kupplung zum Anfahren
*g* Unveränderliches Zahnradgetriebe
*h* Kühlwasserverdampfer
*i* Kühlwasserpumpe
*k* Kühlwasservorrat
*l* Brennstoffvorrat

Im Winter wird das Kühlwasser aus dem Zylindermantel in den Vorratsbehälter abgelassen. Der Raum unter der Bekleidung enthält die Brennstoffpumpe und Leitungen; er kann mittels eines kleinen mit Öl gefeuerten Heizkessels vorgewärmt werden.

leichmäßige. In dem Sinne wirkt die V-Form, weil Welle nd Kurbelgehäuse zwei Zylinder gemeinsam haben, ferner er doppelt wirkende Zweitaktmotor. Die Umgrenzungsnie II der „Eisenbahnbau- und Betriebsordnung" erıöglicht diese Bauart noch bei 430 mm Hub. Ferner ıuß der längs stehende Motor mit dem Rahmen organisch erbunden werden, indem die Rahmenwangen einen Teil es Kurbelgehäuses bilden. Das erfordert einen Plattenahmen, den die Diesellokomotive aber auf alle Fälle raucht, weil ihr ja das Rückgrat der Dampflokomove, der Kessel, fehlt, ohne den ein Barrenrahmen keine estigkeit gewinnen kann. Gewicht kann noch dadurch gespart werden, daß man das Führerhaus nicht um die ganze Lokomotive herumzieht, sondern Motor und Getriebe so gestaltet, daß sie frei stehen können. Gleichzeitig wird auf diese Weise viel Wärme abgeleitet und der Kühler entlastet; alle Teile werden leicht zugänglich.

An den Kühlern kann sehr viel an Gewicht und Kosten gespart werden, wenn man zur Verdampfkühlung übergeht. Dagegen werden sofort zwei Bedenken erhoben werden: Der Wasserverbrauch und die Überhitzung der Zylinderwände. Dort, wo die Diesellokomotive an Stelle der Dampflokomotive tritt, ist der Wasserverbrauch, der etwa das 3,5fache des Brennstoff-

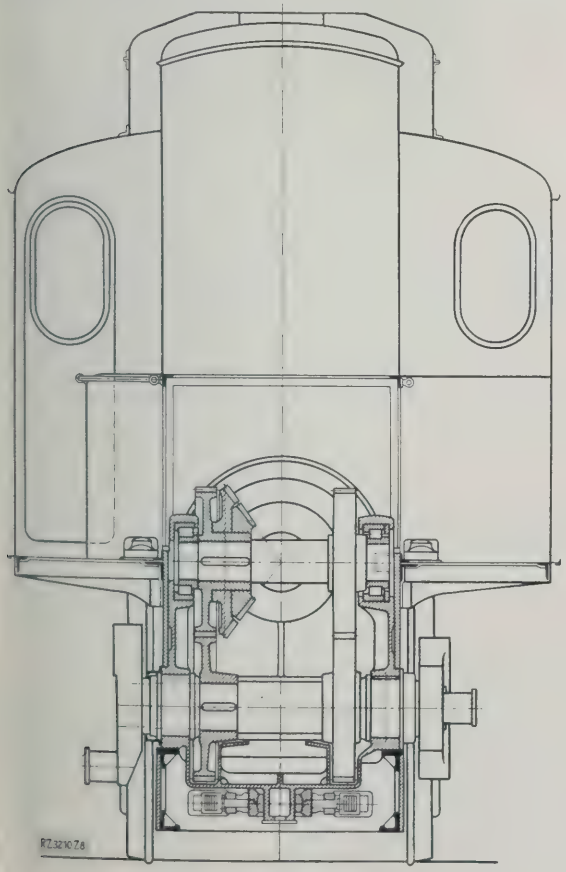


Abb. 8

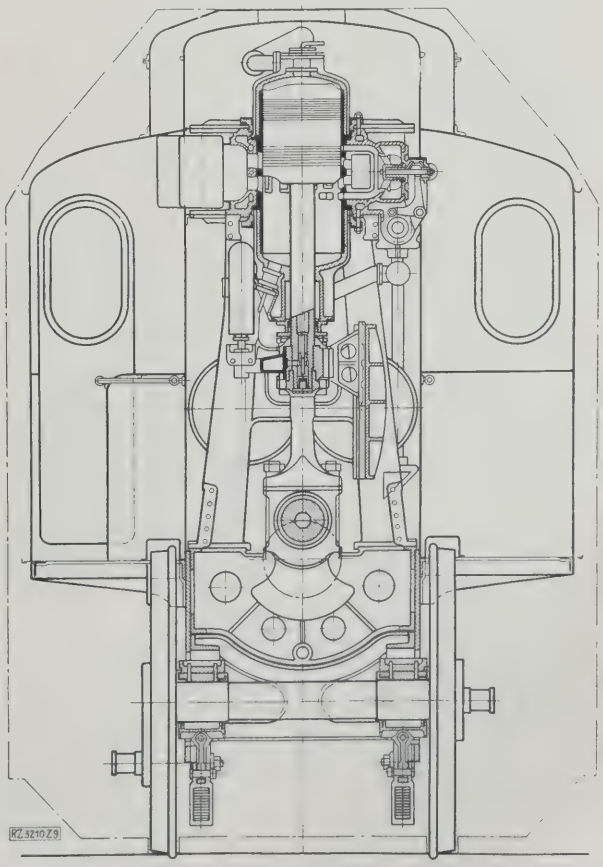


Abb. 9

verbrauchs beträgt, bedeutungslos. Der Motor verträgt Wassertemperaturen von 110 ° ohne weiteres, wenn das Kühlwasser schnell umläuft und durch die damit verbundene Erhöhung der Wärmeübergangszahl imstande ist, gerade so viel Wärme abzuführen, wie bei 70 °. Diese Kühlerart hängt eng zusammen mit dem oben erwähnten Motor gleichbleibender Leistung und nur wenig schwankender Wärmeabfuhr. Der starke Wasserumlauf verhütet Dampfbildung schon bei geringem Überdruck von etwa 0,1 at, der von einem Überdruckventil aufrechterhalten wird. Beim Austritt aus diesem Ventil verdampft infolge der Druckentlastung ein kleiner Teil des Kühlwassers. Das Öl mit dem Zusatzwasser zu kühlen, liegt nahe. Man erspart auf diese Weise alle Kühler und Lüfter. Abb. 7 bis 9 zeigt den Entwurf einer Diesellokomotive von 1650 PS nach diesen Grundsätzen.

Eine sehr wichtige Forderung an alle stehenden Dieselmotoren ist völliger Massenausgleich. Bei liegendem Motor ist er ebensowenig erforderlich wie bei der Dampflokomotive, weil die Kräfte nur von Massen, aber nicht von Federn aufgenommen werden. Die freien Kräfte selbst kleiner Hilfsmotoren machen sich aber bei stehender Anordnung höchst unangenehm bemerkbar. Aus diesem Grunde wird der symmetrische Sechszylindermotor so viel angewendet. Alle Reihenmotoren mit einer geraden und höheren Anzahl von Zylindern sind ebenfalls restlos ausgeglichen, aber sie passen aus den obengenannten Gründen nicht zu einer wirtschaftlichen Diesellokomotive. Bei ungerader Anzahl der Zylinder, von drei ab, bleiben sekundäre Momente übrig und beim achtzylindrigen V-Motor unter 60 ° eine mit doppelter Drehzahl umlaufende freie Kraft.

Diese freien Kräfte und Kräftepaare brauchen ab nicht von der Benutzung solcher Motoren abzuschrecke weil es ja altbekannt ist, daß die Wirkung einer frei Kraft und folglich auch die eines Kräftepaares erset werden kann von zwei in entgegengesetztem Sinne u laufenden Gegengewichten. Das Mittel ist von *Vauxh* zum Massenausgleich vierzylindriger Automobilmotor benutzt worden. Es wird erstaunlich selten gebrauc obgleich es keine großen Kosten verursacht. Die zu Antrieb nötigen Zahnräder haben nur Kräfte zu übe tragen, die aus Reibungswiderständen entstehen, u aus den Massenkräften, die eine Folge ungleichförmig Laufs des Dieselmotors sind. Diese Kräfte sind so g ring, daß die Zähne aus Fiber bestehen, also geräuschl laufen können.

Der Entwurf, Abb. 7 bis 9, zeigt eine Diesellok motive, die nach dem heutigen Stand der Technik allen Teilen lebensfähig ist. Im Vergleich mit ande Diesellokomotiven ist sie sehr einfach gebaut. D Einfachheit ist ein Vorbild, dem man bewußt zustreb muß. Nach einigen Jahren wird das Problem d Diesellokomotive nicht mehr lauten: „Welche Art d Übertragung und des Motors muß gewählt werden sondern es wird die wirtschaftliche, einfach sichere Diesellokomotive verlangt werden. Es i jetzt an der Zeit, den Blick von den Nöten der Einz teile schon auf die Punkte zu richten, die in einig Jahren brennend sein werden. Dann werden die Einz heiten richtig entwickelt sein; aber im Gesamtaufb werden neue Forderungen auftreten, um die Diesellok motive nicht nur im Brennstoffverbrauch, sondern au in Verzinsung und Erhaltung wirtschaftlich zu gestalte

[B 3210]

---

## Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren[1])

*Von Dr.-Ing. FRANZ LEVY, Berlin*

*Mitteilung aus dem Laboratorium für technische Physik der Techn. Hochschule München*

Ausgehend von der bei Diffusoren beobachteten Strahlablösung, die durch das Verhalten der wandnahen Grenzschicht bedingt ist, wurden Versuche angestellt, durch Drehung der Wand eines Diffusors mit Kreisquerschnitt die Strahlablösung beim hindurchtretenden Luftstrom zu verhindern und so den Druckgewinn in der Verdichtungsdüse zu steigern.

Die diesen Versuchen zugrunde liegende Aufgabe, nämlich die Erforschung der Strömung in umlaufenden Rohren, wurde schrittweise gelöst: einmal durch Versuche über den Einfluß der Wanddrehung auf den Druckabfall in geraden glatten und rauhen Kreisrohren, und dann durch Versuche über die Beeinflussung des Druckumsatzes im Diffusor von Kreisquerschnitt.

Die Versuchseinrichtung bestand im wesentlichen aus je einer ruhenden An- und Auslaufstrecke mit einem in Kugellagern umlaufenden Versuchsrohr dazwischen. Als Versuchsrohre dienten nahtlose, innen glatte oder rauhe Messingrohre von 41 und 82 mm l. W. bei 0,5, 1 und 1,5 m Länge sowie ein Kegeldiffusor von 41/82 mm l. W. bei 10 ° Öffnungswinkel. Durchströmendes Mittel war dabei atmosphärische Luft bei turbulenter Strömung im Gebiet der auf den Durchmesser bezogenen *Reynoldsschen* Zahlen $\Re = 2320$ bis 80 000, entsprechend mittleren Luftgeschwindigkeiten $w_m$ von rd. 1 bis 15 m/s. Die dabei eingestellten Drehzahlen der Versuchstrecke lieferten Verhältnisse der Umfangsgeschwindigkeit $U$ der Innenwand zur mittleren Strömungsgeschwindigkeit $w_m$ von 0 bis 3.

Die Hauptergebnisse der Versuche sind:

Dreht man ein Kreisrohr, durch das ein Mittel strömt, um seine Längsachse, so wird der Druckabfall des Mittels auf seinem Wege durch dieses Rohr kleiner. Dreht man einen Kegeldiffusor, durch den ein Mittel strömt, um seine Längsachse, so steigt seine Druckerhöhung, d. h. der En druck wird höher als bei ruhendem Diffusor. Der Drehsi der Rohrwand gegenüber dem Strömungssinn des Mittels der Leitung ist ohne Einfluß auf diese Erscheinungen.

Die Versuche ergaben z. B. folgende Größen des Ei flusses der Drehbewegung:

Glattes Rohr 82 mm l. W., $w_m = 7{,}99$ m s

bei $U/w_m = 0$ Widerstandsbeiwert $\lambda = 0{,}0236$

„ $U/w_m = 1{,}75$ „ „ $\lambda = 0{,}0099$

10°-Diffusor 41/82 mm l. W., $w_m = 8{,}72$ m/s (am Eintritt

bei $U/w_m = 0$ Druckumsatz $\eta = 72$ vH

„ $U/w_m = 1{,}72$ „ $\eta = 92$ „

Die theoretische Betrachtung über die Strömung füh zu einer allgemeinen Gleichung für die Verteilung der G schwindigkeiten $w$ über den Rohrquerschnitt in der Form

$$w = w_m\,(m+1)\left[1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2\right]^m,$$

worin $r/R$ das Verhältnis des betrachteten Halbmessers zum großen Halbmesser $R$ bedeutet, und

$$m = -\frac{\Re}{\lambda}\frac{\mathrm{d}\,\lambda}{\mathrm{d}\,\Re} = \frac{A}{\ln \Re}$$

eine Funktion der *Reynoldsschen* Zahl $\Re$ ist mit de Konstantenwert $A = 2{,}467$, und einer neuen einfach Gleichung für den Widerstandsbeiwert

$$\lambda = K\,m^A = \frac{2\,A^{A-1}}{(\ln \Re)^A} = \frac{K'}{(\ln \Re)^A}$$

mit $K = \frac{2}{A} = 0{,}810$ und $K' = 2\,A^{A-1} = 7{,}52$.

Es wird also eine Beziehung hergestellt zwischen G schwindigkeitsverteilung, Widerstandsbeiwert und *Reynold scher* Zahl; mit ihrer Hilfe können weitere Aussagen üb die kinetische Energie einer Strömung und über den mö lichen Druckgewinn in einem Diffusor gemacht werden, d mit der Erfahrung übereinstimmen.

[N 3531]

[1]) Auszug aus der Arbeit in Nr. 322 der Forschungsarbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure; Berlin 1929, VDI-Verlag.

# Wirtschaftlichkeitszahlen einiger Flugzeuge

*Von PAUL RIEPPEL, München*

***Der Luftverkehr wird neben der Sicherheit und Regelmäßigkeit maßgebend von Wirtschaftlichkeitsfragen beeinflußt. Ein Versuch, die Wirtschaftlichkeit des reinen Flugbetriebes einiger deutscher und amerikanischer Flugzeuge festzustellen, mag daher Interesse erwarten. Auf Grund bestimmter Voraussetzungen ermittelte Kennzahlen werden hier mitgeteilt und erklärt.***

## Allgemeines

ie Frage der Wirtschaftlichkeit des Flugbetriebes wurde in letzter Zeit in verschiedenen Aufsätzen, eitschriften und Vorträgen lebhaft erörtert.

Bei diesen Ausführungen handelte es sich aber fast ner um die Probleme der Bemessung von Flugstrecken, notwendigen Bodenorganisation, der Verkehrsdichte, Beschäftigungsgrades der einzelnen Baumuster und liche Fragen. Als eine wesentliche Grundlage zur Erlung größerer Wirtschaftlichkeit wird natürlich in ter Linie ein erheblicher Zuwachs des Verkehrs gefort, sowie die Möglichkeit, den Flugbetrieb auch bei Nacht Nebel mit der Regelmäßigkeit der andern Verkehrstel aufrecht zu erhalten.

Während also die Fragen vom verkehrstechnischen ndpunkt aus untersucht werden, hat sich der Flugzeugstrukteur selbst bisher bei diesen Erörterungen vertnismäßig zurückgehalten. Es ist jedenfalls in den öffentlichungen nicht zu erkennen, bis zu welchem de die Frage geklärt ist:

„Welche Forderungen müssen erfüllt werden, um innerhalb der für alle fliegenden Geräte einheitlichen Verkehrsbedingungen das wirtschaftlichste Flugzeug herauszubringen?“

Man darf allerdings überzeugt sein, daß die Stellen, denen die konstruktiven und betriebstechnischen Errungen zusammenlaufen, also in erster Linie die utsche Lufthansa A.-G. und die Deutsche Versuchsstalt für Luftfahrt dabei sind, entsprechende Wertungsmeln aufzustellen. An solchen Formeln, die eine Prürg der Wirtschaftlichkeit der einzelnen Baumuster erzlichen, hat auch die Öffentlichkeit ein gewisses Inesse, da ja der Luftverkehr auf staatliche Zuschüsse rwiesen ist.

Heute bestehen aber noch keine allgemein anerkannte Grundlagen für solche Bewertung. Man behauptet wohl, die deutschen Herstellungsverfahren verbesserungsfähig seien und daß schärfer kalkuliert werden müßte. Man führt auch, daß z. B. der amerikanische Flugdienst wesentlich wirtschaftlicher sein soll als der deutsche. Bei em werden 46 vH der Ausgaben durch Verkehrseinnahmen gedeckt, während bei uns diese Zahl nur 14 vH trägt[1]). Liegt dies ausschließlich daran, daß drüben die Tarife höher sind oder sind die amerikanischen Konstruktionen selbst besser, d. h. wirtschaftlicher?

Solange eine Formel, die einen einwandfreien Vergleich rmöglicht, noch nicht veröffentlicht ist, mag es vielleicht ch Wert sein, wenn im folgenden von einem außenstehenden Beobachter der Versuch gemacht wird, einige der bentesten deutschen und amerikanischen Baumuster beglich ihrer Wirtschaftlichkeit zu vergleichen.

Es darf aber kein Zweifel darüber bestehen, daß es sich nur um einen ersten und notwendiger Weise etwas mitiven Schritt handelt, und daß die Ergebnisse erst ch weitere Erörterungen Wert gewinnen werden. Ebenso wie bei völlig neuen und ungeklärten Konstruktionsaufgaben am Reißbrett zuerst einmal ein System von Strichen entsteht, das als Unterlage für eine Aussprache und im vollen Bewußtsein der Tatsache geschaffen wird, daß diese schönen Striche recht weitgehende Veränderungen erfahren können, ebenso sollen im folgenden zunächst einmal überhaupt Zahlen angegeben werden, die nicht endgültig sein sollen und können, aber doch zu einer Erörterung dieser Frage anregen[2]).

[1]) 1927 26,7 vH, 1928 31,8 vH.

## Voraussetzungen

Die wirtschaftliche Forderung lautet:

Es ist ein fliegendes Gerät möglichst billig herzustellen, das mit möglichst geringem Brennstoffverbrauch unter möglichst großer Sicherheit ein möglichst großes zahlendes Gewicht möglichst weit befördert. Es ist also die Frage zu beantworten:

> Wie groß ist das zahlende Gewicht, das über eine bestimmte Strecke befördert wurde und welche Abschreibungen, die durch die Faktoren der Gestehungskosten, der Sicherheit und des Verschleißes sich ergeben, sind bei den verschiedenen Flugzeug-Baumustern für jeden zahlenden Flugtonnenkilometer notwendig?

Grundlagen zur Beantwortung dieser Frage sind gegeben durch

a) die allgemein bekannten Zahlen über Zuladung, Geschwindigkeit, Motornennleistung und Preis des Flugzeuges,
b) Sonderbedingungen, die jeweils einen — unter Umständen erheblichen — Vorteil oder Nachteil des betreffenden Baumusters mit sich bringen.

In eine alle Flugzeuge umfassende Formel können heute nur die Zahlen zu a) gebracht werden. Die Sonderbedingungen lassen sich aus Mangel an statistischen Unterlagen noch nicht auf einen gemeinsamen Nenner bringen. Sie sind auf der durch a) gegebenen Grundlage von Fall zu Fall zu erörtern.

Es müssen deshalb folgende Einschränkungen und Festsetzungen gemacht werden, die auch bei den Erörterungen der Sonderbedingungen zu berücksichtigen sind.

1. Laderaum. Der jeweils für die zahlende Zuladung zur Verfügung stehende Raum wird nicht berücksichtigt, da ein für alle Baumuster gültiger Vergleich heute noch nicht möglich ist. Selbstverständlich ist ein Flugzeug, das einen größeren Raum zur Verfügung stellen kann, unter sonst gleichen Verhältnissen im Vorteil gegenüber einem solchen mit kleinerem Raum. Die Bewertung dieses Vorteils wird nur von Fall zu Fall erfolgen können.

2. Ganzmetall- oder Gemischtbau. Auch die Frage, welche Bauart für den Betrieb wirtschaftlicher ist, bleibt außer acht. Gemischtbau-Flugzeuge sind in der Herstellung billiger, dagegen in der Wartung und Erhaltung wesentlich teurer als Ganzmetall-Flugzeuge. Die Höhe dieses Einflusses ist umstritten und läßt sich zifernmäßig erst befassen, wenn langjährige Betriebstatistiken vorliegen.

3. Absolute Geschwindigkeit. Sie bleibt für den Vergleich unberücksichtigt; sie wird nur insoweit, als größere Geschwindigkeit auch einen größeren Aktionsradius mit sich bringt, in Rechnung gesetzt. Es soll aber für die Bewertung fürs erste gleichgültig sein, ob ein Flugzeug die Strecke von z. B. 2000 km in 10 oder in 12 h zurücklegt. Die Geschwindigkeit des Flugzeuges ist jeder andern Verkehrsgeschwindigkeit in so hohem Maße überlegen, daß der Geschwindigkeitsunterschied innerhalb der einzelnen Flugzeug-Baumuster heute noch keine zu große Rolle spielt. Man kann wohl annehmen, daß in vielen Fällen ein schnelles Flugzeug höhere Fluggastpreise erzielt und dadurch wirtschaftlicher wird. Das langsame Flugzeug wird aber den Vorteil geringerer Landungsgeschwindigkeit und damit erhöhter Betriebsicherheit für sich in Anspruch nehmen. Nach welcher Richtung eine Entwicklung erstrebenswert ist, ist heute noch nicht voll-

[2]) Der Aufsatz hat bereits führenden Persönlichkeiten der Flugzeugindustrie und des Luftverkehrs vorgelegen, von denen sich einige dazu ausführlich geäußert haben. Diese Äußerungen sind z. T. bei der endgültigen Fassung berücksichtigt worden.

kommen klar. Es ist kennzeichnend für die augenblickliche Lage, daß in einem Heft einer flugtechnischen Zeitschrift[1]) auf der einen Seite eine „Verminderung der Geschwindigkeit auf das noch zulässige Maß" empfohlen wird, während ein andrer Artikel des gleichen Heftes „Abkürzung der Flugzeiten durch Erhöhung der Fluggeschwindigkeit" mit nicht geringerer Bestimmtheit fordert.

4. Motorleistung und Höchstgeschwindigkeit. Es ist die jeweilige Nennleistung des Motors eingesetzt. Diese Voraussetzung ist an und für sich irreführend und kann die Bewertung nach der falschen Seite hin beeinflussen. Das richtige wäre natürlich, die Motorleistung während der Reisegeschwindigkeit in Ansatz zu bringen. Je größer der Unterschied zwischen der Nennleistung und der Gebrauchsleistung wird, desto wirtschaftlicher arbeitet unter sonst gleichen Umständen das Flugzeug. Solange aber über diesen Unterschied zuverlässige Zahlen für jedes Flugzeug noch nicht veröffentlicht sind, müssen wir die Nennleistung einstweilen zugrunde legen und die Gebrauchsleistung der Erörterung der Sonderbedingungen überlassen.

Infolgedessen wird auch nicht die Reisegeschwindigkeit, sondern die für jedes Flugzeug veröffentlichte Höchstgeschwindigkeit bei der Ermittlung der Kennziffern herangezogen. Der geringere oder größere Unterschied zwischen beiden wird jeweils als Sonderbedingung die Kennziffer im Sinne eines Vorteils oder Nachteils beeinflussen.

5. Mehrmotorige Flugzeuge. Die Frage, wie ein mehrmotoriges Flugzeug gegenüber einem einmotorigen zu bewerten ist, läßt sich heute noch nicht eindeutig beantworten. Von vielen Stellen wird für da mehrmotorige Flugzeug größere Betriebsicherheit in An spruch genommen, während wieder andre diesen Zuwach an Sicherheit sehr bescheiden einschätzen und mit Rech auf die Vergrößerung der Zylinderzahl und die dadurc gegebenen Störungsmöglichkeiten hinweisen. Soviel be kannt ist, sind die Versicherungsgesellschaften, die doc maßgebend sein sollten, nicht geneigt, die Prämien fü mehrmotorige Flugzeuge gegenüber dem einmotorigen z ermäßigen. Jedenfalls liegen bisher noch zu geringe Er fahrungen des praktischen Betriebes vor, und dieser Punk unterliegt subjektiver Schätzung. Er wird deshalb be dem Vergleich ebenfalls nicht berücksichtigt. Es besteh aber natürlich immer die Möglichkeit bei weiterer Er örterung der Vergleichsergebnisse, die Vergleichsziffer entsprechend der subjektiven Bewertung mehrmotorige Flugzeuge zu ändern.

6. Sicherheit. Als Maßstab für die Beurteilun der Sicherheit der einzelnen Baumuster können die vo den Versicherungsgesellschaften geforderten Prämie gelten. Jedenfalls ist anzunehmen, daß die Gesellschafte über alle statistischen Unterlagen verfügen, die eine Sta felung der Prämien allenfalls wünschenswert erscheine lassen. Eine verhältnismäßig geringfügige Staffelun erfolgt bei sonst gleichen Baumustern je nach dem Ve wendungszweck und der dadurch gegebenen Bruchg fahr. Im wesentlichen berechnet sich aber die Prämi nur nach den Herstellungskosten des Flugzeuges. Da di Kennziffer aber auf diesen Herstellungskosten aufgeba ist, bildet sie gleichzeitig einen Maßstab für die Höhe d Versicherungsprämie und für die auf Grund dieser Pr mien angenommene Sicherheit.

[1]) Flug-Woche (1928) Novemberheft.

**Zahlentafel 1. Wirtschaftlichkeitszahlen einige**

| Nr. | | Bayerische Flugzeug-Werke | Junkers | Dornier | Focke-Wulf | Caspar | Bayerische Flugzeug-Werke | Junkers | Rohr-bach | Junkers |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Baumuster . . . . . | M 18 | F 13 | Merkur | Möve | C 35 | M 20 | G 24 | Roland | G 31 |
| 2 | Motor-Nennleistung $N_e$ . PS | 108 | 280 | 500 | 480 | 500 | 500 | 840 | 960 | 1296 |
| 3 | Zuladung $L$ . . . . . kg | 550 | 900 | 1400 | 1550 | 1660 | 2100 | 2620 | 3270 | 3500 |
| 4 | Höchstgeschwindigkeit $v$ km/h | 140 | 192 | 190 | 201 | 202 | 219 | 197 | 200 | 200 |
| 5 | Preis ohne Motor . in 1000 ℛℳ | 37 | 60 | 63 | 56,5 | 68 | 100 | 168 | 200 | 315 |
| 6 | Preis mit Motor . . in 1000 ℛℳ | 43 | 75 | 89 | 81,5 | 94 | 126 | 213 | 251 | 384 |
| 7 | Preis für 1 kg Zuladung . ℛℳ | 78,2 | 83,3 | 63,8 | 52,5 | 56,8 | 60,0 | 81,4 | 75,8 | 109,5 |
| 8 | $\frac{\text{Zuladung} \cdot \text{Geschwindigkeit}}{\text{Motornennleistung}}$ . | 650 | 618 | 531 | 650 | 669 | 920 | 614 | 682 | 540 |
| 9 | Betriebstoff bei 400 km $Q_{400}$ kg | 77 | 146 | 263 | 239 | 248 | 228 | 426 | 480 | 648 |
| 10 | Zahlende Last bei 400 km . kg | 473 | 754 | 1137 | 1311 | 1412 | 1872 | 2194 | 2790 | 2852 |
| 11 | Preis für 1 tkm bei 400 km . ℛℳ | 227 | 249 | 196 | 156 | 167 | 168 | 243 | 225 | 336 |
| 12 | Betriebstoff bei 800 km $Q_{800}$ kg | 154 | 292 | 526 | 478 | 496 | 456 | 852 | 960 | 1296 |
| 13 | Zahlende Last bei 800 km . kg | 396 | 608 | 874 | 1072 | 1164 | 1644 | 1768 | 2310 | 2204 |
| 14 | Preis für 1 tkm bei 800 km . ℛℳ | 135 | 154 | 127 | 95 | 101 | 96 | 151 | 136 | 217 |
| 15 | Betriebstoff bei 1200 km $Q_{1200}$ kg | 231 | 438 | 789 | 717 | 744 | 684 | 1278 | 1440 | 1944 |
| 16 | Zahlende Last bei 1200 km . kg | 319 | 462 | 611 | 833 | 916 | 1416 | 1342 | 1830 | 1556 |
| 17 | Preis für 1 tkm bei 1200 km ℛℳ | 112 | 135 | 121 | 81,5 | 85,5 | 74,2 | 132 | 114,3 | 206 |
| 18 | Preis für 1 tkm bei $Q_e = \frac{1}{2} L$ ℛℳ | 109 | 136 | 120 | 81 | 84,5 | 65,5 | 132 | 113 | 203 |
| 19 | Radius $r_m$ bei $Q_e = \frac{1}{2} L$ . . km | 1430 | 1230 | 1060 | 1300 | 1340 | 1840 | 1230 | 1360 | 1080 |
| 20 | Preis für 1 tkm auf 120 000 km verteilt und zwar: a) 300 × 400 km ℛℳ | 0,76 | 0,83 | 0,65 | 0,52 | 0,56 | 0,56 | 0,81 | 0,75 | 1,12 |
| 21 | b) 150 × 800 „ „ | 0,90 | 1,03 | 0,84 | 0,63 | 0,67 | 0,64 | 1,01 | 0,91 | 1,44 |
| 22 | c) 100 × 1200 „ „ | 1,12 | 1,35 | 1,21 | 0,81 | 0,85 | 0,74 | 1,32 | 1,14 | 2,06 |
| 23 | d) bei $n\, r_m$ „ | 1,30 | 1,40 | 1,06 | 0,88 | 0,94 | 1,00 | 1,35 | 1,28 | 1,83 |

7. Aktionsradius. Die Frage, welcher Aktionsdius für den Vergleich zugrunde zu legen ist, ist ıwierig objektiv zu entscheiden. Bei ganz kleinem ktionsradius kann natürlich eine entsprechend große hlende Zuladung befördert werden. Je größer der Aknsradius angenommen wird, desto geringer wird die hlende Last. Um den verschiedenen Baumustern geht zu werden, wurden deshalb die Kennziffern für vier lle bestimmt und zwar:

1. für einen Aktionsradius von 400 km,
2. „ „ „ „ 800 „ ,
3. „ „ „ „ 1200 „ ,
4. „ den Fall, daß die gesamte Zuladung zur Hälfte zahlende Last und zur Hälfte als Brennstoffvorrat tgeschleppt wird, und daß das Flugzeug mit diesem ennstoffvorrat möglichst weit fliegt. Zwischen den iden äußersten Fällen: Ganz großer Brennstoffvorrat nd damit ganz großer Aktionsradius) und keine zahde Zuladung und dem andern: ganz große zahlende ıst, aber geringer Aktionsradius, wird also ein Mittel wählt, das allen Flugzeug-Baumustern gerecht zu rden versucht.

8. Das Gewicht des Piloten bleibt unberückhtigt, oder es wird stillschweigend als in dem Flugıuggewicht inbegriffen, vorausgesetzt. Ebenso wie die dern Voraussetzungen wäre auch dies für eine ablute Wirtschaftlichkeitsziffer nicht zulässig. Sie ist er, solange es sich nur um Vergleiche handelt, deshalb laubt, weil sie jedem Vergleichsflugzeug in gleicher eise zum Vorteil oder Nachteil gereicht.

9. Brennstoffverbrauch. Dieser wird einitlich zu 0,25 kg/PSh angenommen. Ölverbrauch wird keinem Falle gerechnet.

lugzeuge.

| Stinson | Cessna | Matonay | Traveltin | Atlantic | Stinson |
|---|---|---|---|---|---|
| Junior | A/200 | Ryan | 6000 | Universal | S M 1 |
| 110 | 200 | 200 | 200 | 200 | 200 |
| 445 | 481 | 643 | 731 | 855 | 945 |
| 176 | 240 | 202 | 205 | 190 | 200 |
| | | | | | |
| 29,20 | 41,16 | 51,24 | 54,60 | 60,00 | 52,50 |
| 65,6 | 85,6 | 79,8 | 74,6 | 70,3 | 55,6 |
| 712 | 576 | 650 | 750 | 810 | 946 |
| 62 | 83 | 99 | 97 | 105 | 100 |
| 383 | 398 | 544 | 634 | 750 | 845 |
| 191 | 265 | 236 | 215 | 200 | 155 |
| 125 | 167 | 198 | 195 | 210 | 200 |
| 320 | 314 | 445 | 536 | 645 | 745 |
| 114 | 164 | 144 | 127 | 116 | 88 |
| 187 | 250 | 297 | 292 | 315 | 300 |
| 258 | 231 | 346 | 439 | 540 | 645 |
| 94 | 149 | 123 | 104 | 93 | 68 |
| 92,4 | 149 | 123 | 99 | 87 | 58,8 |
| 1420 | 1150 | 1300 | 1500 | 1620 | 1890 |
| 0,64 | 0,88 | 0,79 | 0,72 | 0,67 | 0,52 |
| 0,76 | 1,09 | 0,96 | 0,85 | 0,77 | 0,59 |
| 0,94 | 1,49 | 1,23 | 1,04 | 0,93 | 0,68 |
| 1,09 | 1,43 | 1,33 | 1,24 | 1,18 | 0,93 |

## Kennzahlen

Die unter den gekennzeichneten Voraussetzungen ermittelten Kennzahlen sind in Zahlentafel 1 zusammengestellt; sie sprechen im wesentlichen für sich selbst und bedürfen nur kurzer erläuternder Hinweise.

Zeile 1 bis 6 geben die in den Veröffentlichungen angeführten Zahlen der verschiedenen Flugzeuge. Der Preis der amerikanischen Zellen ist nicht bekannt; es ist deshalb nur der auf Reichsmark umgerechnete Preis der betriebsfertigen Flugzeuge eingesetzt.

Zeile 7 und 8 ermöglichen einen, wenn auch nur primitiven Vergleich der technischen Leistungen der verschiedenen Baumuster. Je geringer der Preis des Flugzeuges für 1 kg zahlende Zuladung ist, desto wirtschaftlicher erscheint sie auf den ersten Blick. Je größer das Produkt Zuladung und Geschwindigkeit, bezogen auf die Motornennleistung sich ergibt, desto technisch besser dürfte im allgemeinen das Flugzeug sein.

Etwas besseren Einblick in die Wirtschaftlichkeit unter verschiedenen Betriebsbedingungen erhalten wir aber erst durch die folgenden Zeilen der Zahlentafel 1, wo die zahlenden Flugtonnenkilometer mit dem Gestehungspreis in Zusammenhang gebracht sind. Da die Versicherungsprämien im allgemeinen im Verhältnis zum Gestehungspreis wachsen, sind die auf diesen Preis bezogenen Abschreibungen ohne weiteres auch gleichzeitig die die Sicherheit in sich schließenden Kennziffern. Wenn also im folgenden kurz von Abschreibung gesprochen wird, so ist im Auge zu behalten, daß es sich nicht nur um eine Abschreibung im üblichen bilanztechnischen Sinne handelt, sondern daß damit unter den angegebenen Voraussetzungen eine die Gesamtwirtschaftlichkeit des Flugzeuges kennzeichnende Ziffer gegeben werden soll.

Es sind nun zwei grundsätzlich verschiedene Fälle zu unterscheiden:

1. Abschreibungen, bezogen auf die Zahl der Flüge von je bestimmter Länge;
2. Abschreibungen, bezogen auf die Zahl der Flugkilometer unter verschiedenen Bedingungen.

Zu 1: Die Grundfrage ist hier: Wie hoch ist der Anschaffungspreis für 1 tkm, d. h. der Betrag, der in die Fracht für 1 tkm eingerechnet werden müßte, wenn man das Flugzeug nach einem Flug vollkommen abschreibt. Wir nehmen der Einfachheit halber an, daß das Flugzeug nach 100 Flügen abgeschrieben sein soll und berechnen die Zahlen in Zeile 11, 14, 17 und 18. Die Zahlen ergeben sich für die Aktionsradien 400, 800 und 1200 km unmittelbar aus den folgenden Überlegungen, wobei auf die aus Zahlentafel 1 ersichtlichen Bezeichnungen Bezug genommen wird. Die Betriebstoffmenge errechnet sich z. B. zu

$$Q_{400} = \frac{N_e\, 0{,}25 \cdot 400}{v}$$

Als zahlende Last bleibt dann $L - Q_{400}$. Der Preis für 1 tkm ist dann

$$\frac{\text{Preis}\, 1000}{(L - Q_{400})\, 400}$$

Für den Fall des durch $Q = \frac{1}{2} L$ bestimmten Aktionsradius wird die entsprechende Zahl

$$\frac{\text{Preis}\, N_e\, 0{,}25 \cdot 1000}{(0{,}5 L\, v)\, 0{,}5\, L}$$

Die Ergebnisse lassen ohne weiteres einen Vergleich zu. Demnach wäre z. B. für Flüge von je 400 und 800 km das Focke-Wulf-Flugzeug, Baumuster Möve, mit den Zahlen 156 und 195 das wirtschaftlichste Flugzeug. Bei 1200 km und bei Flügen, die mit dem Aktionsradius $r_m$ (wobei die Brennstoffmenge gleich der halben Zuladung ist) ausgeführt werden, tritt sie diesen Vorrang an das Baumuster M 20 der Bayerischen Flugzeug-Werke mit den Zahlen 74,2 und 65,6 ab.

Um zu einer endgültigen Bewertung dieser beiden Flugzeuge im Vergleich zu den andern Baumustern zu kommen, wären aber als Sonderbedingungen vor allem die im Auge zu behalten, daß das Focke-Wulf-Flugzeug große Wartungskosten verursacht, während das Bau-

muster M 20 seine Eignung erst noch in längerer Betriebsdauer zu erproben haben wird. Ob diese Nachteile eine so große Spannung, wie sie z. B. zwischen diesen Flugzeugen und dem Baumuster G 31 von Junkers besteht, rechtfertigen, kann nur eine eingehende Erörterung derjenigen Vorteile, die das Baumuster G 31 für sich in Anspruch nimmt, klären.

Die Rangordnung der andern Flugzeuge ergibt sich jeweils unmittelbar aus den Zahlen. Man kann daraus z. B. folgern, daß bei Flügen von 800 km das Baumuster M 18 und das Baumuster Roland gleichwertig erscheinen, während das Baumuster C 35 mit der Zahl 101 mehr als doppelt so wirtschaftlich arbeitet als das Baumuster G 31 mit der Zahl 217.

Zu 2: Die Wertung verschiebt sich nun wesentlich, wenn statt der Anzahl der Flüge eine bestimmte Anzahl von Flugkilometern der Abschreibung zugrunde liegt. Um hierfür ein Bild zu gewinnen, ist für die Abschreibung die Leistung von 120 000 Flugkilometern angenommen. Diese Leistung wird nun nach folgenden vier Fällen untersucht:

1. 300 Flüge von je 400 km Länge
2. 150 „ „ „ 800 „ „
3. 100 „ „ „ 1200 „ „
4. jeweils soviele Flüge, als mit $r_m$ bei $Q = \frac{1}{2} L$ ausgeführt werden können.

Während bei einer bestimmten Flugzahl die Belastung des Frachtsatzes durch Abschreibung mit zunehmender Länge des Fluges wesentlich sinkt (das Anlagekapital macht mehr Kilometer in der gleichen Abschreibungszeit!) wird bei der festliegenden Abschreibungsstrecke die lange Flugstrecke teurer als die kurze. Der Grund liegt natürlich darin, daß bei den langen Strecken entsprechend weniger zahlende Last mitgeführt werden kann.

Die entsprechenden Zahlen sind in Zeile 20 bis 23 Zahlentafel 1, zusammengestellt. Man sieht daraus, daß die Frachtabsatzbelastung mit zunehmender Strecke langsam wächst; mit Ausnahme natürlich der Fälle, in denen $r_m$ kleiner als 1200 km wird, d. h. bei den Baumustern Merkur und G 31. Für die Fälle a) und b) steht das Baumuster Möve an erster Stelle; für die Fälle c) und d) ist das Baumuster M 20 den andern Flugzeugen überlegen.

Beide Arten der Abschreibung wirken einander entgegengesetzt. Die lange Strecke wird das eine Mal billiger, das andre Mal teurer, als die kurze. Welche Art der Abschreibung die richtige ist, läßt sich nicht ohne weiteres mit Sicherheit entscheiden. Es ist von Fall zu Fall zu bestimmen. Es dürfte aber empfehlenswert sein, auf jeden Fall auch für die kurzen Strecken den jeweils höchsten Abschreibungsbetrag zugrunde zu legen.

Zahlentafel 1 läßt natürlich auch ohne weiteres den Vergleich mit den amerikanischen Flugzeugen zu. Es sei aber nochmals darauf hingewiesen, daß die Frage, ob die Amerikaner übliche oder höchste Zuladung angeben, nicht geklärt ist. Es ist wahrscheinlich, daß sie mit der höchsten Zuladung rechnen und daß infolgedessen die Zahlen zu günstig sind. Auf jeden Fall aber ist z. B. das Stinson-Flugzeug, Baumuster SM 1, sehr wirtschaftlich. Die Zahlen entsprechen auch vollkommen der Beurteilung, die dieses Flugzeug (es handelt sich um das Flugzeug, das den Flug von Neufundland nach Tokio ausführte und das im Frühling 1928 den Dauerrekord aufstellte) in Amerika findet. [B 3436]

## Werkstoff- und Betriebsfragen der Eisengießereien

Die 59. Hauptversammlung des Vereins Deutscher Eisengießereien, Gießereiverbands, die von zahlreichen Fachgenossen des In- und Auslandes besucht war, fand vom 4. bis 7. September 1929 in Düsseldorf unter Vorsitz von Dr.-Ing. *Werner* statt. Eine besondere Anziehungskraft übte die gleichzeitig vom Verein unter Leitung seines Geschäftsführers, Dr.-Ing. *Geilenkirchen*, veranstaltete 5. Gießereifachausstellung aus, die, aus einer wissenschaftlichen und einer Messeabteilung bestehend, wohl als die wertvollste aller bisher veranstalteten Ausstellungen dieser Art bezeichnet werden kann.

Der wissenschaftliche Teil der Tagung wurde durch vier Vorträge bestritten. Prof. Dr. *Thum*, Darmstadt, sprach über

**neuere Anschauungen über die technischen Eigenschaften des Gußeisens.**

Gußeisen ist als Stahl aufzufassen, dessen Gefüge mit Graphit „durchlöchert" ist. Hieraus lassen sich die vom Stahl verschiedenen Eigenschaften ableiten. Da die Graphitadern keine Festigkeit haben, fallen sie als tragender Querschnitt aus und bringen infolge ihrer Kerbwirkung gefährliche Spannungserhöhungen in das übrige „Stahl"-Gefüge. Diese Wirkung äußert sich auch in dem weit geringeren Elastizitätsmodul des Gußeisens gegenüber dem Stahl, der je nach der Länge der Graphitknollen von 600 000 bis 1 700 000 schwankt. Stahl, dessen Gefüge künstlich unterbrochen war, zeigte ähnliche Eigenschaften.

Zur Untersuchung von Gußeisensorten als Maschinenbaustoff kommt neben der Dauerschlagprobe die Prüfung auf Schwingungsfestigkeit in Frage. Sie beträgt 35 bis 45 vH der Zerreißfestigkeit. Bei künstlich hervorgerufenen Oberflächenverletzungen zeigen sich die graphitreicheren Sorten verhältnismäßig weniger kerbempfindlich als die hochwertigen.

Prof. Dipl.-Ing. *Lohse*, Hamburg, berichtete über

**Versuche an einer Naßputzanlage[1]),**

die er in der Gießerei der Firma Lanz, Mannheim, mit einer von der Badischen Maschinenfabrik gelieferten Hochdruck-Wasserstrahleinrichtung im Betriebe durchgeführt hatte. Die Versuche ergaben, daß die beste Putzwirkung bei Drücken von 75 kg/cm² und mehr und Düsendurchmessern von 6 bis 8 mm auftrat, wobei auch die wirtschaftlichste Ausnutzung festzustellen war. Die Düsen muß man bis dicht an das in der Putzkammer auf einem Wagen liegende Gußstück heranführen, um die volle Energie des Druckwasserstrahls auszunutzen. Das Verfahren bietet ganz besondere Vorteile beim Putzen größerer Stücke mit vielen Kernen, die restlos ausgespritzt werden können. Abgesehen von einer erheblichen Zeit- und Lohnersparnis, die bei verwickelten Stücken 40 bis 60 vH gegenüber dem Handputzen beträgt, bedeutet das vollkommene Fehlen jeder Staubentwicklung einen großen Vorzug des Putzens mit Wasserstrahl.

Oberingenieur *Langmohl*, Gelsenkirchen, machte Ausführungen über

**die Bedeutung der rheinisch-westfälischen Gießereiindustrie**

Nach einer kurzen Darstellung der Entwicklungsgeschichte wurden an der Hand eingehender zeichnerischer Darstellungen Mengen und Werte von Gußerzeugnissen des Ruhrgebietes in ihrem Verhältnis zu den Erzeugungsziffern des Reiches und zur übrigen Eisenherstellung des Gebietes erläutert und die Zusammenhänge der einzelnen Industriezweige untereinander aufgezeigt. Ein Wiederaufbau unsrer Wirtschaft ist nur durch eine planmäßige Zusammenarbeit aller Wirtschaftszweige möglich.

Oberingenieur *Küster*, Köln-Deutz, behandelte den

**Einfluß der Formverfahren auf die Kalkulation.**

Da die Eisenpreise ziemlich gleich hoch sind, die produktiven Arbeitzeiten aber mit jedem Arbeitstück wechseln, muß letzteren ganz besondere Aufmerksamkeit geschenkt werden. Gute Unterlagen für die gerechte Bestimmung bieten die Refa-Mappen für Gießereiwesen und für Maschinenformerei[2]) im besonderen das Lehrbuch für Stückzeitermittlung von *Tillmann*[3]). Durch eine große Zahl von Beispielen aus seinem eigenen Betrieb bewies der Vortragende die Möglichkeiten, die Erzeugungskosten von Gußstücken aller Art stark herabzusetzen, was durch das Zusammenarbeiten von Konstrukteur und Gießerei in Verbindung mit sorgfältiger Arbeitzeitermittlung erreichbar wird. [N 3562] *Lhs.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 70 (1926) S. 240 und Bd. 71 (1927) S. 1104.

[2]) Refa-Mappe für Gießereiwesen. Berlin 1927, Beuth-Verlag. Z. Bd. 71 (1927) S. 903.

[3]) *H. Tillmann*, Lehrbuch der Stückzeit-Ermittlung in der Maschinenformerei. München und Berlin 1927, R. Oldenbourg.

# Der Wärmeübergang in einem waagerechten Rohr beim Kondensieren von Satt- und Heißdampf

/ *Von M. JAKOB, S. ERK und H. ECK, Berlin-Charlottenburg*

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt[1])

***Erweiterung der früher an einem senkrechten Rohr ausgeführten Untersuchung durch Messungen an dem gleichen Rohr in waagerechter Lage. Temperaturverteilung in der Rohrwand. Vergleich des Wärmeüberganges bei waagerechtem und senkrechtem Rohr, bei Heiß- und Sattdampf. Folgerungen für die Praxis.***

n einer früheren Veröffentlichung[2]) haben *Jakob* und *Erk* über Messungen des Wärmeüberganges an einem krechten, von Dampf durchströmten und außen durch sser gekühlten Rohr berichtet. Zunächst war ein krechtes Rohr untersucht worden, weil darin Strömung l Temperatur symmetrisch zur Achse verlaufen. In vorliegenden Arbeit ist der verwickeltere Fall des agerechten Rohres wegen seiner großen technischen deutung in Angriff genommen. Auch für diese Unterhung haben die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenaft und der Verein deutscher Ingenieure in dankensrter Weise Mittel zur Verfügung gestellt.

### Versuchsanordnung

Wie früher wurde die Wärmeabgabe des kondensierenDampfes kalorimetrisch bestimmt, nämlich aus der mperaturzunahme des Kühlwassers, das durch einen hlmantel in der gleichen Richtung strömte wie der mpf durch das Versuchsrohr. Dieses auch bei der igen Untersuchung benutzte[3]) Rohr von 17 mm l. W. Messing wurde wieder auf einer Strecke von 460 mm ge gekühlt. Es wurde durch Einbau zweier Krümmer die früher benutzte, sonst unveränderte Versuchseinhtung in waagerechte Lage gebracht. Der vor dem rsuchsrohr liegende Krümmer wurde elektrisch bezt, damit kein Dampf vor der Versuchstrecke kondenrte. Nur ein kleiner Teil des Dampfes wurde im Verhsrohr kondensiert, so daß die Dampfgeschwindigkeit in nur wenig abnahm, der größte Teil wurde in einem chließenden Kondensator niedergeschlagen.

Außer der Temperatur des ein- und austretenden mpfes und Kühlwassers wurde die Temperatur der rwand längs des ganzen Versuchsrohres gemessen. zu wurde auf das Versuchsrohr, von dem in Abb. 1 ein ck *a* im Schnitt dargestellt ist, ein Messingröhrchen[4]) *b* 1,5 mm l. W. und 0,75 mm Wanddicke der ganzen ge nach aufgelötet. Darin konnte ein zweites Röhrln *c* von 0,8 mm l. W. und 0,2 mm Wanddicke verschoben rden; in diesem lagen der 0,25 mm dicke Konstantanht und der 0,2 mm dicke Eisendraht des Thermoelemente fest, dessen Lötstelle mit *d* bezeichnet ist. Ein ebenches zweites Thermoelement war, um den halben Rohrrang versetzt, in gleicher Weise angeordnet.

Mit diesen Thermoelementen konnte man am Scheitel an der Sohle des Rohres, wo die höchsten und tiefsten mperaturen zu erwarten waren, den Temperaturverlauf gs der ganzen Meßstrecke feststellen. Da man das suchsrohr leicht um seine Achse drehen konnte, war es aber auch möglich, die Thermoelemente längs beliebiger anderer Mantellinien zu verschieben und so überall die Wandtemperatur zu messen.

Bei einigen Versuchen haben wir noch ein drittes Thermoelement verwendet, um die Temperatur in der Mitte der Rohrstrecke möglichst hart an der Rohrwand zu messen. Hierzu war ein Messingröhrchen *e'* von den gleichen Abmessungen wie *c* völlig in das Lot *f* eingebettet. Die Lötstelle *g* des Thermoelementes wurde aus dem Rohr herausgeführt, unmittelbar an das Rohr *a* angelötet und wieder mit Lot bedeckt. Hiermit sollte festgestellt werden, um wieviel die Temperatur bei *d* niedriger war als in der Rohrwand *a*, da man mit hinreichender Genauigkeit die Temperatur bei *g* gleich der der Rohrwand *a* setzen darf.

### Verteilung der Temperatur über die Rohrwand

Wie früher seien die Geschwindigkeiten mit $w$ und die Temperaturen mit $\vartheta$ und angehängten Buchstaben und Ziffern bezeichnet; dabei bedeuten *D* Dampf, *W* Kühlwasser, *R* Rohrwand und *s* Sättigung, 1 den Beginn, 2 das Ende der Meßstrecke und *m* Mittelwerte für die ganze Meßstrecke.

Bei 95 von insgesamt 146 Versuchen wurde die Temperatur längs des Scheitels und der Sohle des Versuchsrohres gemessen, *a* und *e* in Abb. 2, bei 30 Versuchen längs der Mantellinien des Horizontalschnittes (*c*, *c*), bei 21 Versuchen unter 45 ° (*b*, *d*). Die Messungen in diesen drei Ebenen erfolgten im allgemeinen an drei verschiedenen Versuchstagen. Nur in einem Fall wurden sie nacheinander ohne Unterbrechung ausgeführt; dabei strömte der Dampf mit 1 at, 325 ° und 95 m/s in das Versuchsrohr ein; das Kühlwasser trat mit 10 ° ein und mit 32,5 ° aus; seine mittlere Geschwindigkeit betrug 0,048 m/s. Das Ergebnis dieser Versuchsreihe ist in Abb. 2 wiedergegeben.

Wie zu erwarten, liegen die Temperaturen am Scheitel des Rohres (Kurve *a*) und an seiner Sohle (Kurve *e*) am weitesten auseinander, da die Wasserhaut im Rohr oben am dünnsten, unten am dicksten ist. Es bestand nun von vornherein die Schwierigkeit, wie die „mittlere Temperatur der Rohrwand" berechnet werden sollte, die man der Auswertung zu Grunde legen mußte. Der nächstliegende und einfachste Gedanke war, das Mittel aus *a* und *e* zu

[1]) Vorgetragen in der Sitzung des Ausschusses für Wärmehung beim Verein deutscher Ingenieure in Hannover am 20. April 1929.
[2]) Vergl. *M. Jakob* und *S. Erk*, Forschungsarbeiten, herausgegeben Verein deutscher Ingenieure, Heft 310 (1928) S. 1.
[3]) a. a. O., in Abb. 1 mit *g* bezeichnet.
[4]) a. a. O., in Abb. 4 und 5 mit *i* bezeichnet

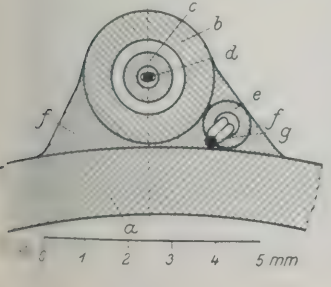



**Abb. 1**
Thermoelemente an der Wand des Versuchsrohres.

*a* Rohrwand
*b* Schutzrohr
*c*, *e* Meßröhrchen
*d*, *g* Thermoelemente
*f* Lot

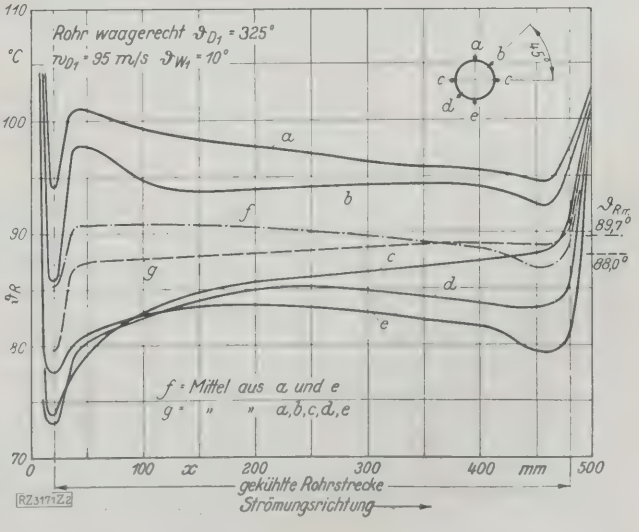



**Abb. 2**
Temperaturverlauf längs verschiedener Mantellinien des Rohres.

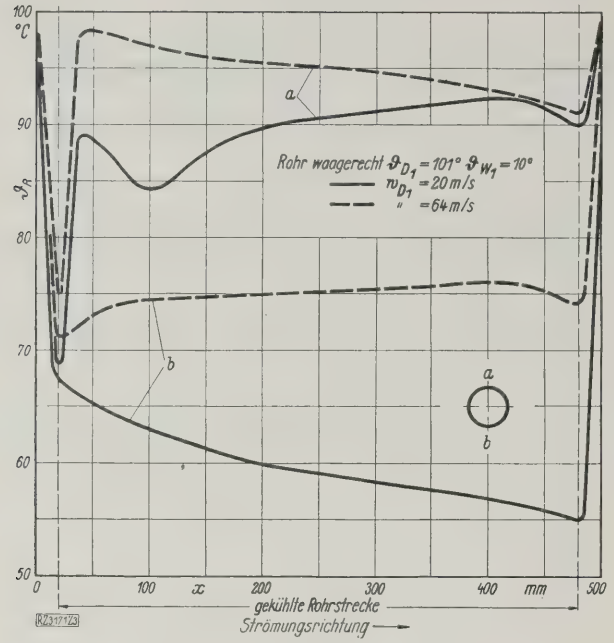



Abb. 3
Einfluß der Dampfgeschwindigkeit auf den Temperaturverlauf in der Sohle und im Scheitel des Rohres.

wählen. Kurve *f* zeigt den Verlauf dieser Mitteltempe tur. Um ihre Abweichungen vom „wahren Mittel" zu stimmen, haben wir das Mittel aus sämtlichen Messun (Kurve *g*) gebildet.

Der Unterschied zwischen *f* und *g* ist nirgends grö als 3 °, und die über die ganze gekühlte Rohrstrecke ( $x = 20$ bis $x = 480$ mm) genommenen Mittel $\vartheta_{R_m} = 89$, und 88,0 ° liegen sogar nur um 1,7 ° auseinander. der in Abb. 2 dargestellte Fall der ungünstigste ist, d. die größten bei unseren Versuchen vorkommenden T peraturunterschiede in der Rohrwand aufweist, konn wir bei der Auswertung unserer Versuche unbedenkl das Mittel aus der Wandtemperatur am Scheitel und der Sohle des Rohres benutzen.

Dazu kommt noch, daß bei der Messung der Wa temperatur mit dem verschiebbaren Thermoelement Fehler von annähernd derselben Größe, aber entgeg gesetzter Richtung entsteht, weil die Meßstelle etwas kä als die Rohrwand ist. Die Messung mit den zwei in Abb dargestellten Thermoelementen ergab nämlich, daß die dem Thermoelement *d* bestimmte Temperatur um et $\frac{\vartheta_R - \vartheta_W}{35}$ zu erhöhen ist. Dieses Berichtigungsglied li bei unsern Versuchen zwischen 0 und 2 °, somit im gemeinen innerhalb der Grenzen unserer Meßgenauigk Diese ist u. a. wesentlich bedingt durch den starken T peraturabfall am Anfang der Meßstrecke, der von ei Störung der Kühlwasserströmung durch den Zulaufstut herrührt.

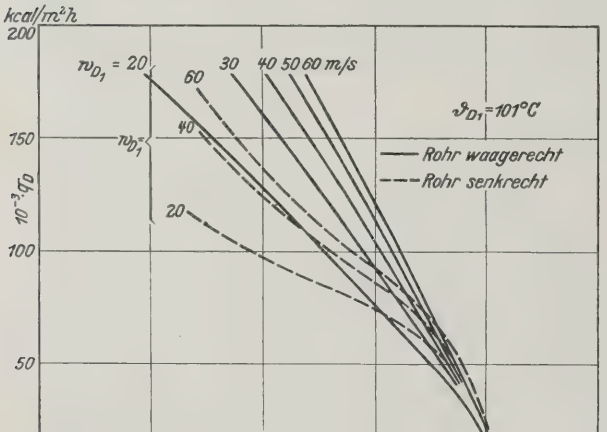



Abb. 4
Wärmeabgabe von Sattdampf.

Abb. 4 und 5
Wärmeabgabe, abhängig von der mittleren Rohrwandtemperatur und der Dampfgeschwindigkeit.

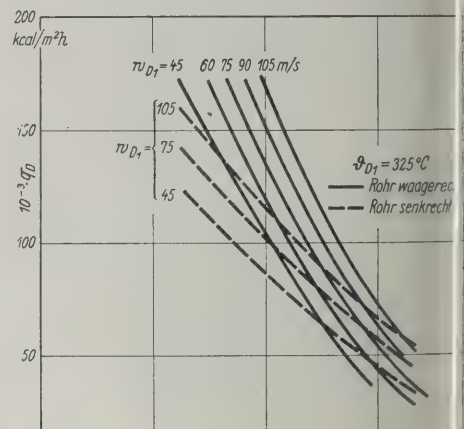



Abb. 5
Wärmeabgabe von Heißdampf.

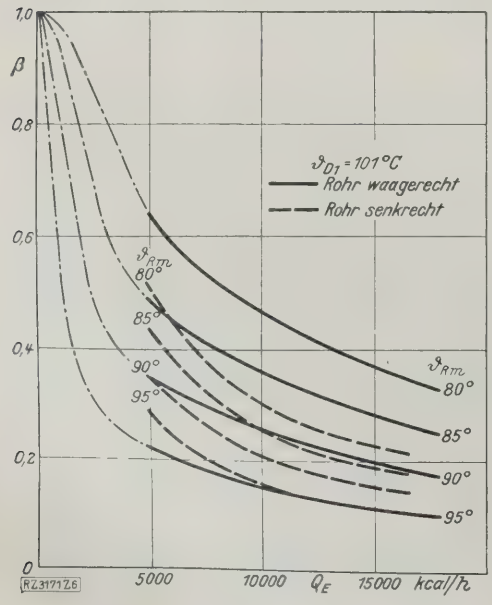



Abb. 6
Gütegrad des Wärmeüberganges von Sattdampf.

Abb. 6 und 7
Gütegrad des Wärmeüberganges, abhängig von der zugeführten Wärmemenge.

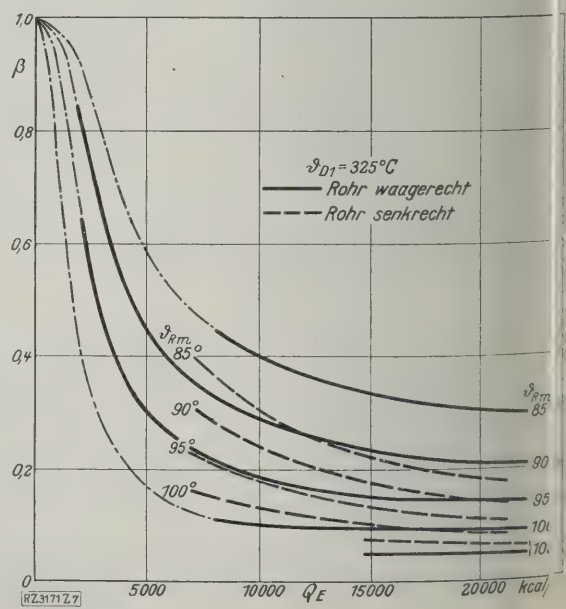



Abb. 7
Gütegrad des Wärmeüberganges von Heißdampf.

Abb. 3 zeigt den Einfluß der Dampfgeschwindigkeit f den Temperaturverlauf längs der Rohrwand. Dabei nd zwei Versuche mit Sattdampf ($\vartheta_{D_1} = 101\,°$) bei star- r Kühlung ($\vartheta_{W_1} = 10\,°$, $\vartheta_{W_2} = 32$ und $36\,°$; $w_W = 0{,}05$ m/s) d verschiedenen Dampfeintrittsgeschwindigkeiten $w_{D_1}$ 20 und 64 m/s einander gegenübergestellt.

An der Sohle des Rohres prägt sich bei geringer ampfgeschwindigkeit in dem starken Abfall der Wand- mperatur längs des Rohres deutlich das Anwachsen der asserhaut aus (ausgezogene Kurve *b*). Bei großer ampfgeschwindigkeit (gestrichelte Kurve *b*) wird das ondensat durch die Dampfreibung so stark beschleunigt, ß sich keine dicke Wasserhaut bilden kann und die andtemperatur unter dem Einfluß der Kühlwassererwär- ung ansteigt.

Dieser Einfluß ist bei niedriger Dampfgeschwindigkeit ıch maßgebend für den Verlauf der Temperatur im heitel des Rohres (ausgezogene Kurve *a*), weil das ondensat an der Rohrwand abläuft, oben also keine dicke asserhaut entstehen kann[5]). Bei hoher Dampfgeschwin- gkeit überwiegt jedoch die von dem strömenden Dampf wirkte Horizontalbeschleunigung des Kondensats gegen- er der Vertikalbeschleunigung durch die Schwerkraft sehr, daß das Kondensat nahezu waagerecht an der ohrwand entlang strömt. Die Dicke der Wasserhaut im heitel nimmt daher längs des Rohres zu, die Wandtem- ratur sinkt dementsprechend (gestrichelte Kurve *a*).

Kennt man an irgendeiner Stelle die Dicke $\delta$ der asserhaut, so kann man für diese Stelle nach einer For- el von *Nußelt*[6]) für die ebene, geneigte Wand die Hori- ntal- und Vertikalkomponente der Kondensatströmung rechnen. Bei unserem Rohr war je nach den Versuchs- dingungen die Dicke der Wasserhaut von der Größen- dnung 0,01 oder 0,1 mm. Für diese Dicken haben wir s Verhältnis der senkrechten zur waagerechten Teilströ- ung berechnet. Einige dieser Werte sind in Zahlen- fel 1 zusammengestellt; sie bestätigen unsere Erklärun- n zu Abb. 3.

**Zahlentafel 1.**
Verhältnis der Vertikalkomponente zur orizontalkomponente der Kondensatströmung

| $w_D$ m/s | $\delta$ mm | Nahe am Scheitel oder an der Sohle des Rohres (Entfernung $^1/_{20}$ des Rohrumfanges) | In der Mitte zwischen Scheitel und Sohle des Rohres |
|---|---|---|---|
| 20 | 0,01 | 0,05 | 2 |
| | 0,1 | 0,2 | 6 |
| 80 | 0,01 | 0.003 | 0,01 |
| | 0,1 | 0,03 | 0,1 |

### Größe und Gütegrad des Wärmeüberganges

Bei sämtlichen 146 Versuchen wurde außer der Tem- raturverteilung im Rohr auch der Wärmeübergang kalo- metrisch bestimmt. Eine Meßreihe von fünf Versuchen forderte im allgemeinen 4½ h; davon entfielen etwa 2½ f das Einstellen des Dauerzustandes, 2 auf die Messungen.

Auf Grund dieser Versuche sind in Abb. 4 und 5 die unserem Versuchsrohr an das Kühlwasser übergehen-

[5]) Die Einsenkung bei $x = 100$ haben wir auch bei anderen Ver- chen beobachtet; auf ihre Ursache kann hier nicht näher eingegangen erden.

[6]) Vergl. *W. Nußelt*, Z. Bd. 60 (1916) auf S. 542 Gl. (11).

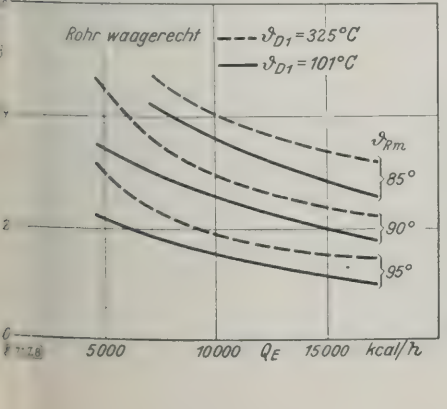



**Abb. 8** Gütegrad des Wärmeüberganges von Satt- und Heißdampf, abhängig von der zugeführten Wärmemenge.

den Wärmemengen $q_D$, bezogen auf 1 h und 1 m² der Rohrwand, als Funktion der mittleren Rohrwandtemperatur $\vartheta_{R_m}$ und der Eintrittsgeschwindigkeit $w_{D_1}$ des Dampfes dargestellt[7]). Man erkennt zunächst dieselben Gesetzmäßigkeiten wie beim senkrechten Rohr: Zunahme des Wärmeübergangs mit steigendem Temperaturunterschied zwischen Dampf und Wand und mit wachsender Dampfgeschwindigkeit.

Zum Vergleich ist durch die gestrichelten Kurven die Wärmeabgabe beim senkrechten Rohr dargestellt. Daß im waagerechten Rohr bei starker Kondensatbildung (niedriger Wandtemperatur $\vartheta_{R_m}$) mehr Wärme abgegeben wird als im senkrechten Rohr, kommt offenbar daher, daß die Wasserhaut bei einem Teil des waagerechten Rohres immer sehr dünn bleibt. Nicht so auf der Hand liegt, warum sich die gestrichelten und die ausgezogenen Kurven von Abb. 4 und 5 schneiden, also bei höherer Wandtemperatur im senkrechten Rohr mehr Wärme abgegeben wird als im waagerechten.

Um dies zu verstehen, muß man auf Abb. 2 zurückgreifen. Nähert sich $\vartheta_{R_m}$ der Sättigungstemperatur, so rückt das Band der Temperaturkurven für die verschiedenen Mantellinien immer höher und die Scheitelkurve überschreitet schon die Sättigungsgrenze, während die mittlere Wandtemperatur noch bedeutend tiefer liegt. Es kann also der Fall eintreten, daß der Dampf im Scheitel des Rohres überhaupt nicht mehr kondensiert. Die Kondensationsfläche wird hierdurch nicht nur verkleinert, sondern auch immer mehr auf den unteren Teil des Rohres beschränkt, der mit Kondensat bedeckt und daher nicht so wirksam ist wie der obere Rohrteil. So kommt es, daß bei gleicher mittlerer Wandtemperatur in der Nähe der Sättigungstemperatur das senkrechte Rohr dem waagerechten überlegen wird.

In Abb. 6 und 7 ist in Abhängigkeit von der stündlich zugeführten Wärmemenge $Q_E$ der „Gütegrad des Wärmeüberganges $\beta$" aufgetragen. Dieser Gütegrad, den wir als das einwandfreiste Vergleichsmaß betrachten, ist definiert durch

$$\beta = \frac{Q_W}{Q_E} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad (1),$$

worin $Q_W$ die im Versuchsrohr an das Kühlwasser abgegebene Wärmemenge und

$$Q_E = G_D \left[ c_p (\vartheta_{D_1} - \vartheta_s) + r + c (\vartheta_s - \vartheta_{R_m}) \right] \quad \ldots \quad (2)$$

die größte überhaupt denkbare Wärmeabgabe des dem Rohr zugeführten Dampfes ist[8]).

Nach Abb. 6 und 7 ist $\beta$ beim waagerechten Rohr im Falle starker Wärmezufuhr $Q_E$ und niedriger Wandtemperatur größer als beim senkrechten Rohr, bei kleinem $Q_E$ aber und ebenso bei großem $Q_E$ und gleichzeitig hoher Wandtemperatur, kleiner als beim senkrechten Rohr. Als Erklärung dafür gilt das von Abb. 4 und 5 Gesagte.

Abb. 8 endlich zeigt, daß, wie beim senkrechten Rohr, der Gütegrad bei Heißdampf besser ist als bei Sattdampf. Während aber beim senkrechten Rohr die Kurven konstanter Wandtemperatur mit abnehmendem $Q_E$ sich einander nähern und schließlich sogar kreuzen[9]), laufen sie beim waagerechten Rohr auseinander. Eine Erklärung für diese Verschiedenartigkeit können wir zur Zeit noch nicht geben.

### Berechnung der Wasserhaut

Bisher haben wir uns darauf beschränkt, unsere Meßergebnisse qualitativ durch das Verhalten der zusammenhängenden Kondensatschicht zu erklären, die der *Nußelt*schen Theorie der Oberflächenkondensation[10]) zugrunde liegt; nun soll versucht werden, die Dicke und Strömungsgeschwindigkeit der Wasserhaut aus unseren Beobachtungen zahlenmäßig festzustellen, und zwar für den Abb. 2 zugrunde liegenden Versuch.

[7]) Von *M. Jakob* und *S. Erk*, a. a. O. war $w_{D_m}$ als dritter Parameter gewählt worden.

[8]) $G_D$ ist das stündlich dem Rohr zugeführte Gewicht des Dampfes, $c_p$ seine mittlere spezifische Wärme, $r$ seine Kondensationswärme, $c$ die spezifische Wärme des Kondensats.

[9]) Vergl. *M. Jakob* und *S. Erk*, a. a. O. S. 7 Abb. 13.

[10]) Vergl. *W. Nußelt*, Z. Bd. 60 (1916) S. 541 und 569.

Die gekühlte Fläche $F$ des Rohres werde in eine Anzahl, z. B. 80 gleiche Teile zerlegt, wovon jeder sich über ein Zehntel der Länge und ein Achtel des Umfangs erstreckt; in einem Flächenelement geht dann in der Zeiteinheit die Wärmemenge

$$Q_n = \alpha_W \frac{F}{80} (\vartheta_R - \vartheta_W) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

über. Den Wert von $\vartheta_R$ für jedes Flächenelement ergibt Abb. 2. Mangels andrer Unterlagen nehmen wir ferner an, $\vartheta_W$ steige längs des Rohres linear von $\vartheta_{W_1}$ bis $\vartheta_{W_2}$ und die für die Kühlwasserseite geltende Wärmeübergangszahl $\alpha_W$ sei überall gleich. Hiermit erhält man die Summengleichung

$$Q = \sum_{n=1}^{n=80} Q_n = \alpha_W \frac{F}{80} \sum_{n=1}^{n=80} (\vartheta_R - \vartheta_W) \quad . \quad . \quad . \quad (4),$$

worin $Q$ die in der Zeiteinheit vom Kühlwasser insgesamt aufgenommene Wärmemenge bedeutet. Indem man nun $\alpha_W$ aus Gl. (4) berechnet und in Gl. (3) einsetzt, erhält man für jedes Flächenelement einen Wert $Q_n$. Da diese Wärmemenge quer durch die Wasserhaut der Rohrfläche zugeführt wurde, gilt bei linearem Temperaturabfall quer zur Wasserhaut, den auch *Nußelt* annimmt,

$$Q_n = \lambda_n \frac{F}{80} \frac{\vartheta_s - \vartheta_R}{\delta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (5),$$

wobei $\delta$ die Dicke der Wasserhaut in dem $n$-ten Flächenelement, $\lambda_n$ die Wärmeleitzahl des Wassers bei der Temperatur $\frac{\vartheta_s + \vartheta_R}{2}$ bedeutet.

Wegen der durch die Kühlwasserströmung verursachten Endstörung wurde dabei $\delta$ nur für $x < 450$ mm, s. Abb. 2, berechnet und daraus für die letzten 50 mm der Versuchstrecke extrapoliert. Die auf diese Weise für den Endquerschnitt berechneten Dicken der Wasserhaut sind in Abb. 9 und 10 in 30facher Vergrößerung gegenüber dem Durchmesser aufgezeichnet. Die Dicke der Wasserhaut liegt zwischen 0,026 mm am Scheitel und 0,115 mm an der Sohle des Rohres.

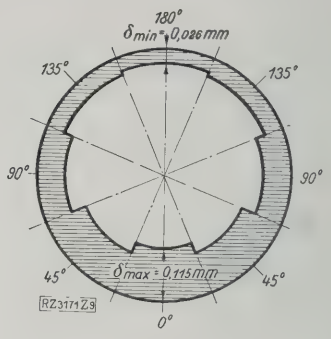
Berechnet man nun, ähnlich wie *Nußelt*, die von dem strömenden Dampf in der Wasserhaut verursachte Beschleunigung nach den Versuchen von *Eberle*[11]), wobei die Schwerebeschleunigung wegen der großen Dampfgeschwindigkeit vernachlässigt werden kann, vergl. Zahlentafel 1, so erhält man die mittlere Strömungsgeschwindigkeit der Wasserhaut an jeder Stelle. In Abb. 10 ist sie für den Endquerschnitt der Meßstrecke eingetragen.

Damit läßt sich nun die aus dem Versuchsrohr austretende Kondensatmenge $G_K$ berechnen. Wir erhalten dafür 6,47 kg/h, während wir aus der an das Kühlwasser abgegebenen Wärmemenge unmittelbar 6,56 kg/h berechnet haben. Die über Erwarten gute Übereinstimmung der Ergebnisse, die wir auch in andern Fällen und für das senkrechte Rohr bestätigt fanden, spricht für die Richtigkeit der Vorstellungen, die der *Nußeltschen* Wasserhauttheorie zu Grunde liegen, und für die Zulässigkeit der vereinfachenden Annahmen, die wir gemacht haben.

### Einige Folgerungen

Mit den vorliegenden Untersuchungen glauben wir die Vorgänge in Wärmeaustauschern für kondensierenden Dampf weiter geklärt zu haben. Wir sind aber noch weit davon entfernt, hiernach ganze Anlagen berechnen zu können, ja selbst die Berechnung der Kondensation in einem beliebigen einzelnen Rohr ist uns noch nicht möglich; denn wir haben bisher weder den Einfluß des Rohrdurchmessers noch den der Länge untersucht, der besonders groß sein wird. Trotzdem kann man schon aus unsern bisherigen Mitteilungen für den Bau und Betrieb von Wärmeaustauschern nützliche Folgerungen ziehen. So bestätigen sie z. B. die Erfahrung, daß in waagerechten

[11]) *Chr. Eberle*, Z. Bd. 52 (1908) S. 481.



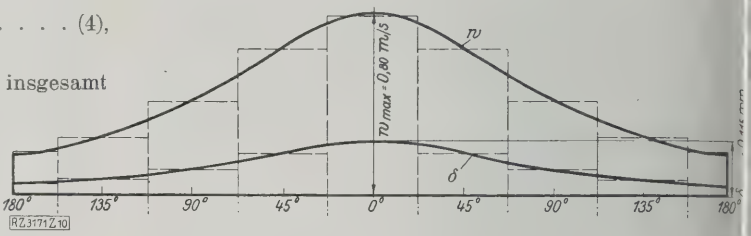




**Abb. 9 und 1**
Dicke δ in
Geschwindigkeit
der Wasserhau

| | Konde sat- meng $G_K$ kg/h |
|---|---|
| berechnet aus Wasser- haut | 6,47 |
| Versuch | 6,56 |

Rohren die Kondensation mit besserem Wirkungsgrad e folgt, als in senkrechten. Darüber hinaus aber sind d Grenzen für diese Überlegenheit der waagerechten A ordnung sichtbar geworden.

Die Versuche sollen an einer wesentlich vergrößerte und verbesserten Anlage fortgesetzt werden, die vor alle das Studium des Einflusses von Rohrdurchmesser u Rohrlänge gestattet.

### Zusammenfassung

Aus der Messung der Wandtemperatur an einem waag rechten Rohr, das innen von Satt- oder Heißdampf durc strömt und außen durch Wasser gekühlt war, wurde neue Aufschlüsse über das Verhalten der Kondensa schicht erhalten. Hiermit konnten die Ergebnisse d Messungen des Wärmeüberganges beim Kondensieren u insbesondre die Unterschiede für senkrechte oder waag rechte Rohranordnung im allgemeinen erklärt werde Ferner gelang es, aus den thermometrischen und kalo metrischen Messungen die auch unmittelbar gemesse Kondensatmenge richtig zu berechnen. [B 3137]

## Statistik der Hochspannungsleitungen in de Vereinigten Staaten von Amerika

Einer umfangreichen Zusammenstellung technisch Angaben über 877 Hochspannungsleitungen in den Ve einigten Staaten für 66 kV und darüber mit einer Gesam länge von 38 000 km kann man entnehmen, daß die Spa nungen von 66, 110 und 220 kV vorwiegen, daß daneb aber auch noch viele Leitungen mit 69, 75, 120, 132 u 140 kV betrieben werden, obwohl die meisten noch nic sehr alt sind. Etwas besser ist es mit der Vereinheitlichu der Frequenzen, bei denen 60 Hertz vorwiegen; in Südka fornien wird aber ein Gebiet mit 50 Hertz und in Michig eins mit 30 Hertz betrieben. Das große mit 25 Hertz betri bene Gebiet im Westen von New York erscheint nic mit in der Aufstellung, da es weniger als 66 kV Spa nung hat.

Verhältnismäßig häufig sind die Leitungen a Holzmasten auch bei höheren Spannungen und größere Spannweiten verlegt; Kalifornien hat sogar eine 220 k Leitung mit 150 m Spannweite auf Holzmasten. Bei Stah masten betragen die Spannweiten bis zu 390 m, zumei allerdings zwischen 180 und 275 m. Oberirdische Erdsei finden sich ziemlich häufig; z. T. verwendet man hier hochwertige Stahldrahtseile, die die Masten auch mechanis verbinden sollen. („Electrical World" 21. September 19 S. 578). [N 3628 c] *Pa.*

# Die physikalisch-chemischen und chemischen Eigenschaften des Holzes

*Von Prof. Dr. CARL G. SCHWALBE, Eberswalde*

*Vorgetragen in der Fachsitzung Holzprüfung gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Königsberg, Montag, den 24. Juni 1929*

*Angaben über die Zusammensetzung des Holzes. Die drei Hauptbestandteile, Zellulose, Holzgummi und Lignin befinden sich im kolloiden Zustand. Vorgang der Trocknung und Wasseraufnahmevermögen des Holzes. Einwirkung der verschiedenen Säuren auf die drei Hauptbestandteile des Holzes. Widerstandfähigkeit des Holzes gegen Basen. Eignung der Neutralsalze für die Holzerhaltung: Kyanisieren, Boucherie-Verfahren, Kesseldruckverfahren, Bandagen-Tränkung und Tränkung mittels Oxydationsmittel. Organische Stoffe werden im allgemeinen von der Holzfaser gut adsorbiert.*

Unter physikalisch-chemischen Eigenschaften sollen solche wie Adsorption und Quellung verstanden wer-en. Unter chemischen Eigenschaften etwa das Verhalten er Holzsubstanz gegenüber chemischen Agentien, Säuren, asen und dgl. Wenn die Wirkung dieser Agentien ge-hildert werden soll, so sind zunächst einige Angaben ber die Zusammensetzung des Holzes erforderlich.

### Chemische Zusammensetzung des Holzes[1])

Es kommt für den Ingenieur nicht darauf an, zu issen, wie viel vom Hundert Kohlenstoff, Wasserstoff und uerstoff im wesentlichen die Holzsubstanz zusammen-tzen, sondern zu erfahren, daß man in der Holzsubstanz ei Hauptbestandteile unterscheiden kann: die fasrige e l l u l o s e von erheblicher Festigkeit und Schmiegsam-eit, den sozusagen amorphen H o l z g u m m i mit dem issenschaftlichen Namen „Hemizellulose" und den eigent-ch verholzenden Stoff, das fasrige L i g n i n, von geringer estigkeit und großer Sprödigkeit. Diese Hauptbestand-ile sind je nach der Holzart in wechselnden Mengen in r Holzsubstanz enthalten. Der Zellulosegehalt schwankt n die Zahl von 55 vH. Bezüglich des Holzgummigehaltes stehen große Unterschiede zwischen den Laub- nd den Nadelhölzern. Die Laubhölzer enthalten 20 bis vH holzgummiähnliche Stoffe, die man auch nach einem rer Hauptbestandteile mit dem Namen „Pentosan" zu be-gen pflegt, während die Nadelhölzer davon nur 8 bis vH enthalten. Der Gehalt an Lignin schwankt bei Laub- nd Nadelhölzern ebenfalls. Die Nadelhölzer enthalten etwa vH, während die Laubhölzer ligninärmer sind und etwa bis 22 vH Ligningehalt aufweisen[2]). Die Mengen der auptbestandteile der Hölzer schwanken auch mit dem ebensalter des Baumes recht erheblich[3]).

Neben diesen drei Hauptbestandteilen des Holzes muß an noch von den Holzsäften reden, die im frischen, wald-uchten Holz eiweiß- und gummiartige Stoffe enthalten, les jedoch in verhältnismäßig geringer Menge von etwa vH des Holzgewichtes. Zu erwähnen sind ferner die arze und Fette, die in den Nadelhölzern in dem Betrage n durchschnittlich 1 bis 3 vH vorkommen, während die aubhölzer zwar kein Harz, wohl aber fett- und wachs-tige Stoffe von 1 bis 2 vH aufweisen. Endlich sind noch u erwähnen die Gerbstoffe, die in deutschen Hölzern, mit usnahme der Edelkastanie, die 8 vH Gerbstoff enthält, ur in sehr kleinen Mengen, z. B. im Eichenholz, enthalten nd und die Mineralstoffe, die in sehr kleinen Beträgen, M. 0,5 vH des Holztrockengewichtes, vorkommen.

Die vorgenannten Stoffe befinden sich alle mit Aus-hme der Mineralstoffe im sogen. k o l l o i d e n Zustand[3a]), demselben Zustand, den z. B. der Leim und der Kleister ufweisen. Die Lösungen der Kolloide gehen bekanntlich cht durch „semipermeable", halbdurchlässige Wände hin-urch. Bei der Aufnahme von Wasser nehmen die Kolloide hr an Raum zu; eine Quellung, der bei Wasserabgabe nter erheblicher Schrumpfung die Volumenabnahme lgen kann. Am Holz zeigt sich diese beispielsweise bei er früher ausgeübten Gewinnung von Granittreppen-ufen. Die in anstehenden Fels gemeißelten Löcher wurden mit trockenen Holzkeilen ausgefüllt; bei Befeuchten mit Wasser quellen die Keile und sprengen das Bergstück ab.

Eine weitere kennzeichnende Eigenschaft der kolloiden Stoffe ist die A d s o r p t i o n. Sie zeigt sich z. B. bei Fichtenholz-Hackspänen, die in eine aus Kalkstein, Wasser und Schwefligsäuregas bereitete Kalziumbisulfitlösung eingelegt werden. Aus solchen Lösungen vermag das Holz erhebliche Mengen von schwefliger Säure herauszuadsorbieren, so daß eine starke Konzentrationsänderung der Lösung eintritt. Das Holz adsorbiert auch in erheblichen Beträgen Gase und damit Gerüche. Es verhält sich in dieser Beziehung ähnlich wie die aus dem Holz gewonnene Holzkohle. Viele Kolloide kann man schon durch Wasseraufnahme in Lösung bringen. Bei dem Holz ist eine Überführung in schleimige Lösungen bei mechanischer Bearbeitung (Stauchung) in Gegenwart kleiner Mengen von Säure oder Alkalien auch möglich, jedoch abhängig von dem „Lageralter" des Holzes; lange gelagertes Holz läßt sich nur schwer in Schleim überführen.

Eine weitere Verwicklung erfahren chemische und physikalisch-chemische Reaktionen infolge des morphologischen Aufbaues der Holzsubstanz, die ein Haufwerk von Zellen bildet, so daß zahllose Membranen vorhanden sind. Die Flüssigkeiten werden den Zellen teilweise durch die Gefäße zugeleitet. Kann diese Zuleitung nicht erfolgen, so müssen sehr viele Membranen von der Flüssigkeit durchdrungen werden, wenn tiefere Schichten des Holzkörpers von der Flüssigkeit erreicht werden sollten. Die Diffusion durch diese halb durchlässigen Wände erfordert außerordentlich viel Zeit. Diese Zellwände enthalten zudem Poren verschiedener Größe, und ihre Benetzbarkeit kann sehr verschieden sein. Von Einfluß auf den Diffusionsvorgang ist natürlich auch der dichte oder schwammige Aufbau der Zellen des Früh- und des Spätholzes. Von erheblicher Bedeutung ist es für das Verhalten der Holzsubstanz, ob sie aus dem Kern- oder aus dem Splintanteil eines Baumstammes herrührt. Das Kernholz ist weit weniger durchlässig für Gase, Dämpfe und Flüssigkeiten als das Splintholz, was sich vorzugsweise bei der Kiefer, aber auch bei der Fichte, also bei Nadelhölzern zeigt[4]).

Wenn man also chemische und physikalisch-chemische Reaktionen des Holzes studieren will, so muß man damit rechnen, daß die rein chemischen Vorgänge überlagert sind von Kolloidvorgängen (Quellung, Adsorption) und von den osmothischen Vorgängen, die von halbdurchlässigen Membranen beeinflußt werden. Diese beständige Überlagerung verschiedenartiger Reaktionen erschwert außerordentlich die experimentelle Bearbeitung der Holzsubstanz.

### Vorgang der Holztrocknung

Bei einer Betrachtung der chemisch-physikalischen Eigenschaften ist es zweckmäßig, von dem grünen Holz (frisch gefälltes Holz) auszugehen. Das waldfeuchte Holz wird gegebenenfalls ganz oder teilweise von der Rinde befreit. Es unterliegt bei gewöhnlicher Temperatur einer allmählichen Trocknung an der Luft, bei der zunächst das reichlich vorhandene Wasser, 40 bis 60 vH im Splint und 20 bis 25 vH im etwaigen Kern, aus den Kapillaren und Zellräumen verdunstet, wobei in den letzteren die Inhaltstoffe der Holzsäfte, also Eiweißbestandteile, gummi- und zuckerartige Stoffe auf den Zellmembranen eintrocknen.

[1]) Vergl. a. „Das Holz". Gemeinfaßliche Darstellung seiner Er-ugung, Gewinnung und Verwendung. VDI-Verlag, Berlin 1929.

[2]) Die Zusammensetzung von fünf deutschen Holzarten: Fichte, efer, Buche, Birke, Pappel wurde auf einer Tafel in der „Lehrschau olz" in Königsberg veranschaulicht. Vergl. Nr. 31 dieser Zeitschrift m 2. August 1929 S. 1083.

[3]) Die Zusammensetzung der Erle in verschiedenen Lebensaltern rde auf einer Tafel in der „Lehrschau Holz" gezeigt.

[3a]) s. *Wo. Ostwald*, Z. Bd. 68 (1924) S. 481.

[4]) Die Wasseraufnahme von Splint und Kern zeigte eine Tafel in der „Lehrschau Holz".

Der Trockenvorgang ergreift dann auch die Membranen selbst, die von außen nach innen eintrocknen und erhebliche Oberflächenveränderungen erfahren können, die man „Verhornung" nennen kann[5]). Über den Trockenvorgang hat man eine große Zahl von Theorien oder, besser gesagt, Hypothesen aufgestellt[6]). Bei der unsicheren experimentellen Grundlage ist es sicherlich besser, nur von Arbeitshypothesen zu sprechen. Es werden für die Quellung, die während und nach der Trocknung durch Wiederaufnahme von Wasserdampf aus der Luft erfolgt, vor allen Dingen die Mineralstoffe und das Eiweiß verantwortlich gemacht.

**Wasseraufnahmevermögen**

Als wasseranziehende Stoffe können von den Bestandteilen der Holzasche allenfalls die Kalisalze in Frage kommen. Die Eiweißstoffe sollen durch eine Koagulation, die sich bei 85 ° vollzieht, ihre wasseranziehenden Eigenschaften verlieren, so daß Holz, das bei Temperaturen von etwa 85 ° und darüber künstlich getrocknet wird, raumbeständiger sein soll als Holz, das nur an der Luft getrocknet wird. Als Übertrager der Feuchtigkeit sind auch die gummi- und zuckerartigen Bestandteile der Holzsäfte, die auf den Membranen eingetrocknet, aber noch der Quellung fähig sind, zu nennen. Endlich sind sowohl die Zellulose wie der Holzgummi als auch das Lignin stark wasseranziehende Stoffe, die bei der Wasseraufnahme eine Formveränderung, eine Quellung erleiden; diese wird durch Trocknung wieder rückgängig gemacht. Das Spiel der Wasserabgabe und Aufnahme wiederholt sich bei der Trocknung an der Luft, je nach dem Wassergehalt der Atmosphäre sehr oft, jedoch geht allmählich die Fähigkeit der Holzmembranen, bei der Wasseraufnahme stark aufzuquellen, zurück. Das Kolloid „ermüdet" und der an und für sich „reversible" Vorgang der Wasseraufnahme wird schließlich „irreversibel". Ob diese Ermüdung und der schließliche „Tod" des Kolloids sich rasch oder langsam vollzieht, hängt von den Trocknungsbedingungen ab. Bei der Trocknung an der Luft ist die Ermüdung selbst nach sehr langen Zeiträumen kaum merklich. Wird jedoch die Trocknung durch Luftverdünnung, durch Erhitzung auf 105 ° oder durch eine Behandlung mit Alkohol oder Benzol unterstützt, so zeigt sich die Verminderung der Fähigkeit, Wasser aufzunehmen, deutlich, jedoch nicht in dem Maße, daß man bei der Trocknung die genannten Beschleunigungsmittel anwenden könnte[7]).

Ist das Holz an der Luft trocken geworden, so hat es in trockner Luft eine verhältnismäßig große Beständigkeit. Das Licht wirkt bei festen Holzmassen selbst mit seinen ultravioletten Strahlen nur auf die äußersten Schichten ein, während merkwürdigerweise fein zerkleinertes Holz vom Licht außerordentlich stark verändert wird und sehr rasch fast jede Festigkeit verliert; dies zeigt hauptsächlich das aus zerfasertem Holz bestehende Zeitungspapier bei kurzer Sonnenbestrahlung. Die Wetterbeständigkeit des Holzes hängt im allgemeinen von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft ab. Dies ist damit zu erklären, daß bei mittleren Feuchtigkeitsgraden von 20 bis 30 vH im Holz und bei warmer Witterung die günstigsten Bedingungen für den Befall des Holzes durch schädliche Pilze gegeben sind. Die wesentlichen Schädigungen des Holzes werden nämlich von den Pilzen hervorgerufen, die entweder den Zelluloseanteil oder den Ligninanteil des Holzes verzehren. Der zurückbleibende, in seiner Festigkeit sehr stark verminderte Holzstoff zeigt meist saure Reaktion und eine bei gewöhnlichem Holz nicht beobachtbare Löslichkeit in Alkalien.

Der Erhitzung widersteht das Holz im allgemeinen bis zu Temperaturen von 125 °. Bei dieser Temperatur werden erst die letzten Reste Wasser von dem Holz im Vakuum abgegeben. Diese Temperatur kann für das Holz schon schädlich werden, wenn sie sehr lange Zeit hindurch von dem Holz ertragen werden muß. Die Zeit spielt bei einer Angabe über Hitzebeständigkeit des Holzes eine ganz wesentliche Rolle. Kürzere Zeit hindurch kann man das Holz auf weit höhere Temperaturen, bis zu etwa 180 °, erhitzen. Bei Temperaturen über 180 ° beginnt die Zersetzung des Holzes, die bei Luftabschluß zur Verkohlung führt.

Wird das Holz der künstlichen Trocknung unterworfen, so muß bei der Anwendung von warmer Luft die Trocknung anfangs unter Wasserdampfzufuhr erfolgen, um die Entstehung zahlloser Haarrisse zu vermeiden. Gegenwärtig wird auch viel mit Gemengen von Luft und strömendem Wasserdampf getrocknet. Bei der Aufnahme des Wassers muß man unterscheiden die Aufnahme des Wasserdampfes, die für gewöhnlich in Frage kommt und die Aufnahme des flüssigen Wassers. Der Wasserdampf bringt die schon bei der Trocknung erwähnte Formveränderung hervor, das Holz wirft sich, reißt und schwindet, je nach dem wechselnden Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre. Das Ziel, das man bei künstlicher Trocknung zu erreichen sucht, ist neben der Verkürzung der Trockendauer eine bessere Raumbeständigkeit des Holzes.

Mittels der Trocknung das Wasseraufnahmevermögen der Hölzer zu verringern, ist bisher nicht gelungen. Jedoch scheint die etwas bessere Raumbeständigkeit darauf zu deuten, daß die Wasseraufnahme eine etwas geringere Quellung der Membranen und damit eine Verringerung der Volumenzunahme zur Folge hat, das Wasser sich also nur in den Kapillaren und auf den Membranen in Schichten niederschlägt. Auch bei der Feuchtung durch flüssiges Wasser findet eine Quellung statt, die bei frischem Holz weit stärker ist als bei älterem Holz. Sie kann mittels Zusatz von gewissen Stoffen, insbesondere von organischen Säuren, zu dem Quellungswasser außerordentlich verstärkt werden, so daß man das 400fache Gewicht des Holzes an Wasser von diesem adsorbieren lassen kann. Kräftiger als der Wasserdampf bei gewöhnlicher Temperatur wirkt der strömende Wasserdampf von 100 ° oder gar der Wasserdampf unter Druck. Der strömende Wasserdampf und das kochende Wasser laugen die Holzsubstanz aus. Die eingetrockneten Holzsäfte gehen ganz oder teilweise in Lösung und auch die Holzbestandteile, besonders Holzgummi und Lignin werden zu gewissen Anteilen aufgelöst, wobei von ausschlaggebender Bedeutung der Zerkleinerungsgrad des Holzes ist. Bei festen Holzstücken ist eine gleichmäßige Auslaugung nicht möglich. Die auszulaugenden Stoffe müssen durch zahlreiche Membranen hindurch befördert werden, was außerordentlich zeitraubend ist. Von einer vollständigen Auslaugung kann man demnach nur bei sehr geringer Schichtdicke des Holzes, etwa bei Sperrholz, reden.

Die Schädlichkeit des Dämpfens oder Auskochens hängt von der Zeitdauer ab. Sie wird sehr verstärkt durch die Anwendung von Druck. Aber auch schon ohne Druck, beim bloßen Kochen von Holz mit Wasser, kann man Spuren von Ameisensäure und Essigsäure beobachten, was aber zunächst nicht mit einer Verminderung der Festigkeit verbunden ist. Erst nach längerer Beanspruchung bei dieser Temperatur treten auch Festigkeitsverminderungen auf. Gleichzeitig zeigt sich eine Bräunung[8]), die unter Umständen die Verwendbarkeit solchen Holzes wesentlich einschränken kann.

Neben der chemischen Veränderung, die das Holz durch Wasser und Wasserdampf von 100 ° erfährt, zeigt sich eine Formbarkeit der Holzmasse, die man bekanntlich in diesem Zustande in weitgehendem Maße biegen und mittels Pressen stark verdichten kann. Die Erweichung der Holzfaser tritt auch schon bei Temperaturen von 50 bis 60 ° ein. Sie spielt bei der Herstellung von Holzstoff der Zerfaserung von Holz an Schleifsteinen, eine wesentliche Rolle. Die Erweichung des Holzes wird durch Dämpfen bedeutend gesteigert, wobei jedoch eine Bräunung der Holzsubstanz nicht zu vermeiden ist, so daß ein unter Druck gedämpftes Holz nicht zur Herstellung des weißen Holzstoffes oder Holzschliffes, sondern nur zur Herstellung von braunem Holzstoff, dem Rohstoff für die Ledertappen, geeignet ist.

[5]) Vergl. *Schwalbe*, „Zellstoff und Papier" Bd. 1 (1921) Nr. 14.
[6]) Vergl. „Das Holz" a. a. O. S. 94.
[7]) Die Feuchtigkeitsaufnahme von Holz, das in verschiedener Weise getrocknet worden ist, zeigen eine Reihe von Kurventafeln, die in der „Lehrschau Holz" in Königsberg ausgestellt waren.

[8]) Auch bei Dämpfung unter 100 ° treten Bräunungen des Kondensats auf, die auf gewisse phenolartige Inhaltstoffe des Holzes zurückzuführen sind; diese, in den Holzsäften enthalten, erfahren teilweise Auslaugung und nehmen an der Luft infolge der Oxydation braune Färbung an.

### Widerstandfähigkeit des Holzes gegen Säuren

Die Mineralsäuren werden von dem Holz in merklichen Beträgen adsorbiert, wobei die an und für sich rch Wasseraufnahme vor sich gehende Quellung sich ch in erheblichem Maße verstärken kann. Bei ansteigenr Temperatur, etwa von 40 bis 50° an, bewirken die uren eine Hydrolyse des Zelluloseanteils des Holzes. doch kommt der Vorgang beim Verweilen der Holzbstanz in der Säurelösung verhältnismäßig rasch zum illstand, da sich Hydrozellulose bildet, die wie eine t Schutzschicht (Film) das tiefere Eindringen der ure in den Holzkörper verhindert. So erklärt es sich, ß man in hölzernen Bottichen sehr lange Zeit hindurch t sauren Lösungen arbeiten oder durch Holzrohre urelösungen leiten kann. Allerdings muß zugegeben rden, daß die Dauerhaftigkeit solcher Bottiche noch deutend ansteigt, wenn man ein von vornherein sehr rzhaltiges Holz, etwa das bekannte Pitchpine oder e Kernanteile von Kiefernhölzern anwendet. Die Säuren eten nur dann eine Quelle der Gefahr für das Holz, nn die mit Säurelösung durchtränkten Hölzer vollindig getrocknet werden. Dann werden alle Teile der olzsubstanz infolge der Bildung von Hydrozellulose rmürbt; dies findet besonders beim Erhitzen mit dünnen isserigen Lösungen unter Druck statt. Das Einocknen der Säurelösungen in Holz muß man also vereiden. Holz erweist sich auch gegenüber Säuredämpfen s verhältnismäßig beständig. Die in den obersten chichten des Holzkörpers adsorbierte gasförmige Säure ingt nicht in die Tiefe, so daß das Holz auch bei aukonstruktionen, die Säuredämpfen ausgesetzt sind, hr widerstandfähig ist.

Konzentrierte Säuren bewirken beim Holz eine völe Quellung der Zellulose und bei längerer Einwirkung ren Auflösung. Man hat auf dieser Tatsache eine techsche Holzverzuckerung aufgebaut. Dagegen widerehen Holzgummi zum Teil, und Lignin durchaus der irkung starker Mineralsäuren.

Eine Ausnahmestellung unter den Säuren nimmt die nweflige Säure ein, die bei ihrer Einwirkung unter ruck die verholzende Materie, also das Lignin, und gisse Anteile des Holzgummis zu lösen vermag, während e wässerigen Lösungen schwefliger Säure ohne Druck eh völlig gleichartig wie die Lösungen anderer Mineralsuren verhalten, also in der Kälte das Holz kaum angeifen.

### Widerstandfähigkeit des Holzes gegen Basen.

Während die Säuren die Zellullose des Holzes letzten ides angreifen, widersteht sie den Basen sehr gut; Holzummi und Lignin können von den Alkalien, z. B. Ätztron und dergl., gelöst werden. Jedoch ist diese Wirng bei festen Holzmassen sehr träge, da die obersten chichten des Holzkörpers durch die Natronlauge rquellen. Die von dem Alkali angegriffenen Teile des olzgummis bilden eine schleimige Lösung, die die Poren r Zellmembranen verstopft und die Lauge nur sehr langm oder garnicht in die Tiefe dringen läßt. So erklärt sich, daß man in Holzbottichen sehr wohl mit alkalihen Lösungen arbeiten kann, was die Verwendung lcher Bottiche in der Wäscherei beweist. Jedoch beht ein gewisser Unterschied in der Beständigkeit gegen tronlauge bei Nadelhölzern und Laubhölzern. Die steren sind, weil an Holzgummi ärmer, wesentlich iderstandfähiger als die letzteren, die an dem verhältsmäßig leicht in Alkali löslichen Holzgummi reich sind. ährend die Alkalien aus den dargelegten Gründen verltnismäßig schlecht adsorbiert werden, findet aus Erdkalilösungen eine starke Adsorption unter Konzentraonsänderung der Flüssigkeit, z. B. Kalkwasser, statt.

Das konzentrierte Alkali bewirkt eine starke hrumpfung der Holzsubstanz. Aber auch hier kann m einer merklichen Zerstörung fester Holzmassen tum gesprochen werden. Wendet man dagegen die Alalien unter Druck an, so findet eine Auflösung des gninbestandteiles und gewisser Anteile des Holzummis statt. Man kann auf diese Weise die fasrige llulose der Holzsubstanz bloßlegen. Darauf beruht eine in Skandinavien und in den Südstaaten der amerikanischen Union hoch entwickelte Industrie für die Herstellung von Natronzellstoff aus Holz.

Häufig werden für die Erzeugung von Natronzellstoff Gemische von Ätznatron und Schwefelnatrium verwendet, wodurch man bessere Ausbeuten an Zellstoff und festere und geschmeidigere Fasern erhält. Da man die in Verlust gehenden Anteile von Ätznatron oder Schwefelnatrium mittels Natriumsulfat zu ersetzen pflegt, spricht man auch von einer Herstellung von Sulfatzellstoff, die sich aber in Rücksicht auf die früher stark auftretenden äußerst üblen Gerüche nur in den weniger dicht bevölkerten nordischen Ländern, nicht aber in dem dicht bevölkerten Deutschland entwickeln konnten.

### Die Tränkung des Holzes

Von den Salzen wirken die sogenannten sauren Salze ähnlich wie die Säuren, die sogenannten alkalisch reagierenden Salze, wie Soda u. a., ähnlich wie die Basen. Unter den Salzen gibt es einige, die von Wasser hydrolytisch gespalten werden; diese Spaltung kann durch die Faser sehr verstärkt werden, so daß z. B. aus Lösungen von Aluminiumsulfat oder Alaun die Holzfaser Aluminiumhydroxyd speichert, während die Schwefelsäure in Freiheit gesetzt wird. Da es sehr schwierig ist, irgend ein Reagens aus festen Holzkörpern auszuwaschen, so geht hieraus die Unzweckmäßigkeit der Anwendung solcher sich leicht spaltenden Salze (Beizsalze) für Zwecke der Holzkonservierung hervor[9]).

Für die Holzkonservierung sind nur die eigentlichen Neutralsalze geeignet, die ohne jede Spaltung bis zu einem gewissen Grade von den Holzmembranen adsorbiert werden. Die Neutralsalze bewirken in geringen Konzentrationen eine Schrumpfung des etwa durch Wasser gequollenen Holzkörpers; in starken Konzentrationen tritt dagegen eine durchaus gegensätzliche Reaktion ein: die Holzfasern quellen unter der Wirkung der konzentrierten Salzlösung. Neben dem früher viel gebrauchten Chlorzink und Kupfervitriol spielt gegenwärtig Fluornatrium eine besonders wichtige Rolle als kräftig wirkendes pilztötendes Mittel. Die Hölzer nehmen bei Einlegen in die wässerige Lösung die Salze auf. Man darf jedoch nicht erwarten, daß bei dem „Einweichen" in der Salzlösung der Holzkörper in tieferen Schichten durchdrungen werden könnte. Senkrecht zur Wuchsrichtung des Holzes verläuft die Diffusion äußerst langsam, wie dies z. B. die sogenannte Kyanisierung zeigt, bei der Lösungen von Quecksilberchlorid (Sublimatlösungen) bei vierzehntägigem Einweichen doch nur rd. 1 cm tief in das Holz einzudringen vermögen. Man kann die Durchtränkung weit kräftiger gestalten, wenn man die Tränkflüssigkeiten, von der Hirnfläche den Gefäßebahnen folgend, unter Druck in den Holzkörper preßt. Während bei dem früher vielfach geübten Boucherie-Verfahren die Kupfervitriollösung unter dem Druck von 1 at der Hirnfläche zugeführt wurde und der Durchtränkungsvorgang, der sich bei Nadelhölzern nur im Splint vollzieht, 2 bis 3 Wochen in Anspruch nahm, kann man bei zweckentsprechend ausgebildeten Verschlußkappen für die Hirnfläche und bei einem Druck von 3 bis 4 at, den man mittels Druckluft oder verdichteter Kohlensäure erzeugen kann, in 8 bis 24 Stunden die Schnelltränke von Langhölzern vornehmen[10]).

Das eben geschilderte Verfahren ist jedoch nur bei grünem Holz durchführbar. Will man trockenes Holz durchtränken, so muß man nach dem Kesseldruckverfahren bei ungefähr 8 at oder bei Luftverdünnung die Tränkflüssigkeit in das Holz, bei den Nadelhölzern jedoch auch nur bis zum Kern, einpressen. In neuester Zeit hat man auch versucht, durch zahlreiche Bohrlöcher das Erhaltungsmittel dem Stamm zuzuführen. Das in Pastenform angewandte Imprägniermittel wird infolge der Feuchtigkeit, die vom Holze aus der Luft oder dem Boden angesogen wird, gelöst und allmählich im Holzkörper verteilt (Cobra-Verfahren). In ähnlicher Weise

[9]) Vergl. „Das Holz" a. a. O. S. 86; Z. Bd. 73 (1929) Nr. 6 S. 187.
[10]) Die Schnelltränkung nach *Schwalbe* wurde in der „Lehrschau Holz" an Modellen gezeigt.

wirkt die Bandagen-Tränkung nach *Bock*, bei der der Holzkörper in den gefährdetsten Teilen mit festem Tränkmittel umgeben wird, das infolge der Luftfeuchtigkeit oder infolge des Regens in die Stange diffundiert. Erwähnenswert ist, daß die Salze das Holz schwerer verbrennlich machen. Die Mehrzahl der als Feuerschutz für Holz in zahlreichen Patenten empfohlenen Salzgemische ist allerdings für eine allgemeinere Anwendung zu teuer.

### Oxydationsmittel

Von den sauren Oxydationsmitteln kommen in erster Linie einerseits das Chlor, anderseits die Salpetersäure oder die aus der Salpetersäure entstehenden Stickoxyde in Betracht. Die Tiefenwirkung des Chlors ist auffallend gering, vielleicht deshalb, weil die bei der Umsetzung des Chlors mit Wasser entstehende Salzsäure Hydrozellulose bildet und damit eine Schutzschicht, die das Chlorgas anscheinend nicht durchdringen kann. Auch bei der Salpetersäure ist ein verhältnismäßig langsames Eindringen der Säure zu beobachten, während die gasförmigen Stickoxyde ziemlich dicke Holzschichten zu durchdringen vermögen. Von alkalischen Oxydationsmitteln soll hier nur der Chlorkalk genannt werden, der bei gewöhnlicher Temperatur keinerlei Einwirkung auf das Holz ausübt, wie die Verwendung von Holzfässern für die Beförderung von Chlorkalk beweist. Die Oxydationsmittel greifen vorzugsweise den Ligninanteil des Holzes an. Teilweise, wie bei der Salpetersäure entstehen wasserlösliche Oxydationsprodukte, während sich beim Chlor vorwiegend unlösliche Oxydationsprodukte bilden, die erst durch Alkali löslich gemacht werden müssen.

### Einwirkung organischer Stoffe

Von den Wirkungen organischer Stoffe sei zunächst die der organischen Säuren hervorgehoben, die eine außerordentlich starke Quellung der Holzmembranen hervorrufen; insbesondere gilt dies von der Essigsäure. Die organischen Farbstoffe werden je nach ihrer chemischen Konstitution mehr oder weniger von der Holzsubstanz gespeichert; insbesondere die basischen und substantiven Farbstoffe. Jedoch ist bei festen Holzkörpern die völlige Durchtränkung sehr schwierig. Die Phenole werden gut von der Holzfaser adsorbiert, ohne bei gewöhnlicher Temperatur irgendwelche Zersetzungen der Holzsubstanz auszulösen. Läßt man sie aber unter Druck und besonders bei Gegenwart von Spuren von Mineralsäure auf Holz einwirken, so können tiefgreifende Zersetzungen sich vollziehen, bei denen der Ligninanteil des Holzes in Lösung geht. Bei der Verwendung phenolhaltiger Teeröle zur Holzkonservierung etwa in dem oben erwähnten Kesseldruckverfahren ist jedoch eine Zersetzung der Holzsubstanz und damit eine Schädigung der Festigkeit des Holzkörpers ausgeschlossen, wie dies durch langjährige Ausübung der Teerölträukung zur Genüge bewiesen ist. Während die phenolhaltigen Teeröle im wesentlichen wasserunlöslich sind, gibt es Abkömmlinge der Phenole, die verhältnismäßig leicht in Wasser gelöst werden können; z. B. das Dinitrophenol, das in Verbindung mit Fluornatrium in zahlreichen neuzeitlichen Holzerhaltungsmitteln: Malenit, Basilit usw. benutzt wird.

Von organischen Substanzen mögen noch die Gerbstoffe erwähnt werden, die von der Holzsubstanz außerordentlich stark adsorbiert werden. So ist es z. B. ganz unmöglich, den in dem Edelkastanienholz zu 8 vH enthaltenen Gerbstoff durch Auslaugung völlig aus der Holzfaser zu entfernen. Es bleiben selbst bei noch so langem Laugen stets noch 0,5 und mehr vom Hundert an Gerbstoff zurück, die durch Adsorption hartnäckig festgehalten werden.

### Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann über das Verhalten des Holzes gegenüber chemischen Agentien gesagt werden, daß die Säuren, insbesondere beim Eintrocknen, den Zelluloseanteil des Holzes angreifen, während die Basen und Oxydationsmittel ihre Wirkung auf das Lignin oder den Holzgummi ausüben. Da jedoch die Zerstörungen nur langsam in tiefere Holzschichten vordringen, ist das Holz auch bei der Beanspruchung mit Lösungen chemischer Agentien in mäßiger Konzentration ein vorzüglicher Bau- und Werkstoff. Die Salze bewirken je nach der Konzentration d Lösung hauptsächlich Schrumpfung oder Quellung. S machen die an und für sich leicht entflammbare Ho substanz schwerer verbrennlich. Durch gewisse Salze gelingt es, das Holz gegenüber den schädigenden Angriff von Pilzen und Insekten zu schützen. Für das lästi Werfen, Reißen und Schwinden ist noch kein Abhilfemit gefunden worden. Sobald man diesen Übelstand beseitig oder in seinen Auswirkungen stark abschwächen kan wird sich das Holz als Baustoff wieder weiter einführe da es gegenüber Eisen und Beton mancherlei Vorteile w geringes Gewicht und leichte Veränderung der Konstru tion aufweist.

Der Ingenieur hat wichtige Aufgaben gelöst bei all d Arbeitsverfahren, die die Zerlegung des Holzes in sei Bestandteile oder seine Zerfaserung betreffen. Es sei n an die großartige Entwicklung der Holzstoffherstellung e innert, an die gewaltigen Schleifmaschinen, mit deren Hi es gelingt, 24 t Holzstoff in 24 Stunden in einer Maschine einheit zu erzeugen. Es kann ferner darauf hingewies werden, daß in der großartig entwickelten Zellsto fabrikation der Ingenieur drucksichere Kochgefäße v 300 m³ Inhalt geschaffen hat. Erwähnt sei endlich die I dustrie der Verkohlung in Retorten, deren konstrukti Durchbildung Aufgabe des Ingenieurs gewesen ist[11]).

Zu diesen Tätigkeitsgebieten des Ingenieurs werd neue hinzukommen. Die mechanische Zerfaserung d Holzes an Schleifsteinen ist verbesserungsfähig insofer als man nur geradwüchsiges Holz verarbeiten kann. Wi es möglich, kleinstückiges Holz zu zerfasern, so bedeu das für die geringwertigen Hölzer ein neues gewaltiges A satzgebiet. Es unterliegt keinem Zweifel, daß in gemei samer Arbeit von Ingenieur und Chemiker die wünscher werte völlige Ausnutzung des Holzes noch mancher w terer Steigerung fähig ist. Wird in planmäßiger F schungsarbeit dem Holz die gleiche liebevolle Sorgfalt z gewendet, wie es beim Eisen und bei der Kohle gescheh ist, so werden auch hier Erfolge von größter volkswi schaftlicher Bedeutung nicht ausbleiben. Man sollte do eingedenk sein, daß die Kohlen- und Eisenvorräte der W naturgemäß einmal zu Ende gehen müssen, daß aber a jährlich uns glücklicherweise eine erhebliche Menge v Holz zuwachsen kann und demnach unsere Rohstoffvo räte an Holz sich alljährlich ergänzen, ein Umstand, d für alle Länder, die eine geregelte Forstwirtschaft eing führt haben, von großer Bedeutung ist und das Holz s Rohstoff besonders in der Zukunft immer wertvoller mach wird. [B 3313]

[11]) Vergl. a. „Das Holz" a. a. O. S. 277 u. 290; ferner Z. Bd. 71 (19 S. 585, Z. Bd. 72 (1928) S. 1730 und Bd. 73 (1929) Nr. 39 S. 1380.

## Umschlageinrichtung für Flöße

Um den von einem Staudamm unterbrochenen Floßve kehr auf dem Perakfluß fortsetzen zu können, hat man ei eigenartige Umschlageinrichtung geschaffen[1]). Zu beid Seiten des Dammes sind, von einem Ausziehgleis V-förm auseinanderführend, vom Ufer aus Gleise in den Fluß ve legt. Zur Aufnahme der Flöße oder Boote dient ein Lan wagen mit 13 m langer und 4,6 m breiter Plattform sow zwei niedrigen Drehgestellen. Dieser Wagen wi von einer Benzinlokomotive ins Wasser unter das au zunehmende Floß geschoben, das mittels seitlicher Rung auf dem Wagen befestigt wird. Rad- und Gleisbremsen sin am vorderen Drehgestell angeordnet. Damit die Lokomoti außer Wasser bleiben kann, verholt man den Wag mittels einer vom Lokomotivmotor angetriebenen Seilwind

Ist das Floß verladen, so schiebt die Lokomotive d Wagen auf dem Weg über das Ausziehgleis auf das Gle jenseits des Staudammes. Das Ladegewicht kann bis 20 t betragen. Wegen des häufigen Eintauchens ins Wass sind die Zapfen der Drehgestelle mit einer Holzschicht un geben. Die Lokomotive wird von einem 125 PS-Sech zylinder-Benzinmotor angetrieben, dessen Kraft mitte Kegelreibkupplung und Wechselgetriebe auf zwei geku pelte Achsen übertragen wird. Zum Verholen des Wage wird der Motor vom Triebwerk abgekuppelt und mitte einer zweiten Kupplung mit der Winde verbunden. Die L komotive wiegt 17 t, der Wagen 20 t. [3628 i] *Ro.*

[1]) „Engineering" 4. Oktober 1929 S. 436. Bei deutschen Wasse kraftanlagen sind vor einigen Jahren ähnliche Einrichtungen verwir licht worden.

# RUNDSCHAU

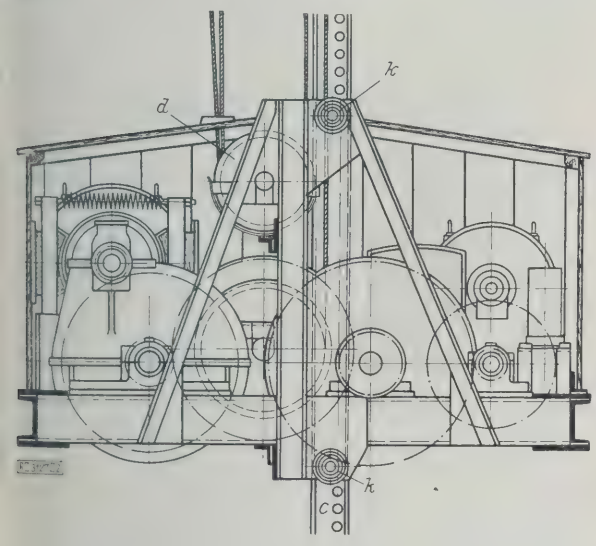
## Hebezeuge

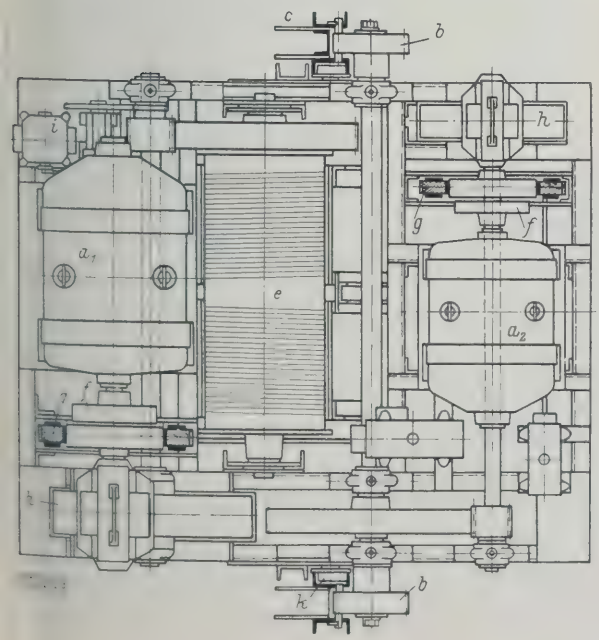
### Drehkrane mit Kletterkatzen,
#### Bauart ATG-Bernhard

Die Entwicklung der Drehkrane in den letzten Jahrhnten brachte gewiß große Verbesserungen in konstruk-er Hinsicht. Äußerlich traten sie jedoch in der Haupt-che nur in der immer größeren Bewegungsfreiheit des sthakens in Erscheinung; dagegen wurde die in anderer nsicht seit langem aufgestellte Forderung, die unver-idlichen Totlasten und einen Teil der Nutzlast auszu-eichen, bis jetzt nur für die Wippbewegung[1]) erreicht. im Heben und Senken der Last wurde diese Forderung sher nur im Aufzugbau erfüllt, wo man die halbe Nutz-st und das Fahrstuhlgewicht durch ein am Seil hängen-s Gegengewicht ausgleicht und die Winde ortfest einbaut.

Diese grundsätzliche Anordnung läßt sich nicht ohne eiteres auf den Drehkran übertragen; die Belastungsver-ltnisse sind sehr verschieden von denen der Aufzüge, mer sind die Höhen von Be- und Entladestelle meist cht gleich. Die neue Konstruktion besteht in der Haupt-che aus einer Kletterkatze, die gleichzeitig Winde d Gegengewicht der Last, sowie Ausgleichgewicht für den sleger ist und an einer Zahnstange auf- und abklettern

[1]) Vergl. a. *Woernle*, Z. Bd. 69 (1925) S. 65; *Overbeck*, Z. Bd. 70 26) S. 73.



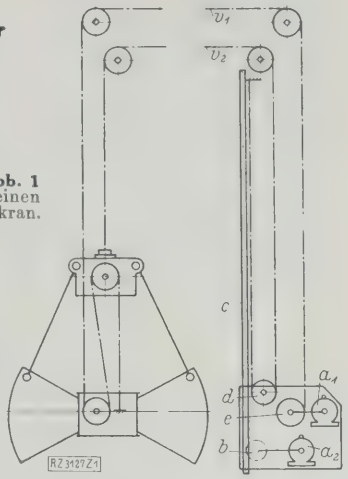




**Abb. 1**
Kletterkatzenanordnung für einen Greiferkran.

$a_1$ Hubmotor
$a_2$ Klettermotor
$b$ Kletterritzel
$c$ Triebstockstange
$d$ Ausgleichrolle
$e$ Windentrommel

Hubvorgang, wenn Greifer geschlossen:

$$v_1 = v_2 = v_{\text{heben}}$$

Geschwindigkeit der Katze:

$$\frac{v_2}{2} = v_k$$

Schließgeschwindigkeit, relativ zur Katze: $v_{T_r} = v_1 = v_k$

Vorgang bei Greiferschließen (Katze fest):

$$v_{\text{schl.}} = v_{T_k} = v_1 - v_k = \frac{v_2}{2}$$

$$v_{\text{schl.}} = \left(\frac{n-1}{n}\right) v_{\text{heben}}$$

kann[2]). Während die Last gegen die Schnabelrolle des Auslegers hochgezogen wird, klettert die Katze am hinteren Teil des Gerüstes derart abwärts, daß zwei Triebstockritzel in Zahnstangen eingreifen, wobei vier Laufrollen in Schienen an den Zahnstangen die Führung der Kletterkatze übernehmen.

**Stückgutbetrieb**

Beim Entwurf eines Kranes für Stückgutbetrieb spielt die Hubhöhe eine wichtige Rolle. Ist der zur Verfügung stehende Kletterweg so groß wie der Lasthub, so wird man das Lastseil unmittelbar an dem Rahmen der Kletterkatze befestigen und kommt im übrigen mit der denkbar einfachsten Konstruktion der Kletterwinde aus; meistens wird jedoch der Lasthub um ein Vielfaches größer sein, als der Kletterweg. Dann kann man oberhalb der Kletterkatze einen Flaschenzug anordnen. Das Verhältnis Hubweg zu Kletterweg ist hierbei immer eine ganze Zahl. Die eigentliche Kletterwinde ist im Aufbau so einfach, wie im ersten Fall. Will man bei größeren Hubhöhen mit mäßigem Kletterweg den erhöhten Seilverschleiß, der durch die zahlreichen Flaschenrollen entsteht, vermeiden, so ist der Einbau einer unmittelbar mit den Kletterritzeln verbundenen Seiltrommel vorteilhaft. Die Bauart der Kletterkatze ist dann allerdings nicht so einfach wie in den beiden ersten Fällen, doch bringt sie außer der Verminderung des Seilverschleißes noch den günstigen Umstand, daß der Quotient Lasthub zu Kletterweg jeden beliebigen positiven Wert, also auch den eines gemischten Bruches annehmen kann.

Dies wird besonders klar, wenn man bedenkt, daß durch geeignete Wahl der Trommeldurchmesser, der Zähnezahl der Kletterritzel und der sonstigen Übersetzungen alle Möglichkeiten gegeben sind, damit die Trommelumdrehungen denjenigen Anteil am Lasthub übernehmen können, der von der sinkenden Kletterkatze nicht geleistet wird.

**Greiferbetrieb**

Soll ein Greifer durch eine Kletterkatze bedient werden, Abb. 1 bis 3, so übernimmt der Klettermotor $a_2$ die Steuerung des Greiferkopfes, während der untere Rollenblock des Greifers durch den Hubmotor $a_1$ und eine Trommel beeinflußt wird. Eine zwangläufige Abhängigkeit zwischen Kletterbetrieb und Trommelbetrieb besteht bei dieser Ausführung nicht; doch hat es sich bewährt, den Trommelbetrieb etwas rascher als den Kletterbetrieb arbeiten zu lassen, damit der gefüllte Greifer beim Heben nicht rieselt.

[2]) Amerik. Patent Nr. 1 722 125; DRPa.

**Abb. 2 und 3**
Zweimotoren-Kletterkatze für Greiferbetrieb ohne Schnellsenken.

$a_1$ Hubmotor
$a_2$ Klettermotor
$b$ Kletterritzel
$c$ Zahnstange
$d$ Seilrolle
$e$ Trommel
$f$ nachgiebige Motorkupplungen
$g$ Magnet-Backenbremsen
$h$ öldichte Radkästen
$i$ selbsttätige Hubendschaltung
$k$ Führungsrollen

**Abb. 4**
Seilführung für einen Einziehkran mit Kletterkatzen.
*a* Einziehkletterkatze
*b* Seil
*c* Greiferseile
*d* Greiferkletterkatze
*e* Schwinghebel

Eine Vorrichtung zum raschen Senken des Greifers, etwa in Gestalt eines Umlaufgetriebes, kann ohne weiteres eingebaut werden, wenn ein besonderes kurzes Förderspiel, z. B. bei großen Hubhöhen im Hafenbetrieb, gewünscht wird. Zum Öffnen und Schließen des Greifers dient die vom Hubmotor $a_1$ angetriebene Seiltrommel. Zum Heben der Last werden beide Motoren herangezogen. Der Greifer kann während des Hebens mit der halben Hubgeschwindigkeit geöffnet werden, wenn die Katze abwärts geht (d. h. der Greifer aufwärts) und die Trommel hierbei relativ zur Katze feststeht. Soll der Greifer beim Aufwärtsgehen noch schneller geöffnet werden, so geht die Katze abwärts, und die Trommel dreht sich im Senksinn. Soll nun der Greifer geschlossen werden, so ist der Motor $a_1$ von Senken auf Heben zu schalten, während der Motor $a_2$ abgestellt wird, Der Führer kann übrigens steuern, wie er will, die Gefahr eines Greiferabsturzes kann niemals eintreten. Die Endlagen sind sämtlich durch selbsttätige Endausschalter gesichert; auch infolge Fehlsteuerung auftretendes Schlaffseil kann leicht beseitigt werden.

Bei einem Greiferdrehkran mit einziehbarem Ausleger wird außer der bereits beschriebenen Kletterkatze noch eine kleine Einziehkletterkatze, die auf einer aufgebogenen Zahnstange läuft, eingebaut[3]). Diese Katze bekommt dann so viel Zusatzgewicht, daß der kleine Antriebmotor nur die Reibungen und die Windkräfte zu überwinden hat. Eine Lasche und ein abgefedertes Zugorgan verbinden den Angriffspunkt des drehbar angeordneten Auslegers mit dem Gerüst der Einziehkletterkatze. Wie Abb. 4 schematisch zeigt, ist unten an der Einziehkletterkatze *a* ein Seil *b* angebracht, das die Schlaufe der Greiferseile *c* derart beeinflußt, daß der Greifer zu Beginn und am Ende der Einziehbewegung des Auslegers die gleiche Höhe hat, sofern die Greiferkletterkatze *d* stillsteht, wie dies bei den bis jetzt ausgeführten Kranen mit ortfestem Windwerk auch der Fall ist. Untersucht man den Lastweg genauer, so ergibt sich die Tatsache, daß trotz des Einflusses der Einziehkletterkatze *a* die Last sich im Bogen bewegt. Ein Schwinghebel *e*, der auf einer Seite durch den Ausleger bewegt wird, auf der andern die Seilrollen zur Aufnahme des Halte- und Schließseiles trägt, beseitigt diesen Fehler fast vollkommen. Man kann natürlich auch die beiden Kletterkatzen gleichzeitig mit dem Dreh- und Fahrwerk laufen lassen, so daß alle gewünschten räumlichen Bewegungen einschl. Öffnen und Schließen des Greifers gleichzeitig ausgeführt werden können.

Das Anwendungsgebiet der Kletterkatzen erstreckt sich auf alle Kranarten. [M 3127]

München *J. M. Bernhard*

[3]) Vergl. a. *Michenfelder*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 8 S. 251.

## *Eisenhüttenwesen*

### Blankglühen von Stahl im elektrischen Ofen

Die von *A. Pomp* und *L. Walther*[1]) in einem elektrisch beheizten Muldenofen von 25 kW Anschlußwert durchgeführten Glühversuche erstrecken sich auf die Hauptzweige der Stahlverfeinerung (Drahtzieherei, Blechwalzwerke, Bandstahl-Kaltwalzwerke) und stellen technologische Studien über die beim Glühen im elektrischen Ofen unter Verwendung von Schutzgasen eintretenden Eigenschaftsänderungen des Glühgutes dar. Auf die wirtschaftliche Seite des elektrischen Blankglühens, insbesondere auf Fragen des Strombedarfs und des Schutzgasverbrauchs einzugehen, war nicht möglich, da die geringe Größe der Versuchsanlage und die Art der Betriebsführung zuverlässige Rückschlüsse auf technische Anlagen doch nicht gestatteten.

[1]) Mitt. a. d. Kaiser-Wilhelm-Inst. f. Eisenforsch. Bd. 11 (1929) S. 15.

Der Ofen, Abb. 5, setzt sich aus zwei Teilen zusamm aus einem festen Unterteil und einer abnehmbaren Haul Der eigentliche Ofenraum besteht aus Schamottesteinen, d nicht vermauert, sondern nur lose in Verband gesetzt sir In Aussparungen der inneren Steinlage liegen die He wicklungen eingebettet, so daß sie vor Beschädigung u Berührung mit dem Glühgut geschützt sind. Zur Wärm isolierung nach außen folgt sodann eine Schicht Stercham steine, die ebenfalls nur lose nebeneinander gesetzt sir Da die vom Mauerwerk bei jeder Glühung aufgenommen Wärmemengen Verluste bedeuten, ist die Dicke der Isoli schicht nur gerade so stark gewählt, daß die Strahlung verluste nicht zu groß werden. Der untere Teil des Ofe wird durch einen Blechmantel zusammengehalten, der seiner oberen Hälfte als Öltasse ausgebildet ist. Die inne Wand der Öltasse besteht aus einem doppelwandigen eisern Mantel, der von Kühlwasser durchflossen wird. Das a Abschluß dienende Öl ist ein amerikanisches Zylinder mit einem Flammpunkt von 305 ° und einer Zähigkeit v 54 bei 50 °. Die hohe Zähigkeit ist erforderlich, w hierdurch bei vorsichtigem Hochziehen und Niederlass der Haube ein Überlaufen des Öles sicher vermieden wi

Die Öltasse dient als Abschluß für eine gasdicht g schweißte Blechhaube, in deren oberem Teil sich der obe Abschluß des inneren Ofenraumes mit den Heizwicklung befindet. Über der Öltasse ist in den freien Raum d Haube eine Anzahl von Kühlrohren eingebaut, um das vor Wärmestrahlung zu schützen. An der Innenseite d Haube, wo diese in das Ölbad eintaucht, ist eine weite Kühlung aus flachen Kupferrohren angebracht, wodur vermieden wird, daß das Öl sich durch unmittelba Wärmeleitung an der Blechhaube erwärmt. Durch die drei Kühlungen wird erreicht, daß selbst bei einer mel stündigen Glühdauer bei 1200 ° eine Ölbadtemperatur v 350 ° nicht überschritten wird, so daß man bei dem hoh Flammpunkt des Öles annehmen kann, daß kein Öl a der Öltasse in den Ofenraum hinein verdampft.

Für die Zuführung und Ableitung des Schutzgases si in der Haube und im Boden gasdichte Zu- und Ableitung rohre angebracht. Die Stromleitungen zu dem Ofen si ebenfalls gasdicht durch angeschweißte Stutzen eingefüh

Die Heizelemente bestehen aus 5 mm-Runddraht a kohlenstoffarmem Flußstahl, der in Spiralen gewickelt i Zur Erhöhung seines spezifischen Leitungswiderstand hat der Draht einen Nickelzusatz erhalten. Der elektrisc Widerstand des Eisens hat einen ziemlich hohen Temp raturbeiwert. Die Stromaufnahme im Augenblick des Ei schaltens ist daher ziemlich hoch, sinkt aber dann schn ab. Das Glühgut wird in der ersten Zeit schnell erwärr aber bei weiterer Temperatursteigerung langsamer, da d Widerstand des Heizdrahtes wächst, so daß sich infolg dessen die Wärme des Glühgutes durch alle Teile gut a gleicht. Die Heizwicklungen sind ohne Zwischenwid stand an Drehstrom von 220 V angeschlossen und in dr gleiche Zweige unterteilt, die beliebig in Stern und Dr eck geschaltet werden können. Für die Temperaturmessu im Ofen sind zwei Nickel-Nickelchrom-Thermoelemente e gebaut. Das eine Thermoelement liegt im unteren T des Ofens in der Nähe der Heizwicklung und mißt jeweils höchste Temperatur, die im Ofen auftritt; an dies Element ist ein Temperaturschreiber angeschlossen. D zweite Element liegt in der Mitte des Glühgutes.

Der Ofen ist mit einer selbsttätigen Temperaturreg lung versehen. Um die Betriebsweise des Ofens kenne zulernen, sei kurz der Gang einer Glühung unter Ve wendung von Wasserstoff als Schutzgas beschrieben: Na dem die Haube des Muldenofens abgehoben worden i wird der Ofen beschickt und die Haube wieder in Öltasse eingesetzt, wodurch der Ofen vollkommen di gegen die Außenluft abgeschlossen wird. Zur Verdrängu der Luft wird durch das untere Gaszuleitungsrohr Kohl säure aus einer Stahlflasche eingeleitet, bis die Gasanaly am Austrittsrohr im Deckel 100 vH Kohlensäure ergi Dann wird durch den im Deckel befindlichen Gasstutz die Kohlensäure durch Wasserstoff aus dem Ofen gedrüc bis die Gasanalyse 0 vH Kohlensäure ergibt. Der Gasa trittstutzen wird dann mit einer Waschflasche mit 4 W.-S. gegen die Außenluft abgeschlossen und der Of eingeschaltet.

Das eingesetzte Glühgut ist nie frei von Öl, Feucht keit oder von anhaftendem Rost oder Zunder. Währe der Glühung bilden sich daher Öl- und Wasserdämpfe, aus dem Glühraum entfernt werden müssen, bevor höh Temperaturen erreicht sind. Zu diesem Zweck leitet m einen starken Gasstrom durch den Ofen, wodurch die und Wasserdämpfe in dem schrägliegenden Gasaustri rohr, das an seiner Austrittstelle aus dem Ofen wärn

iert ist, kondensieren und an der tiefstliegenden Stelle teils eines Hahnes abgelassen werden können. Während eigentlichen Glühung wird nur ein schwacher Gasm durch den Ofen geleitet.

Ist die Glühung beendet, wird der Strom ausgeschaltet, die Abkühlung beginnt. Zur Beschleunigung der Abhlung kann man die Haube 70 mm hochziehen, gerade weit, daß der Rand der Haube noch in das Ölbad eincht und der Gasabschluß aufrechterhalten bleibt. Durch ses Hochziehen wird den heißen Gasen im Inneren des nraumes der Zutritt zu den Kühlrohren freigegeben und rdurch die Abkühlungszeit auf etwa die Hälfte verkürzt.

Über die in dem Ofen durchgeführten Glühversuche ist z folgendes zu sagen. Beim Glühen von kaltgewalztem fziehbandeisen im elektrischen Blankglühofen unter Vendung von Wasserstoff als Schutzgas konnte eine Verserung der Tiefziehgüte gegenüber der normalen Bebsglühung festgestellt werden, Abb. 6. Diese Verserung dürfte in erster Linie darauf zurückzuführen sein, man bei dem elektrischen Ofen die Glühtemperatur, nperaturverteilung und Glühdauer genauestens in der nd hat. Durch die Verwendung von Wasserstoff als utzgas und bei der angewandten Glühtemperatur von ° wird das Bandeisen entkohlt. Eine Verbesserung der rkstoffeigenschaft durch diese Entkohlung wird dann rklich, wenn der Kohlenstoffgehalt des Ausgangswerkffes nicht zu tief liegt.

Glühversuche mit Bandstahl (Uhrfeder-, Schreibfeder- Rasierklingen-Bandstahl) und Stahldraht (Silberstahl, gelstahl, Schnelldrehstahl) in technischem Wasserstoff aben, daß dieses Glühverfahren auch für kohlenstoffchere Stähle sich ohne Schädigung der Güte durchführen t. Bei den für Rekristallisationsglühungen in Frage nmenden Glühtemperaturen von 600 bis 700 ° treten keine ndentkohlungen ein.

Weitere Glühversuche mit Dynamo- und Transformaenblechen sollten dazu dienen, festzustellen, ob sich ch Glühen im Wasserstoff bei sehr hohen Temperaturen zu 1200 ° eine Verbesserung der Wattverluste erreichen t. Um bei den hohen Glühtemperaturen ein Zusammenben der Bleche zu verhindern, wurden sie vor dem ihen mit einem Zwischenmittel bestrichen (Kaolin-Zink-oxyd). Es wurden Transformatorenbleche 0,35 mm dick mit 4,04 vH Si und Dynamobleche 0,5 mm dick mit 0,49 und 2,12 vH Si bei 900 bis 1200 ° 2 bis 8 h lang elektrisch im Wasserstoff geglüht. Bei den Transformatorenblechen wurden die günstigsten Wattverlustzahlen durch vierstündiges Glühen bei 900 ° erreicht. In Zahlentafel 1 sind die niedrigsten Wattverlustzahlen, die bei den drei Blechsorten durch Glühen im elektrischen Ofen sowie bei Betriebsglühungen erhalten wurden, zusammengestellt. Man ersieht, daß die Wasserstoffglühung günstigere Ergebnisse geliefert hat als die Betriebsglühung.

Die Versuche zeigen, daß ein elektrisches Blankglühen unter Verwendung von Wasserstoff als Schutzgas für viele Zwecke der Stahlverfeinerung mit Erfolg anwendbar ist.

Düsseldorf [M 3207] A. Pomp

**Zahlentafel 1**
Die besten Wattverlustzahlen der Betriebs- und Wasserstoffglühungen

| | | Normale Dynamobleche | Mittelstarklegierte Dynamobleche | Hochlegierte Bleche (Transformatorenbleche) |
|---|---|---|---|---|
| hdicke . . . . . mm | | 0,5 | 0,5 | 0,35 |
| te Wasserstoffglühung . | $V_{10}$ | 2,38 | 1,62 | 1,09 |
| | $V_{15}$ | 5,6 | 3,96 | 2,67 |
| ite Betriebsglühung . . | $V_{10}$ | 2,7 | 1,87 | 1,19 |
| | $V_{15}$ | 6,6 | 4,45 | 3,09 |
| ttverlust, Höchstwert | $V_{10}$ | 3,6 | 2,3 | 1,3 |
| ach DIN 6400 . . . . . | $V_{15}$ | 8,6 | 5,6 | 3,25 |

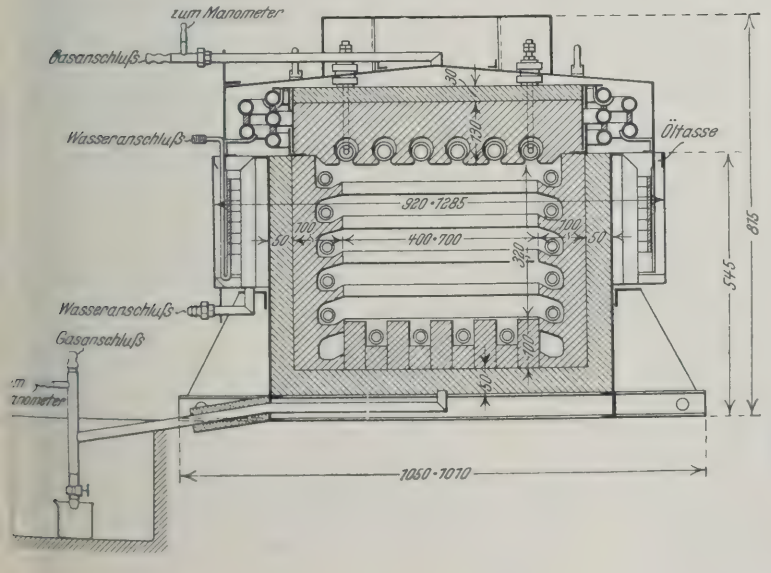



**Abb. 5** Schnitt durch einen elektrischen Blankglühofen.

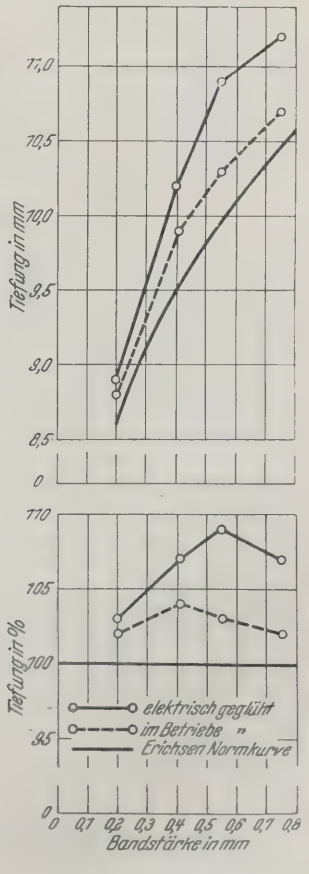



**Abb. 6** Ergebnisse von Vergleichsversuchen verschieden behandelter Tiefziehbandeisen.

## *Werkstoffe*

### Bearbeitbarkeit[1])

Der Begriff der Bearbeitbarkeit war bisher noch nicht eindeutig festgelegt. Um zu einer brauchbaren Begriffsbestimmung zu kommen, müssen für jede spanabhebende Formgebung folgende wichtige Fragen behandelt werden:

1. welche Spantiefe ist einzustellen?
2. welcher Vorschub wird angewandt?
3. welche Schnittgeschwindigkeit ist zugelassen, um das Werkzeug erst nach einer gewissen als wirtschaftlich erkannten Zeit zur Abstumpfung zu bringen?

Die Bestimmung des Begriffs der Bearbeitbarkeit läuft darauf hinaus, die von den genannten drei Hauptfragen abhängige wirtschaftliche Standzeit eines Normalwerkzeuges für einen bestimmten Werkstoff zu ermitteln. Ein brauchbarer Weg, zu richtigen Einstellgrößen für Vorschub, Schnittiefe und Schnittgeschwindigkeit zu kommen, ist die Bestimmung der Schneidhaltigkeit der Werkzeuge. Für den Drehvorgang lassen sich die Zusammenhänge dadurch ermitteln, daß man die Standzeit $T$ (Dauer der Schneidhaltigkeit des Drehmeißels) in Abhängigkeit von der zugehörigen Schnittgeschwindigkeit $V$ in einem sogenannten $T$-$V$-Diagramm aufträgt. In Abb. 7 und 8 sind derartige $T$-$V$-Diagramme für die in DIN 1662 genormten Nickel- und Chromnickel-Autobaustähle dargestellt.

Abb. 7 zeigt die Kurven von *Schlesinger*[2]) bei konstantem Vorschub und Veränderung der Spantiefe; Abb. 8 die von

[1]) Auszug aus der Zeitschrift „Maschinenbau" Bd. 8 (1928) Nr. 15 S. 501.

[2]) „Stahl und Eisen" Bd. 48 (1928) S. 338.

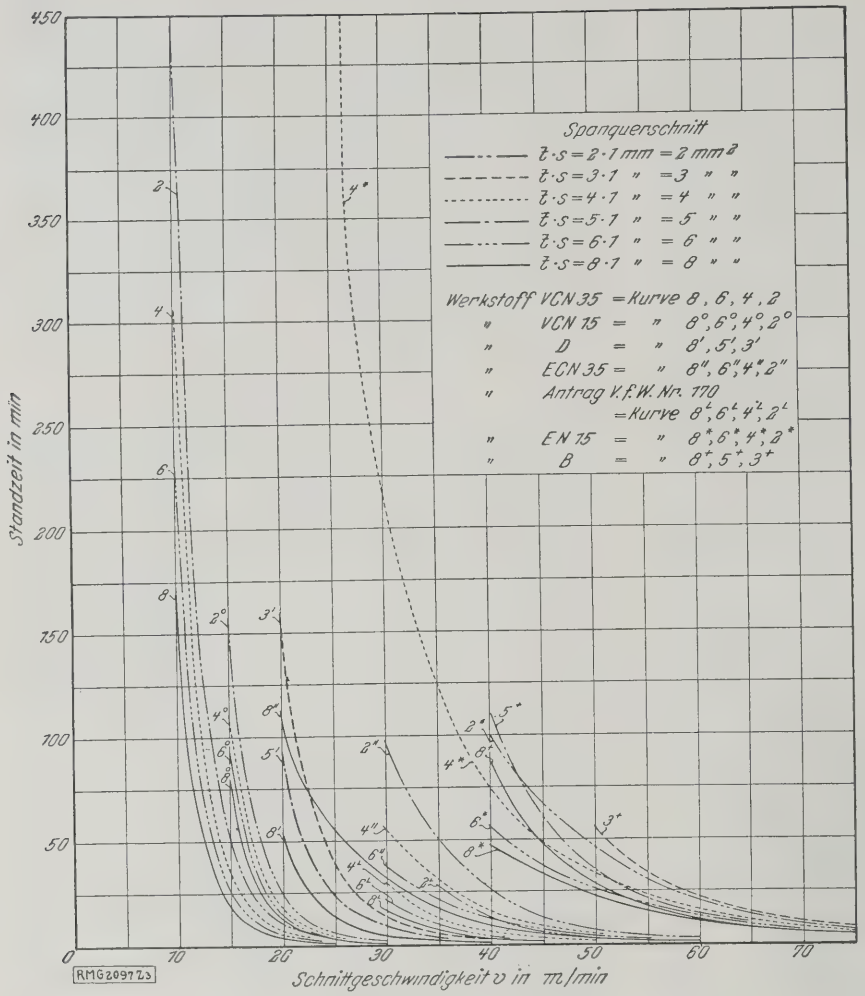



**Abb. 7**
Standzeit der Drehmeißel aus Schnellstahl in Abhängigkeit von der Schnittgeschwindigkeit. (*T-V*-Schaulinien nach *G. Schlesinger* 1928.)

| Chem. Analyse | C v H | Si v H | Mn v H | P v H | S v H | Cr v H | Ni v H |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0,12 | 0,31 | 0,42 | 0,05 | 0,31 | 0,13 | 1,84 |

| Festigkeitswerte | | Streckgrenze kg/mm² | Bruchgrenze kg/mm² | Dehnung v H | Einschnürung v H | Brinellhärte kg/mm² | Kerbzähigkeit mkg/cm² | Rockwellhärte | Zerthärte nach Herbert | induzierte Härte nach Herbert |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EN 15₁ | 24 | 40 | 26 | 73 | 129 | 12 | 71 | 179 | 22,8 |
| | EN 15₂ | 30 | 46,5 | 23 | 72 | 14,5 | 12 | 75,6 | 20,3 | 26,7 |

| Versuchsbedingungen | Zerreißstab | Brinellhärte | Kerbzähigkeit | Rockwellhärte B | Herbertpendel 4 kg Stahlkugel 4 mm Zeit in sk für 10 Schwingung. | Herbertpendel 4 kg Zerhärte nach 2 Kugelschriften |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Durchmesser 10 mm Meßlänge: 100 mm | 3000 kg / 30 sk | Probe. 100×10×10 mm Spitzkerb. 90°, 2 mm tief | Stahlkugel ⅛" Belastung 100 kg | | |

| Wärmebehandlung | | |
|---|---|---|
| | EN 15₁ | geglüht bei 820° und langsam abgekühlt. Die Abkühlzeit von 820°÷550° betrug 24 Stunden |
| | EN 15₂ | zweimal bei 830° in Oel abgeschreckt und bei 550°÷560° 2 Stunden im Bleibad angelassen |

| Verwendungszweck | |
|---|---|
| | Nocken, Bolzen, Zahnräder, im Einsatz gehärtet |

Schnittgeschwindigkeitsbilder für Meissel aus Schnelldreh-Stahl und Wellen von 250 mm ⌀ Schnelldrehstahl aus dem Jahre 1927

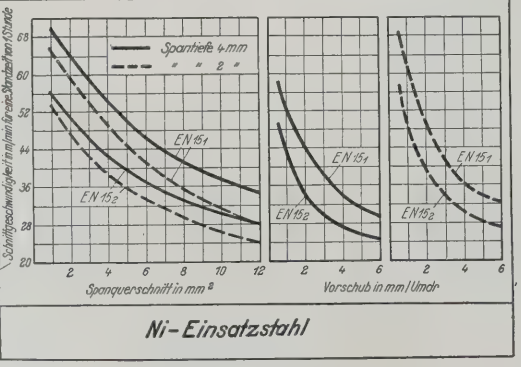
Drehmeißelform

| Meißelabm. | 20×20 | 25×25 |
|---|---|---|
| | unter 4 qmm Spanquersch. | über 4 qmm Spanquersch. |

| Bezeichnung | Zeichen | Winkel° |
|---|---|---|
| Freiwinkel | α | 7 |
| Keilwinkel | β | 71 |
| Spanwinkel | γ | 12 |
| Schneidenwinkel | ε | 105 |
| Einstellwinkel | χ | 30 |
| Neigungswinkel | λ | 6 |

Schnitt N-N

Überhöhung 25 v H a Durchm. über Mittelwerkst.




Ni-Einsatzstahl

RMG 2097 Z 78

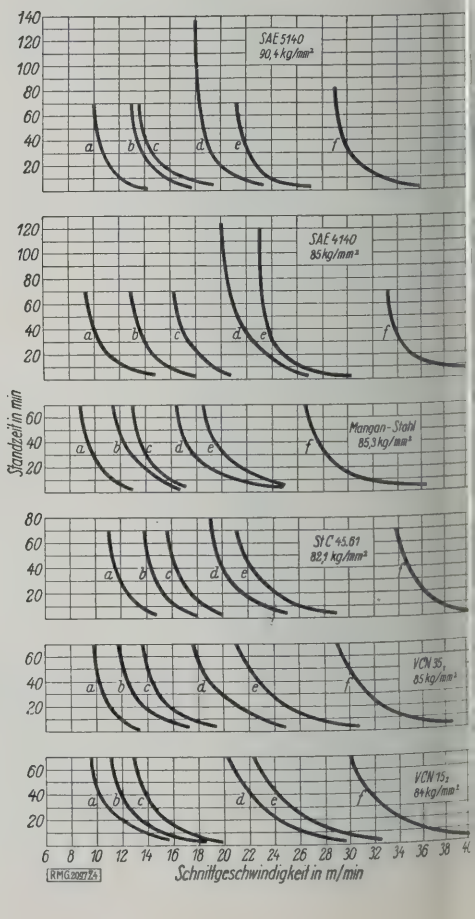
**Abb. 9**
Beispiel der Ausführung eines Werkstattblattes. Ausgeführt für einen Nickel-Einsatzstahl EN 15. (Nach *A. Wallichs* und *K. Krekeler* 1929.)

*Wallichs* und *Krekeler*[3]) bei Verär rung des Vorschubes und der Schn tiefe. Aus diesen Kurven lassen s dann die zu der als wirtschaftlich kannten Standzeit gehörigen Schnitt schwindigkeiten ablesen. Bisher man sich lediglich beim Drehvorg auf eine bestimmte Zeit, nämlich e Stunde, geeinigt, da die wirtschaftli Standzeit von sehr viel Punkten, Art des Bearbeitungsvorganges, des Werkzeuges usw., abhängig Aus den Kurven von Abb. 8 lassen s nun für eine Stunde Standzeit so nannte Werkstattblätter aufstellen, in Abb. 9 dargestellt[4]). Diese Blät enthalten alle Angaben, die für die arbeitung eines Werkstoffes notwen sind. Es ist dringend notwendig, sol Werkstattblätter auch für die ande Bearbeitungsarten aufzustellen.

[3]) Stahl und Eisen als Werkstoff, gesamm Vorträge der Gruppe „Stahl und Eisen" auf Werkstoffschau, Berlin 1927, Bd. 1 u. 4.
[4]) „Autotechnik" Bd. 17 (1928) S. 13.

**Abb. 8** (unten)
Zusammenstellung der *TV*-Kurven für Werkstoffe gleicher Festigkeit, aber verschiedener Legierung. Drehmeißel aus Schnellstahl 1928 (nach *A. Wallichs* und *K. Krekeler* 1928.)

| | Spantiefe mm | Vorschub mm Umdr. | Querschnitt mm² |
|---|---|---|---|
| a | 2 | 4,48 | 8,96 |
| b | 4 | 2,24 | |
| c | 2 | 2,24 | 4,48 |
| d | 4 | 1,12 | |
| e | 2 | 1,12 | 2,24 |
| f | 4 | 0,56 | |



Die von der Standzeit unabhängigen Prüfungen wie B. Arbeitsverbrauch und Kräftemessungen, Untersuchung Oberflächenbeschaffenheit, chemische Zusammensetzung physikalische Eigenschaften der Werkstoffe usw. haben hl gewisse Einflüsse erkennen lassen aber keinen eintigen und meßbaren Zusammenhang mit der Bearbeitkeit ergeben.

Das gleiche kann man von einigen bekannt gewordeSonderverfahren zur Prüfung der Bearbeitbarkeit sagen. sind hier zu erwähnen: Die Bohrverfahren nach *Keepenz*, die Gewichtsvorschubversuche des Aachener Laboriums, das Leyensetter-Pendel, das Herbert-Pendel. Diese fahren geben im einzelnen zwar manchmal wertvolle gerzeige, jedoch ist es bisher noch nicht gelungen, aus Ergebnissen so gute Rückschlüsse zu ziehen wie bei den ndzeitbestimmungen. [M 3244]

Aachen *A. Wallichs* und *K. Krekeler*

## Textiltechnik

### etriebserfahrungen in der Kunstseidenindustrie[1])

#### Verarbeitung der Zellulose

Beim Abpressen der Alkalizellulose sollte man wegen Schwierigkeiten in der Abdichtung der Hebetür an hydraulischen Tauchpressen heute nur noch chpressen mit Bodenklappe oder mit aushebbarem Tauchb verwenden, wie sie in bewährter Bauart von der Firma Häusser gebaut werden.

Für die Zerfaserer haben die Siemens-Schuckertke, Berlin, ein vollkommen mechanisches Arbeiten wickelt. Die Firma Werner & Pfleiderer, Cannstatt, ert heute Zerfaserer, die, mit Einzelantrieb versehen, h das Reversieren der Mahlflügel mittels elektrischen altwerkes vollkommen selbsttätig durchführen. Man also vom Arbeiter unabhängig und vollkommen sicher, jede Beschickung gleichmäßig aufgelockert wird.

Von den verschiedenen Formen der Sulfidierommeln scheint sich die sechskantige am besten bert zu haben. Die teilweise verwendete Tonnenform meiner Ansicht nach der früher üblichen zylindrischen m unterlegen, außerdem ist ihre Herstellung auch entlich teurer. Das Schauglas führt man vorteilhaft t mehr kegelig aus, sondern scheibenförmig. Am den baut man zwei davon ein, eines in den Deckel, das ere um 180° versetzt. Über diese scheibenförmigen augläser rieselt das Xanthogenat leicht herunter, und n kann gut beobachten, wann die gewünschte Orangeung der Masse eingetreten ist. In dem kegeligen auglas bleibt das Xanthogenat hängen, bildet Klumpen beeinträchtigt die Beobachtung. Ein wiederholtes Auserern der Trommeln mit verdünnter Natronlauge und d hat sich sehr gut bewährt. Den Deckel der Sulfidierommeln sollte man so gestalten, daß er eine der sechenflächen ganz freigibt, seine Länge also praktisch ch der der Trommel ist; ein schnelles und gründliches nigen wird hierdurch ermöglicht.

Die Xanthogenat-Auflöser in liegender Ausrung haben gegenüber den stehenden den Vorteil, daß gleichmäßigeres Auflösen des Spinngutes in zeitlichem physikalischem Sinne erreicht wird. Die waagerechten löser brauchen zwar mehr Bodenfläche, dafür lassen aber auch Ausbesserarbeiten leichter und schneller führen.

Seit einigen Jahren bringt die Firma Werner & Pfleier, Cannstatt, sogenannte Vakuum-Xanthoge-Kneter auf den Markt. In diesen Maschinen wird Sulfidieren der Alkalizellulose und das Lösen des thogenats hintereinander in einem Arbeitsgang durchführt. Damit wird sehr viel an Raum, Zeit und Arbeit part. Bei richtiger Bedienung erhält man eine gleichhöhere Viskose als mit Sulfidiertrommeln und Auf. Viele Kunstseidenfabriken bedienen sich bereits ier Sondermaschinen mit großem Erfolge.

Für die Nachreife- und Spinnkessel ist ebenfalls liegende Form vorzuziehen. Sie gestattet niedrige me, in denen sich die Temperaturen viel leichter gleichhig halten lassen. Der größere Flüssigkeitsspiegel und en geringe Höhe über dem Grund der liegenden Gefäße et auch der Entlüftung eine weit größere Fläche und ährleistet dadurch eine kräftigere Entziehung der noch ler Spinnmasse enthaltenen Luftbläschen.

#### Spinnerei

Den fast allgemein verbreiteten Metalldüsen sind in den - und Porzellandüsen wegen ihres billigen ses starke Mitbewerber entstanden. Leider haften aber den keramischen Düsen infolge der dicken Wandungen so viele Nachteile an, daß ihrer Verwendbarkeit auch Schranken gezogen sind.

An Stelle des unbequemen Bleies verwendet man heute für viele Zwecke mit gutem Erfolge den „Haveg"-Stoff der Säureschutz G. m. b. H., Berlin-Altglienicke; er ist leicht und mindestens ebenso säurefest wie Blei.

Für die Absaugung der Spinnmaschinen bewährt sich am besten eine Sammelentlüftung. Große Sauglüfter blasen die Abluft in einen besonderen weiten und hohen Schornstein; eine Belästigung der Nachbarschaft wird hierdurch vermieden.

Die Vorzüge und Nachteile der Topfspinnmaschinen gegenüber den Spulenspinnmaschinen dürften sich so lange die Waage halten, wie man die Nachbehandlung der Kunstseide im Strang durchführt. Wird die Nachbehandlung beim Spulenverfahren, wie dies heute schon vielfach geschieht, auch auf der Spule besorgt, so sind die Ersparnisse an Maschinen, Raum und Arbeitszeit so erheblich, daß das Spulenverfahren vorzuziehen ist.

Der Vorzug der Topfspinnmaschinen ist das Verzwirnen des Fadenbündels schon beim Spinnen des Garnes. Dies ergibt einen großen Gewinn an Zeit, Arbeit und Platz; auch ist die Kunstseide infolge der Verzwirnung des Fadenbündels bei der nachfolgenden Behandlung gegen mechanische Einflüsse wesentlich widerstandfähiger. Doch die kostspielige Einrichtung, nicht nur die der Spinnzentrifugen selbst, sondern auch die daneben notwendigen umfangreichen elektrischen Einrichtungen wie Frequenzwandler, Umspanner, Schalter usw. verteuern den Betrieb sehr, und die häufigen Wiederinstandsetzungsarbeiten, die von gut geschulten Handwerkern ausgeführt werden müssen, die größeren Spinnverluste beim Topfwechsel und die nicht unerheblichen Schwierigkeiten beim Spinnen feiner Titer sind nicht zu verkennende Nachteile.

Die Spulenspinnmaschinen haben demgegenüber den Vorteil, daß sie wesentlich billiger, einfacher im Aufbau, übersichtlicher und leichter zugänglich sind. Das Spinnen feiner Titer auf ihnen ist weniger schwierig, und die Spinnstoffverluste beim Spulenwechsel sind geringer als beim Topfwechsel auf Schleudermaschinen. Diese Spinnstoffverluste werden praktisch gleich null bei Verwendung eines selbsttätigen Spulenwechsels, wie ihn die Firma Carl Hamel A.-G., Schönau/Chemnitz, ausgebildet hat. Bei diesen Maschinen wird der Faden der fertig bewickelten Spule selbsttätig auf die daneben befindliche leere Spule übergelegt. Da außerdem die Spinnzeit dieser Maschinen genau geregelt und jede praktisch anwendbare Laufzeit der Spulen eingestellt werden kann, ist damit eine vollkommen gleichmäßige Fadenlänge jeder Spule gewährleistet.

Für die Filterung des Spinnbades erweisen sich Quarzsteine vorteilhaft. Vollständige Anlagen hierfür baut die Firma Karl Fischer, Berlin. Auch für die Erneuerung des Spinnbades sind neuerdings wirtschaftlich arbeitende Anlagen von den Firmen Ruhland-Werk A.-G., Berlin, und den Staatlich Sächsischen Hütten- und Blaufarbenwerken, Freiburg, ausgeführt worden.

#### Nachbehandlung

Die auf Spulen gesponnene Kunstseide wird heute meistens auf gelochten Spulen gewaschen, durch die das Waschwasser gesogen oder gedrückt wird. Ausgezeichnet arbeitende Anlagen für diesen Zweck bauen die Harzer Achsenwerk G. m. b. H., Bornum. Da es gelungen ist, das gesamte Wasch- und Nachbehandlungsverfahren der Spulen in einem Arbeitsgang und in ein und demselben Behälter durchzuführen, kann man sämtliche Arbeitsgänge: das Entschwefeln, Spülen, Bleichen, Säuren, Seifen usw., sofort im Anschluß an den Spinnvorgang durchführen. Man spart dadurch sehr viel an Zeit, Arbeitslohn, Raum und Maschinen.

Für die mechanische Nachbehandlung[2]) der Strähne sind hauptsächlich zwei Wege zu nennen. Nach dem einen Prinzip werden, ähnlich der Färbemaschine, die Strähne auf umlaufenden Walzen durch die entsprechende Flotte geschleift, wobei der gesamte Walzenträger durch fahrbare Hebezeuge von Flotte zu Flotte gefördert wird. Derartige Anlagen werden von den Firmen B. Cohnen G. m. b. H., Grevensbroich, und Maschinenfabriken Tillm. Gerber und Gebr. Wansleben, Krefeld, gebaut. Der Nachteil dieser Maschinen besteht hauptsächlich darin, daß man sehr viel tote Masse, nämlich die schweren Strahnträger mit einem Teil ihres Antriebes durch den Raum bewegen muß, wozu ein nicht unerheblicher Kraft- und Raumbedarf erforderlich ist. Dieser Nachteil wird umgangen durch die Kohornsche Bleichmaschine, die nach dem Berieselungsverfahren arbeitet und die Strahnträger in Form von gummierten Knüppeln mittels Hebel vorwärts bewegt.

[1]) Auszug aus einem in der Textiltagung des Vereines deutscher nieure am 31. Mai 1929 in Köln gehaltenen Vortrag.

[2]) Vergl. Fachheft „Textiltechnik" Z. Bd. 73 (1929) Nr. 9 S. 290.

### Allgemeine Gesichtspunkte

Eine sehr beachtenswerte, vielfach nicht richtig gelöste Aufgabe stellt die Förderanlage. Erst langsam bürgern sich Transportbänder, Ballenstapler, Hubwagen usw. ein. Die Fördermittel müssen dem Betrieb organisch eingefügt werden und sich den gegebenen Raum- und Arbeitsverhältnissen unbedingt anpassen. Viel nützliche Rationalisierungsarbeit wird auf diesem Gebiete noch geleistet werden müssen.

Wie in fast allen anderen sollte man auch in der Kunstseidenindustrie nur noch Einzelantriebe verwenden und von Transmissionsantrieb wo nur irgend angängig Abstand nehmen. Bei Verwendung der neuzeitlichen Kurzschlußläufer-Motoren kann man sogar den Einzelantrieb anstandlos in die sogenannten feuergefährlichen Räume, z. B. in die Sulfidierung einbauen, da eine Funkenbildung bei diesen Motoren vollkommen ausgeschlossen ist.

Besonders wichtig ist der Arbeiternachwuchs. Gute Kunstseide kann man nur mit guten Arbeitern herstellen, die man, um sie zu halten und anzuspornen, durch Lohnprämien für die Herstellung von Ware hoher Güte gewinnen sollte. Anderseits ist auch der Heranbildung der Arbeiter größere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Zum mindesten ist es empfehlenswert, bei der Auswahl der einzustellenden Arbeitskräfte grundsätzlich von dem heute schon weit verbreiteten psychotechnischen Prüfungssystem Gebrauch zu machen.

Ein wichtiges, von der Kunstseidenindustrie noch nicht beachtetes Gebiet ist die Normung. Während andere Industrien infolge Einführung von allgemein gültigen Normen erhebliche Werte eingespart haben, werden leider folge der vollständigen Absperrung der Kunstseidenwe gegeneinander nicht nur viele Gegenstände und Einri tungen, die fast alle Kunstseidenfabriken brauchen, unn verteuert, sondern jedes Werk muß auch große Ersatzt lager unterhalten, die wesentlich verkleinert wer könnten, wenn diese zu weit getriebene Abgeschlossenh der Kunstseidenwerke gelockert würde. [M 3442

Berlin *Ernst Köhl*

## Schweißtechnik

### Richtlinien für Prüfung geschweißter Stahlbaut

Auf Anregung einer süddeutschen Baupolizeibehö und von Firmen für den Eisenhochbau hat der Fachau schuß für Schweißtechnik im Verein deutsc Ingenieure die Vertreter der Behörden, der erzeugen Industrie und die führenden Fachleute zur Beratung Richtlinien für Ausführung geschweißter Stahlbauten sammengebracht. Die Notwendigkeit solcher Richtlin zeigte sich in den Beratungen mit aller Deutlichkeit. endgültigen Festlegung wurde der in einer Sitzung 1. Oktober 1929 durchberatene Entwurf einem Sonderaschuß unter Leitung von Prof. *Hilpert*, Charlottenburg, üwiesen, der seine Arbeiten voraussichtlich im November schließen wird. Die Richtlinien für Stahlbauten werden dann in ähnlicher Weise, wie die vor einem halben J aufgestellten Richtlinien für geschweißte Ferngasleitgen[1]) veröffentlicht werden. [N 3625

[1]) Z. Bd. 73 (1929) S. 426.

# Kleine Mitteilungen

### Ausbau der Kraftwirtschaft Sowjet-Rußlands

Der veraltete Zustand der russischen industriellen Kraftanlagen — 44 vH der Kesselheizfläche sind über 25 Jahre alt oder unbekannten Alters — erfordert, daß in den nächsten Jahren bis zu 45 vH der Nennleistung der Kraftmaschinen erneuert werden. Die Inlanderzeugung soll im Jahre 1932/33 betragen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Dampfturbinen . . . | für | 750 000 kW | Leistung, |
| Wasserturbinen . . . | „ | 185 000 „ | „ , |
| Dieselmotoren . . . | „ | 150 000 „ | „ , |
| Stromerzeuger . . . | „ | 1 450 000 „ | „ , |
| Elektromotoren . . . | „ | 1 600 000 „ | „ , |
| Dampfkessel . . . . | „ | 300 000 m² | Heizfläche. |

Den jährlichen Verbrauch an mechanischer und elektrischer Arbeit will man bis 1932/33 von 6700 auf 16 000 Mill. kWh erhöhen. Die im Bau befindlichen Industrie-Kraftwerke für rd. 500 000 kW Gesamtleistung verteilen sich in bezug auf verfeuerte Brennstoffe und Dampfdrücke wie folgt:

| | Anzahl | Leistung kW |
|---|---|---|
| **Brennstoff** | | |
| Steinkohle . . . . . | 17 | 90 000 |
| Abhitze und minderwertige Kohle . . | 25 | 333 000 |
| Erdöl . . . . . | 7 | 28 000 |
| Torf . . . . . | 15 | 110 000 |
| Holz . . . . . | 4 | 23 000 |
| Holzabfälle . . . . . | 5 | 10 000 |
| **Dampfdruck** | | |
| bis zu 20 at . . . . . | 41 | 205 000 |
| 20 bis 30 „ . . . . . | 19 | 205 000 |
| über 30 „ . . . . . | 12 | 80 000 |
| 60 at . . . . . | 1 | 4 000 |

Bis 1932/33 will man bis zu 1,5 Mill. kW an neuen Industrie-Kraftanlagen in Betrieb nehmen und 400 000 kW an alten Anlagen stillsetzen, so daß die Gesamtleistung in diesem Zeitpunkt 1,5 bis 1,75 Mill. kW betragen wird. („Westnik Inshenerow“ April 1929 S. 135) [N 3628 b] *Le.*

### Japans größtes Wasserkraftwerk

Das in diesem Jahr in Betrieb gesetzte Kraftwerk in Saku, Japan, das die Wasserkraft des Gebirgsflusses Tone ausnutzt, ist nur 130 km von Tokio, dem Hauptverbrauchsort, entfernt. Besondre Merkmale des Werkes sind ein Sandfangbecken, ein Becken zum Regeln des Wasserstandes und die erdbebensichere Bauausführung der Anlage.

Vom Einlaßwehr führt ein 180 m langer Stollen mit 1 : 1000 Gefäll zum Sandbecken, das 183 m lang, 55 m breit und 6 m tief ist. Dieser Stollen hat einen kleineren Querschnitt als der vom Sandbecken wegführende Hauptstol so daß die Durchflußgeschwindigkeit das vorzeitige lagern des mitschwimmenden Sandes verhindert. Der aus Teilen bestehende Hauptstollen hat hufeisenförmigen Q schnitt von 5,6 m Höhe und 5,6 m Breite, 11,8 km Gesa länge und ein Gefäll von 1 : 2000. Am Ende des Stol liegen das Regelbecken von 840 000 m³ Inhalt und Wasserschloß. Die anschließende Druckleitung von 4, Dmr. und rd. 17 mm Wanddicke führt zu einem Ausgle behälter von 80 m Höhe und verzweigt sich hier in Hochdruckrohre von 3 m Dmr., die im Krafthaus en Dies enthält drei Francisturbinen von je 36 000 PS bei 11 Gefäll und 300 U/min. Die drei Stromerzeuger lei 28 000 kVA bei 11 000 V. („Power“ 24. September S. 476*) [N 3628 a] *E*

### Zweitakt-Dieselmotoren mit gesonderter Auspuffsteuerung

Die Firma Burmeister & Wain, Kopenhagen, die bi nur Viertakt-Dieselmotoren für Schiffe herstellte, hat ne dings auch den Bau von Zweitaktmotoren aufgenom die einfach- oder doppeltwirkend ausgeführt werden. bemerkenswerteste Kennzeichen dieser Bauart ist, daß Auspuffschlitze in Verengungen an den Enden des Zylin angebracht sind und durch besondre Kolben gesteuert den. Beim einfachwirkenden Motor ist nur ein solcher ben im oberen Zylinderende geführt. Die Steuerko werden gemeinsam von einer Welle im Kurbelgehäuse getrieben. Der Motorkolben steuert nur die Schlitze für Spülluft, die daher reichlich bemessen und über den ga Umfang des Zylinders verteilt werden können. Der doppeltwirkende Motor nach dieser Bauart wird mit s Zylindern von 620 mm Dmr. und 1400 mm Hub für die Asiatic Co. gebaut. Er soll bei 100 U/min 7200 PS (e leisten und nicht mehr als 54 kg/PS wiegen. Zum Sp dient eine neue Bauart von Roots-Gebläsen, die bei 700 Läuferdurchmesser und 400 U/min noch geräuschlos la sollen. Der Überdruck der Spülluft beträgt 0,2 at. („ Motor Ship“, London, Oktober 1929 S. 247/51*) [N 3628 d]

### Schiffsdieselmotoren mit verstärkte Aufladung

Auf dem Tankschiff „Mégara“ von 128,2 m Lä 19,81 m Breite und rd. 16 560 t Verdrängung, das durch Werkspoor-Dieselmotoren mit je sechs einfachwirker Viertaktzylindern von 670 mm Dmr. und 1200 mm Hub getrieben wird, hat man ein Verfahren zum verstärkten laden der Zylinder mit Luft verwendet, das nicht auf Ausnutzung der Energie der Auspuffgase[1]) beruht. dem von *van Essen* angegebenen Verfahren wird die ladeluft an der Unterseite jedes Motorkolbens angesogen verdichtet. Die Zylinder sind zu diesem Zweck unten

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 421.

lfe von Deckeln abgeschlossen, in denen sich die Kolben-
gen und die Posaunenrohre der Kolbenkühlung mittels
pfbüchsen führen. An diese Deckel sind auf einer Seite
häuse für die Saug- und Druckventile angegossen. Mit
deluft von 1,4 at Überdruck und 60 ° sollen die Motoren
tt je 3900 PS bei 115 U/min je 6450 PS bei 125 U/min
sten, so daß die Geschwindigkeit des Schiffes von 11,5
f 13 Kn gesteigert wurde. Mit dieser mittleren Geschwin-
gkeit hat das Schiff die Reise von Le Havre nach Curaçao
sgeführt. („La Revue des Combustibles Liquides, August/
ptember 1929 S. 291/95*) [N 3628 e] *H.*

### Spanisches Fahrgastschiff

Die Firma Cantiere Navale Triestino, Monfalcone, hat
r Compañia Trasmediterranea, Barzelona, das Zwei-
ıraubenschiff „Infanta Cristina" geliefert, das als erstes
otorschiff den Dienst zwischen Barzelona und den Ka-
rischen Inseln versehen soll. Es hat 110 m Länge, 15,5 m
eite, 8,8 m Seitenhöhe und bei 5,8 m Tiefgang 5000 t Ver-
ängung. Die Einrichtung des Schiffes für 100 Fahrgäste
ster Klasse und je 50 zweiter und dritter Klasse ist sehr
räumig und prächtig ausgeführt.

Zum Antrieb dienen zwei einfachwirkende kompressor-
se Viertaktmotoren von insgesamt 5200 PS indizierter
istung bei 190 U/min. Die acht Zylinder haben je eine
sondere von der Nockenwelle angetriebene Brennstoff-
mpe; die Brennstoffventile arbeiten selbsttätig. Drei
eseldynamos von je 110 kW und 220 V bei 330 U/min
r den Hauptmotoren versorgen den Licht- und Kraft-
darf. Alle Hilfsmaschinen arbeiten elektrisch. Das Schiff
t zwei Schornsteine und ein sehr gefälliges Äußere.
The Motorship" Oktober 1929 S. 270*) [N 3628 h] *Bl.*

### Selbsttätiges Einstellen der Schnittgeschwindigkeit

Die Halbautomaten der Sundstrand Stub Co., die von einem polumschaltbaren Drehstrommotor angetrieben werden, können eine Vorrichtung erhalten, die den Motor selbsttätig von der Schnittgeschwindigkeit für das Schruppen auf die für das Schlichten umschaltet. Eine senkrechte Welle, die an der Unterseite der Maschine mittels eines Nockens gesteuert wird, trägt am oberen Ende zwei Taster, die die Schaltknöpfe für die beiden Geschwindigkeiten betätigen. Die Nockenbewegung ist gegen die Bewegung der Werkzeugschlitten so abgestimmt, daß man bei dem Halbautomaten nur noch das Werkstück ein- und auszuspannen und die Maschine auszuschalten braucht. („American Machinist" 28. September 1929 S. 317*)
[N 3628 f] *Schr.*

### Selbsttätiges Bearbeiten von Kolben

Bei einer Maschine der Seneca Falls Machine Co., die Kolben bis zu 127 mm Dmr. und 305 mm Länge selbsttätig überdreht, plandreht und nutet, hebt ein Greifer die Kolben von dem Laufband, das sie an die Maschine heranführt, ab und setzt sie zwischen die Reitstockspitze und das Innenspannfutter, die beide mittels Luft gesteuert werden. Nach dem Bearbeiten wird der Kolben mittels eines zweiten Greifers auf ein zur nächsten Maschine führendes Laufband gesetzt. Ein Kolben wird im Laufe von 3,5 s vom Band abgehoben und eingespannt. Alle beweglichen Teile der Maschine, wie Motor, Antriebteile, Steuerteile sind in die Maschine eingebaut. Die Maschine kann auch zum Bearbeiten andrer Hohlzylinder dienen. („Iron Age" 19. September 1929 S. 745*) [N 3628 g] *Schr.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**tteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten.** Sonderheft VII: Arbeiten aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt zu Berlin-Dahlem. Berlin 1929, Julius Springer. 125 S. m. 113 Abb. Preis 19 *RM.*

In dem Sonderheft sind die verschiedenen Veröffentlichungen und Vorträge über Untersuchungen an Zementen, örteln und Beton, sowie der Einfluß der Zusätze bei der reitung von Mörtel und Beton zusammengefaßt. Weitere ntersuchungen befassen sich mit dem Einfluß von Kalilachtlauge auf das Abbinden und Erhärten von Zement, r Einwirkung von Schwefelwasserstoff auf Kalkmörtel, ementmörtel und Beton und dem Einfluß der im Wasser thaltenen Kohlensäure auf Betonbauten. Weitere Abschnitte beziehen sich auf die Prüfung von Mauersteinen f Druckfestigkeit, die Ursachen des Rissigwerdens von einholz-Fußbodenbelag, auf Versuche mit Hochofenstückschlacke als Gleisbettungsstoff, wozu die vom Reichsverkehrsministerium aufgestellten Richtlinien mitgeteilt werden. Versuche mit Sieben, Untersuchungen an Kohlenstaub[1]) nd staubförmigen Stoffen[2]) bilden den letzten in diesem eft behandelten Arbeiten, die am Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem, in den letzten Jahren durchgeführt rden sind. [E 3546] *Gw.*

[1]) Archiv f. Wärmewirtschaft Bd. 6 (1925) S. 9 und Bd. 9 (1928) S. 209.
[2]) Z. Bd. 72 (1928) S. 945.

**Practical Finishing Series, 4. Bd.: Praktical railway painting and lacquering.** Von *H. Hengerveld, C. P. Disney* und *William J. Miskella.* Chicago 1929, Finishing Research Laboratories, Inc. 242 S. m. 164 Abb. Preis 3,50 $.

Das Buch ist, was es verspricht, ein Handbuch für den Praktiker. Es bringt in fünf Teilen unter Benutzung von 2 Tabellen und 164 Abbildungen alles das, was zu einem Ölfarbenanstrich und einer Zelluloselackierung in Amerika gehört. Eingehend werden alle Werkzeuge und Hilfsmittel beschrieben, wie die Spritzpistolen mit ihren Nebengeräten, die Schleifmittel nach ihrer Erzeugung und Verwendung, die Spachtel, die Geräte zur Entrostung und darunter besonders die Sandstrahlgebläse. Die Herstellung der Zelluloselacke wird schematisch dargestellt und Richtlinien für ihre Verwendung werden gegeben. Auch der Aufbau und die jeweilige Verwendung der Ölfarbenanstriche werden erläutert, und sogar die Emulsified-Asphalte finden Beachtung. Wichtig ist das Kapitel über auftretende Schäden bei der Zelluloselackierung und ihre Abhilfe. Die Notwendigkeit einer laufenden Kontrolle aller Farblieferungen wird betont.

Das Buch enthält ferner allgemeine Regeln für die Verarbeitung und für die Lagerung der Farben, Konstruktionen für Absaugung und für die Arbeitsbühnen und sogar einen Normalgrundriß für eine Lackierwerkstatt. Ein kurzes Kapitel behandelt auch die terminmäßigen und die Hauptreinigung der Personenwagen. Von hoher Bedeutung ist die Beschreibung der Unterhaltung der großen Stahlbrücken, die im vierten Teil eingehend behandelt werden. Besonders die Quebec-Brücke mit ihren 66 480 t Stahl stellt an die Unterhaltung außerordentliche Ansprüche.

Das bearbeitete Gebiet ist so umfangreich, daß selbstverständlich nicht alle Gebiete mit der gleichen Gründlichkeit bedacht werden konnten. Hier fällt besonders Teil 3, der den Anstrich von Signalen behandelt, durch seine Kürze auf. Die Behandlung des Stoffes aber durch drei Verfasser, davon zwei Praktikern und einem Chemiker, die den gleichen Stoff jeweils von ihrem Standpunkt aus behandeln, machen das Buch wertvoll. Es bringt so viele Erfahrungswerte und Abbildungen der amerikanischen Eisenbahnen, daß es sich lohnt, diese zu studieren und daraus für unsere Verhältnisse Nutzen zu ziehen.
[E 3516] *König*

**Thermenpalast,** Kur-, Erholungs-, Sport-, Schwimm- und Badeanlage. Von *J. Goldmerstein* und *Karl Stodieck.* Berlin 1928, Wilhelm Ernst & Sohn. 89 S. m. 29 Abb. Preis 12 *RM.*

Das Buch bildet eine sorgfältig vorbereitete Entwurfsarbeit für eine Badeanlage größten Stils, gegen die die Thermen des klassischen Altertums Kleinanlagen sind. Eine kreisrunde Riesenhalle von 150 m Dmr. mit völlig freitragender Kuppel soll ein ringförmiges Wasserbecken von 9800 m³ Inhalt einschließen, dazu kommen in der Mitte des Ringes ein künstlich geheizter Badestrand und ein künstlicher Hügel mit Gastwirtschaft, Orchester, Brunnentrinkhalle, außen um den Ring herum Ankleidezellen und ähnliches. Wannenbäder, Heilbäder, Turnsäle, Trockenanlagen, Ausbesserwerkstätten für Kleider und Wäsche sind außerdem vorgesehen. Die Badeeinrichtungen reichen für gleichzeitige Benutzung durch 6000 Personen aus. Die Baukosten sind auf 12 Mill. *RM* veranschlagt.

Daraus ergibt sich, daß nur Großstädte mit beträchtlicher Einwohnerzahl als Stätten einer derartigen Einrichtung in Betracht kämen. Die Richtigkeit der Kostenanschläge, zu denen *Goldmerstein* und *Stodieck* erste Fachleute und Firmen herangezogen haben, kann wohl nicht angezweifelt werden. Ob der Besuch rege genug sein würde, um mit Bäderpreisen, die nur wenig die in den bestehenden Bädern üblichen übersteigen, auszukommen und die Wirtschaftlichkeit einer solchen kühnen Anlage zu ge-

währleisten, mag hier unerörtert bleiben. Die Arbeit ist auf jeden Fall in technischer Beziehung nach jeder Richtung hin wohl überlegt und ohne Rücksicht auf die augenblickliche Verwirklichungsmöglichkeit für jeden Ingenieur lesenswert. [E 3515] *Baer*

**Bauwelt-Katalog 1929 bis 1930.** Berlin 1929, Bauwelt-Verlag. 1138 S. m. Abb. Preis 25 *RM.*

Die bezahlte Anzeige in periodisch erscheinenden Druckschriften ist heute ein für die gesamte Wirtschaft unentbehrliches Mittel zur Einleitung von Geschäften und Geschäftsverbindungen aller Art. Nur zwei Nachteile hat die heutige Durchschnittsanzeige der Zeitschriften und Zeitungen: Ihre Wirkung ist zeitlich ganz eng begrenzt; die Anzeige wirkt nur in dem Augenblick, wo die Zeitung oder die Zeitschrift gelesen wird; ferner muß der Inhalt der Anzeige wegen dieser kurzen Wirkungsdauer fast ausschließlich darauf abgestellt sein, die Aufmerksamkeit des Lesenden zu erregen und auf ein bestimmtes Erzeugnis oder eine bestimmte Firma hinzulenken. Sachlich wertvolle Mitteilungen über das Erzeugnis oder die Firma können in der einzelnen Anzeige, wenn sie wirken soll, nicht untergebracht werden.

Der Bauwelt-Katalog stellt den Versuch dar, die gewöhnliche Anzeige von einem augenblicklich wirkenden Ereignis zu einer bleibenden Sache umzugestalten. Dieser Versuch kann als geglückt bezeichnet werden. Während der Architekt, der Ingenieur, der Bauherr und der Bauunternehmer bisher Firmenanzeigen nur als Zugabe zur Fachzeitschrift fanden, erhalten sie nun die Firmenanzeige als etwas Selbständiges und Dauerhaftes in der Form eines eigens zu diesem Zweck zusammengestellten Buches. Da in diesem Buch das Eintagsleben der Anzeige in eine Wirksamkeit von 365 Tagen (nämlich von Auflage zu Auflage) verwandelt ist, konnte auch der Inhalt der Anzeigen so gestaltet werden, daß er sachlich wertvoll ist.

So ist der Bauwelt-Katalog, wenn auch noch nicht vollständig, so doch seinem Grundgedanken nach wirklich im wörtlichen Sinne Katalog, d. h. Führer in die Bauwelt, der jedem Anregungen gibt durch seine reichen Angaben und seine in bester Ausstattung wiedergegebenen Bilder.
[E 3514] *M. Mengeringhausen*

**Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie.** Von *W. Scholz* und *E. Valentin.* 5. Jg. Berlin 1929, Dr. Ernst Valentin-Verlag. 320 S. m. Abb. Preis 10 *RM.*

Der 116 Seiten umfassende Geschäftsbericht des Reichsverbandes für das Jahr 1928 enthält neben wirtschaftlich auch vielfach technisch interessierende Betrachtungen, wie überhaupt die Technik des Kraftfahrzeugwesens heute in hohem Maße mit wirtschaftlichen Erwägungen verknüpft ist. Die vielen statistischen Angaben dieses Überblicks, die sich auf amtliche Berichte stützen, dürften auch für andre Zwecke wertvoll sein. Weiter ist ein Bericht über den Stand und die bisherigen Erfolge der Typung und Normung auf diesem Gebiete lesenswert, weil er manche wichtige Anregung enthält. Dem Jahrbuch ist wieder eine umfangreiche Zeitschriftenschau des Kraftfahrzeugwesens beigefügt, die für Nachschlagezwecke brauchbar sein dürfte.
[E 3513] *H.*

**Werkstattgerechtes Konstruieren.** Regeln und Beispiel Zusammengest. von *A. Erkens.* Spanlose Formun Gießen. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 29 S. Preis 5 *RM.*

**Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebä den und für die Berechnung der Kessel- und Heizkörpe größen von Heizungsanlagen.** Bearb. von *Ernst Schmi* Ausg. 1929. Berlin 1929, Selbstverlag des Verbandes d Centralheizungs-Industrie, E. V. 54 S. Preis 20 *RM.*

**Hermann Recknagels Hilfstabellen zur Berechnung v Warmwasserheizungen.** Von *Otto Ginsberg.* 5. Aufl. Mü chen und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 33 S. Preis 4 *R*

**Anales del Primer Congreso de Irrigacion y Colonizaci del Norte.** 19. bis 24. Februar 1929. Bd. 1: 399 S. Abb. Bd. 2: S. 401 bis 759 m. Abb. Bd. 3: S. 761 b 1122 m. Abb. Bd. 4: S. 1123 bis 1273 m. Abb. La bayeque (Peru) 1929, Lima-Imprenta Torres Aguirre.

**Die deutschen Eisenbetonbestimmungen von 1925.** V *Ernst Rausch.* Berlin 1929, Julius Springer. 86 S. 64 Abb. Preis 4,80 *RM.*

**DIN Die deutschen Baunormen.** Zweck, Ziele und Vortei der Normung. **Baunormen-Verzeichnis 1929.** Berlin 192 Beuth-Verlag. 64 S. Preis 0,50 *RM.*

**Standards.** Le travail américain vu par un ouvrier franç Par *H. Dubreuil.* Paris 1929, Bernhard Crasset. 425 Preis 15 Fr.

**Fahrzeug-Dieselmotoren.** Von *A. E. Thiemann.* Berl 1929, Richard Carl Schmidt & Co. 286 S. m. 327 Ab Preis 17 *RM.*

**Wirtschaftliche Luftfahrt.** Von *Hermann Roeder.* Dresden 1929, Otto Hermann Hörisch. 286 S. Preis 15 *RM.*

**Fortschritte der Luftfahrt.** Jahrbuch 1929/30. Herausge von *W. von Langsdorff.* Frankfurt a. M. 1929, H. Bec hold. 578 S. m. 760 Abb. und Skizzen. Preis 24 *RM.*

**Wege zur Raumschiffahrt.** Von *Hermann Oberth.* Münch und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 431 S. m. 159 Ab Preis 20 *RM.*

**Déformations permanentes et ruptures des aciers.** P *Paul Régnauld.* Paris 1929, A. Dunod. 90 S. 31 Abb. Pre 20 Frs.

**Petroleum-Vademecum.** Von *Robert Schwarz.* 6. Aufl. Be lin und Wien 1929, Verlag f. Fachliteratur. 564 S. m. Ab Preis 20 *RM.*

**Vereinigung der Elektrizitätswerke: Statistik für das Ja 1928.** Berlin 1929, Geschäftstelle der Vereinigun 635 S. Preis 50 *RM.*

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern, 49. St **tistische Zusammenstellung der Betriebsergebnisse v 751 Gaswerksverwaltungen für das Jahr 1927 bz** 1927/28. Berlin 1929, Geschäftstelle des Deutschen Ve eins von Gas- und Wasserfachmännern e. V. 217 Preis 15 *RM.*

**8. technische Tagung des Deutschen Braunkohlen-Industri Vereins E. V., Halle (Saale).** April 1929. Halle a. Saale 1929, Wilhelm Knapp. 111 S. m. 89 Abb. Pre 6,60 *RM.*

**Die Bergschule zu Essen 1868 bis 1928.** Festschrift zum 6 jährigen Bestehen der Anstalt. Essen 1929, Essener Ber schulverein. 60 S. Preis 4 *RM.*

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Druckluft als Antriebmittel in Steinkohlenbergwerken. Von *A. Grumbrecht* | 1493 |
| Untersuchungen an Bindemähern | 1498 |
| Reibung in Gleit-, Rollen- und Kugellagern bei aussetzendem Betrieb. Von *L. Klein* | 1499 |
| Neuere Ergebnisse über die Druckzähigkeit von Ölen. Von *S. Kießkalt* | 1502 |
| Neue Vorschriften für Kupferleitungen | 1503 |
| Die erste Hudson-Brücke bei New York mit 1,067 km weit gespannter Mittelöffnung. Von *R. Bernhard* | 1504 |
| Probefahrt des größten japanischen Fahrgastmotorschiffes | 1508 |
| Die Anforderungen des Lokomotivbaues an den Dieselmotor. Von *F. Meineke* | 1509 |
| Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren. Von *F. Levy* | 1512 |
| Wirtschaftlichkeitszahlen einiger Flugzeuge. Von *P. Rieppel* | 1513 |
| Werkstoff- und Betriebsfragen der Eisengießereien | 1516 |
| Der Wärmeübergang in einem waagrechten Rohr beim Kondensieren von Satt- und Heißdampf. Von *M. Jakob, S. Erk* und *H. Eck* | 15 |
| Statistik der Hochspannungsleitungen in den Vereinigten Staaten von Amerika | 15 |
| Die physikalisch-chemischen und chemischen Eigenschaften des Holzes. Von *C. G. Schwalbe* | 15 |
| Umschlageinrichtung für Flöße | 15 |
| Rundschau: Drehkrane mit Kletterkatzen — Blankglühen von Stahl im elektrischen Ofen — Bearbeitbarkeit — Betriebserfahrungen in der Kunstseidenindustrie — Richtlinien für Prüfung geschweißter Stahlbauten — Kleine Mitteilungen | 15 |
| Bücherschau: Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten — Practical railway painting and lacquering. Von *H. Hengerveld, C. P. Disney* und *W. J. Miskella* — Thermenpalast. Von *J. Goldmerstein* und *K. Stodieck* — Bauwelt-Katalog 1929 bis 1930 — Jahrbuch des Reichsverbandes der Automobilindustrie. Von *W. Scholz* und *E. Valentin* — Eingänge | 15 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
. 73 SONNABEND, 26. OKTOBER 1929 Nr. 43

# asKompressoren für die Ammoniaksynthese

*Von V. FISCHER, Frankfurt a. M.*

*Die neueren Verfahren der Ammoniaksynthese aus Wasserstoff und Stickstoff nach Haber und Bronn-Linde bedingen für die technische Erzeugung von Ammoniak besondere Kompressoren, die verschiedene konstruktions- und betriebsmäßige Voraussetzungen erfüllen. Die Frankfurter Maschinenbau-A.-G. vorm. Pokorny & Wittekind hat Kolben- und Turbokompressoren zum Verdichten von Koksofengas, Gemischverdichter, Umlaufverdichter, Auffüllverdichter und Vakuumpumpen entworfen, deren wesentlichste Merkmale gekennzeichnet werden.*

ie künstliche Herstellung von Stickstoffverbindungen zur Erzeugung von künstlichem Dünger hat in den ten Jahrzehnten zur Entwicklung einer mächtigen In- trie geführt. Der natürliche Chilesalpeter, der bis 1913 Weltbedarf an Stickstoffverbindungen in der Haupt- ne deckte, erhielt einen Mitbewerber im Norgesalpeter, ndem es gelungen war, $NO_2$ im elektrischen Lichtbogen rhalten und zu Kalksalpeter weiter zu verarbeiten[1]). ses Verfahren setzte das Vorhandensein großer und ger Wasserkräfte voraus. Neue Wege eröffnete der kstoffindustrie das Verfahren von *Haber*, Stickstoff und sserstoff mit Hilfe eines Katalysators unter Druck un- elbar zu Ammoniak zu vereinigen, das wesentlich iger Kraft verbrauchte als das Lichtbogenverfahren. n weiteren Fortschritt brachte das *Bronn-Lindesche* fahren der Gaszerlegung mittels tiefer Temperaturen, ermöglicht, bei der Gewinnung von Ammoniak auch Koksofengas auszugehen.

Durch diese Verfahren wurde auch der Bau von Kom- soren vor neue und umfangreiche Aufgaben gestellt. e> Bauarten mußten den Anforderungen an große Saug- ung, hohen Druck, vollständige Gasdichtheit und erstandfähigkeit gegen die verschiedenen Gase genü- n An dieser Entwicklung war auch die Frankfurter schinenbau-A.-G. durch den Bau einer Reihe von Son- ompressoren beteiligt.

### Gewinnung von $NH_3$ aus $N + H_3$

Die Ammoniakausbeute hängt bei dem synthetischen fahren von Temperatur und Druck ab. Ferner ist die ktionsgeschwindigkeit zu berücksichtigen. Mit sinken- r Temperatur nimmt die Ausbeute zu, die Reaktions- swindigkeit ab. Mit steigendem Druck wächst die ute. Auf Grund dieser Erkenntnis wurden verschie- r Verfahren entwickelt. Die Temperaturen liegen stets i Rücksicht auf Baustoffe und Reaktionsgeschwindigkeit fähr bei 500 °, dagegen unterscheiden sich die Ver- hren u. a. in bezug auf die Drücke. Diese sind aber rien Kompressorenbau besonders wichtig.

Bei dem ersten und grundlegenden Verfahren von r-Bosch arbeitet man mit Drücken von 200 at. *Fauser* tet mit 300 at, *Casale* mit 800 und *Claude* mit 1000 at. in Sonderstellung nimmt das Mont-Cenis-Uhde-Verfah- ren, das bereits bei Drücken von 110 at günstige Am- oniakausbeute liefert.

Einen weiteren Unterschied zwischen den Verfahren, er für den Kompressorenbau von Belang ist, bedingt die ewinnung der Ausgangstoffe. Die Badische Anilin- und dfabrik verwendet Wassergas und Generatorgas; aus esen Gasen wird durch sorgfältiges Abscheiden des Koh- noxyds und der übrigen Beimengungen ein Gemisch von uerstoff und Stickstoff erhalten[2]). Geht man von Koks- ofengas aus, so wird zusätzlicher Stickstoff durch Ver- flüssigen und Zerlegen von Luft gewonnen. Bei Vorhan- densein billiger Kraftquellen kommt ferner die Gewinnung des Wasserstoffs durch Elektrolyse des Wassers in Frage.

Das Koksofengas wird nach dem *Bronn-Lindeschen* Verfahren bei 10 at zerlegt, indem man durch Tiefkühlung aus dem Koksofengas zunächst die höher siedenden Bestandteile, wie Äthylen, Methan usw., flüssig ausscheidet. Aus dem verbleibenden Gemisch von Kohlenoxyd, Stick- stoff und Wasserstoff wird in einer Trennungssäule das Kohlenoxyd durch Zusatz von flüssigem Stickstoff aus- gewaschen. Der Stickstoffzusatz wird so bemessen, daß das Gemisch von Wasserstoff und Stickstoff die Trennungssäule in der gewünschten Zusammensetzung unter ungefähr 10 at verläßt.

### Kolben- und Turbokompressoren zum Verdichten von Koksofengas

Für die Ammoniaksynthese aus Koksofengas braucht man zunächst einen Kompressor, der das Koksofengas ohne Überdruck ansaugt und auf 11 bis 12 at Überdruck verdichtet. Er muß daher zweistufig ar- beiten. Wählt man Verbundanordnung oder die übliche Tandemanordnung mit je einem Zylinder für die erste und die zweite Druckstufe, so erhält jeder der beiden Zylinder zwei Stopfbüchsen, da bei den Größenverhältnissen des Kompressors die Kolben vordere und hintere Führung haben müssen. Durch Unterbringen beider Druckstufen in einem einzigen Zylinder kann man die vier Stopfbüchsen vermeiden. Die bekannte Differentialanordnung mit Tauch- kolben kommt hierbei nicht in Frage, da diese Kolben nicht vollkommen gasdicht abschließend hergestellt werden können. Eine doppeltwirkende erste Druckstufe mit einer davor liegenden einfachwirkenden zweiten Druckstufe ergibt eine ungünstige Verteilung der Kolbenkräfte für Hin- und Rückgang und daher eine schwere Bauart. Die Frank- furter Maschinenbau-A.-G. hat, um diesen Nachteil zu ver- meiden, einen kurzgebauten Tandemkompressor entwickelt. Bei diesem sind beide Druckstufen einfachwirkend, und zwischen ihnen befindet sich ein Ausgleichraum.

Abb. 1 zeigt den Schnitt durch den Zylinder eines solchen zweistufigen Koksofengaskompressors, dessen stündliche Ansaugleistung 8000 m³ beträgt. Raum *b* ist als Ausgleichraum mit der Saugleitung verbunden. Um vollkommenen Druckausgleich auf der Niederdruckseite zu erhalten, hat man den Stufenkolben mit Löchern *d* ver- sehen. Der Kreuzkopf ist bei *e*, die hintere Kolbenfüh- rung bei *f* angeschlossen. Beim Hingang des Kolbens in der Richtung von *f* nach *e* beträgt die Kolbenkraft unter Vernachlässigung der Reibungswiderstände 47 000 kg, beim Rückgang 34 500 kg. Ein Kompressor für die gleiche An- saugleistung, die gleiche Drehzahl und den gleichen Kolben- hub ergibt dagegen bei doppeltwirkender erster Druckstufe und einfachwirkender zweiter Druckstufe für den Hingang

[1]) Z. Bd. 50 (1906) S. 1169, Bd. 53 (1909) S. 1464.
[2]) Z. Bd. 72 (1928) S. 975.

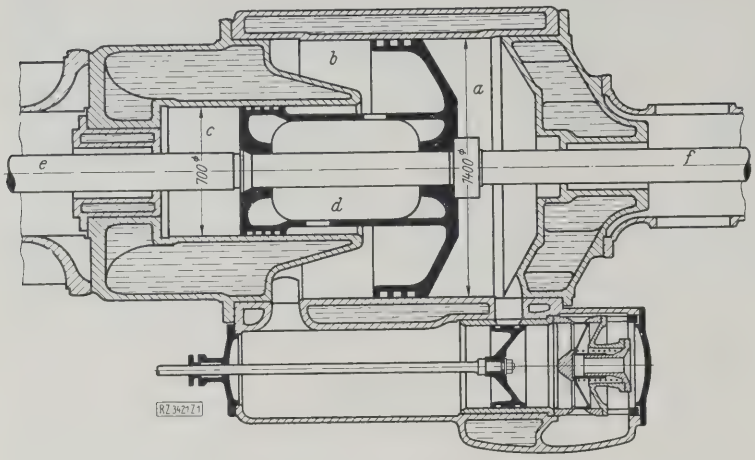



Abb. 1. Zylinder eines zweistufigen Kompressors für Koksofengas.
Ansaugleistung 8000 m³/h; Verdichtung auf 12 at.

*a* Erste Druckstufe
*b* Ausgleichraum
*c* zweite Druckstufe
*d* Löcher im Stufenkolben
*e* Anschluß des Kreuzkopfes
*f* „ der hinteren Kolbenführung

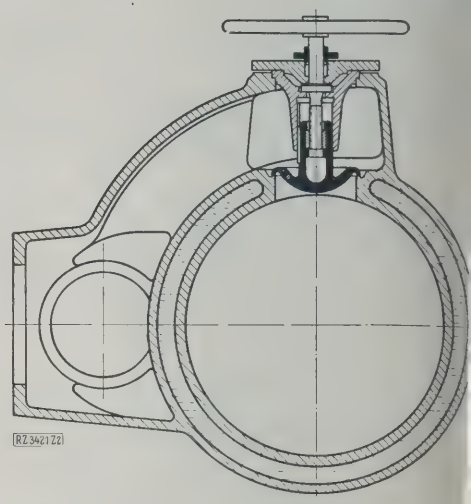



Abb. 2. Leistungsventil auf Hubmitte des Kompressorzylinders.

62 000 kg und für den Rückgang 19 000 kg Kolbenkraft. Der kurzgebaute Kompressor ergibt also eine Ersparnis von ¼ der höchsten Kolbenkraft und eine gleichmäßigere Verteilung der Kolbenkräfte auf den Hin- und Rückgang.

Der Zylinder besteht aus zwei Teilen. Der eine enthält die erste Druckstufe und den Ausgleichraum, der andre die zweite Druckstufe. Das Ineinanderschieben der beiden Teile ergibt eine kurze Bauart des Zylinders, die das sorgfältige Kühlen der zweiten Druckstufe ermöglicht. Die Gaswege steuert man in der ersten Druckstufe mittels der *Köster*-Steuerung[3]), in der zweiten Druckstufe mittels freigängiger Plattenventile.

Wichtig ist bei diesen Kompressoren das Regeln der Ansaugleistung in weiten Grenzen, damit man sie den wechselnden Betriebsbedingungen anpassen kann. Da die Kompressoren vielfach elektrisch angetrieben werden, muß die Ansaugleistung ohne Änderung der Drehzahl verändert werden können, ohne daß dabei Energie verschwendet wird. Diese Bedingungen erfüllen zwei besondere Regelvorrichtungen.

Die eine Regelvorrichtung ist das Leistungsventil auf Hubmitte des Kompressorzylinders, Abb. 2. Ist es geschlossen, so saugt der Kompressor die volle Gasmenge an. Ist es ganz geöffnet, so wird während des halben Verdichtungshubes das angesogene Gas wieder in die Saugleitung zurückgeschoben und der Rest erst verdichtet, nachdem der Kolben die Öffnung des Zylinders überschritten hat. Bei vollständig geöffnetem Ventil wird also die Saugleistung des Kompressors auf die Hälfte verringert. Durch Einstellen des Ventils kann man den Gasdurchgang drosseln, wobei in der ersten Hälfte des Verdichtungshubes das Gas zum Teil in die Saugleitung zurückgeschoben und zum Teil verdichtet wird, so daß man die Saugleistung des Kompressors zwischen voll und halb beliebig regeln kann.

Die zweite Vorrichtung, die gestattet, die Leistung zwischen voll und null zu verändern, ist die Hilfsschiebersteuerung, Abb. 3. Sie besteht bei einfachwirkenden Kompressoren aus einem Kolbenschieber, bei doppeltwirkenden aus zwei Kolbenschiebern, die auf der Schieberspindel mittels eines flachgängigen Rechts- und Linksgewindes verschiebbar sind. Zum Verstellen dient, wie beim Leistungsventil, ein Handrad. Befinden sich die Kolbenschieber in der gezeichneten Stellung, so sind die Öffnungen des Zylinders geschlossen und der Kompressor hat seine volle Ansaugleistung. Werden die beiden Kolbenschieber so weit gegeneinander verschoben, daß die Öffnungen vollständig frei sind, so wird die ganze angesogene Gasmenge über den Schieberkasten in die Saugleitung zurückgestoßen. In Zwischenstellungen der Kolbenschieber wird der Gasdurchgang gedrosselt, wodurch sich die Ansaugleistung des Kompressors zwischen voll und null regeln läßt. Die beschr benen Regelvorrichtungen kann man selbsttätig mitt Servomotors und Öldruckpumpe verstellen.

Für Ansaugleistungen von mehr als 24 000 m³/h w det man beim Verdichten von Koksofengas Turboko pressoren an. Auch hier ist Gasdichtheit wichtig, w halb auf die Ausbildung der Stopfbüchse besondere So falt verwendet wird. Abb. 4 zeigt einen Turbokompres für Koksofengas, der bei 3600 U/min 36 000 m³/h auf 1 abs verdichtet. Der Kompressor hat zwei Gehäuse. ersten wird das Gas in 10 Stufen auf 3,5 at abs, im zwei Gehäuse wird das Gas in 13 Stufen von 3,5 auf 10 at verdichtet. Das Gas tritt bei *a* in den Kompressor und be in das erste Laufrad.

Laufrad und Welle sind durch die Spitzenabdicht gen *c* und *d* gegen das Gehäuse abgedichtet. Vor Spitzenabdichtung *d* ist eine Kohlenringdichtung *e* gesch tet, die die Welle nach außen abdichtet. Etwa dann n entweichende Gase werden bei *f* in die Saugleitung zurü oder ins Freie abgeleitet. In gleicher Weise sind die d andern Stopfbüchsen ausgebildet; doch sind auch auf Druckseiten zwischen der Entlastungsscheibe, die Achsdruck aufnimmt, und dem Gehäuse Spitzenabdicht gen angebracht. Eine Leitung *g*, deren Abzweigungen die Kammern vor den Kohlenringdichtungen münden, wirkt den Druckausgleich in diesen Dichtungen. Ähnl gleichen Umführungen *h* Saug- und Druckseite Spitzenabdichtungen aus.

Eine andre Ausführung für gasdichte Stopfbüch zeigt Abb. 5. Die zwei- oder mehrteiligen Kohlenring sind in U-förmig ausgebildeten Kammern *b* aus Gußei gelagert und werden durch Schlauchfedern *c* gegen e Büchse *d* auf der Kompressorwelle gedrückt. Infolge in den Kammern herrschenden Gasdruckes wirken Kohlenringe selbstdichtend. Vor der Kohlenringdichtu ist eine Wasserstopfbüchse *e* gelagert. In diese ragt Schleuderring *f*, der zwischen der Büchse *d* und Mutter *g* auf der Kompressorwelle sitzt. Zu beiden Sei des Schleuderringes *f* ist die Stopfbüchse *e* durch Spitz abdichtungen gegen Büchse *d* und Mutter *g* abgedich

Die Wasserstopfbüchse trägt Stutzen zum Ansch von Zu- und Abflußleitungen für Wasser. Sobald Kompressor in Gang kommt, führt er der Stopfbüc Wasser zu, das durch die Fliehkraft mittels des Schleu ringes gegen den Boden der Stopfbüchse gedrückt w Zu- und Ablauf des Wassers werden so geregelt, daß dem Boden der Stopfbüchse stets eine Wasserschicht bleibt, in die der Schleuderring eintaucht. Dadurch hält man eine zuverlässige Flüssigkeitsabdichtung des C raumes gegen die Außenluft. Turbo- und Kolbenk pressor lassen sich auch so vereinigen, daß man das im Turbokompressor vorverdichtet und im Kolbenk pressor einstufig auf den Enddruck bringt.

[3]) *E. W. Köster*, Vakuumpumpen und Kompressoren mit Schiebersteuerung, Z. Bd. 39 (1895) S. 1083. Neuere Ausführungen von Kompressoren, Z. Bd. 53 (1909) S. 1661 u. f.

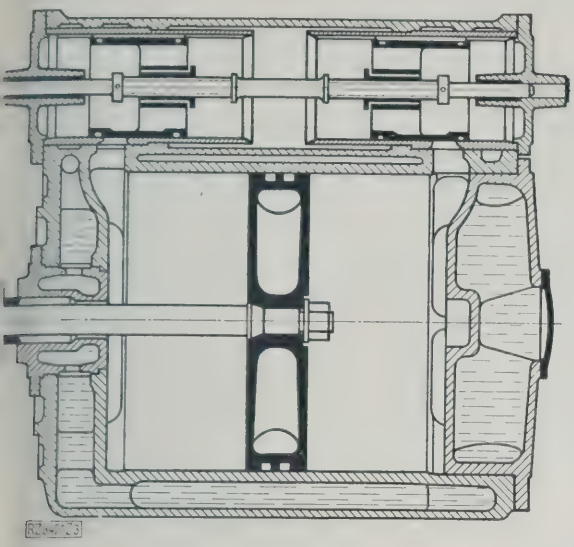


**Abb. 3**
Hilfsschiebersteuerung.

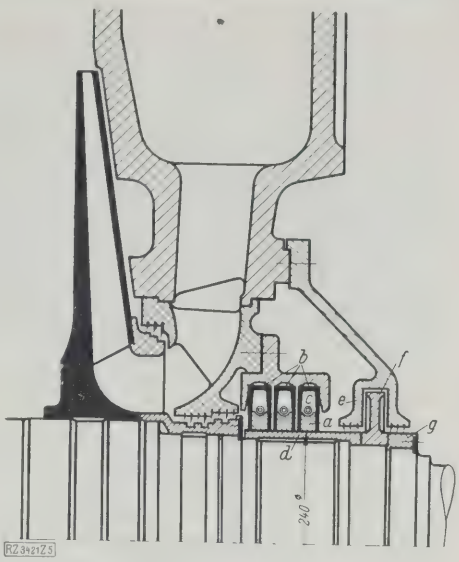



**Abb. 5**
Gasdichte Stopfbüchse für Turbokompressoren.

*a* Kohlenring
*b* Kammern aus Gußeisen
*c* Schlauchfeder
*d* Büchse auf der Kompressorwelle
*e* Wasserstopfbüchse
*f* Schleuderring
*g* Mutter

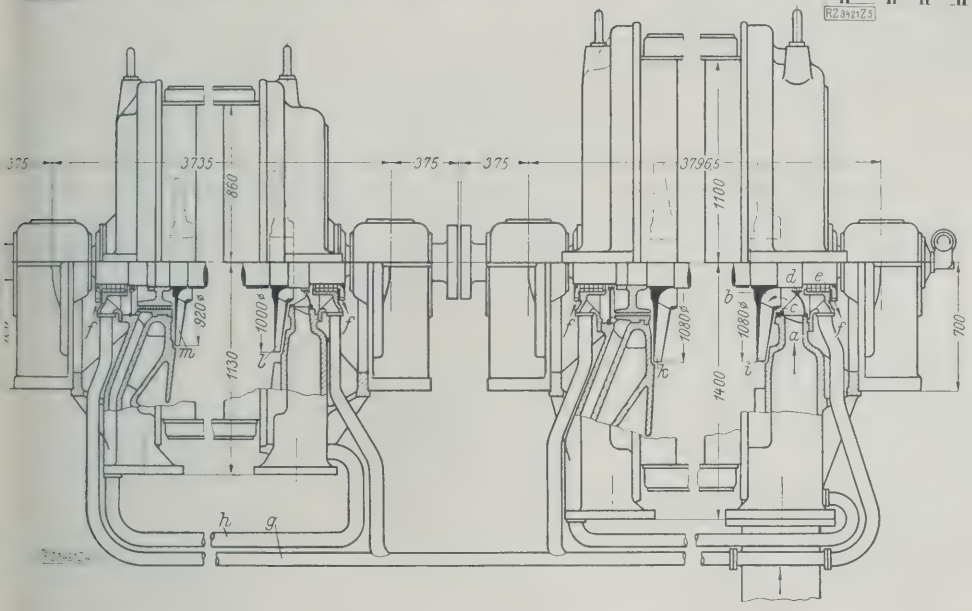
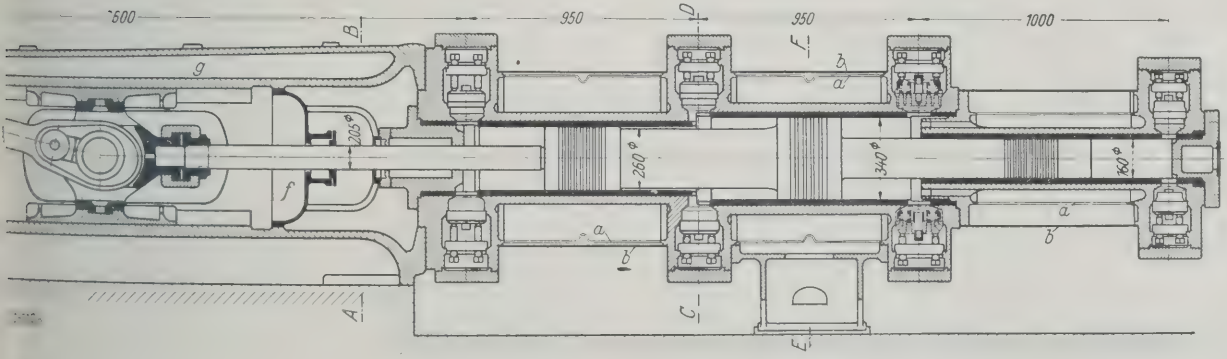
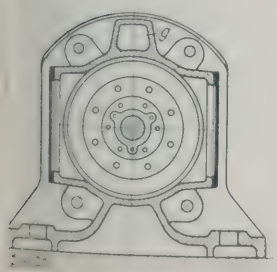



**Abb. 4**
Turbokompressor für Koksofengas.
36 000 m³/h Ansaugleistung bei 3600 U/min; 10 at abs Enddruck.

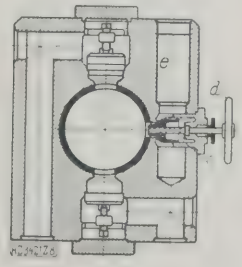
*a* Gaseintritt in den Kompressor
*b* Gaseintritt in das erste Laufrad
*c, d* Spitzendichtung
*e* Kohlenringdichtung
*f* Gasableitung ins Freie
*g* Druckausgleichleitung
*h* Umführleitung
*i* 1. bis 4. Rad, Schaufelhöhe 40 mm
*k* 5. „ 10. „ , Schaufelhöhe 30 mm
*l* 1. „ 6. „ , Schaufelhöhe 16 mm
*m* 7. „ 13. „ , Schaufelhöhe 12 mm




*Schnitt AB*




*Schnitt CD*




*Schnitt EF*

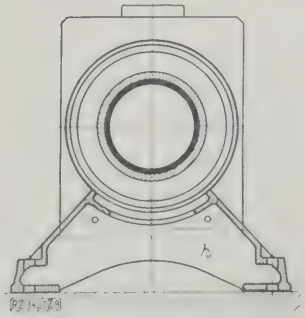



**Abb. 6 bis 9**
Gemischkompressor mit 445 m³/h Ansaugleistung bei 10 at Anfangsdruck und 125 at Enddruck.

*a* Kühlwassermantel
*b* Glanzblechbekleidung
*c* Zuschaltventil
*d* Handrad
*e* zusätzlicher schädlicher Raum
*f* Deckel
*g* Hohlrippe zur Versteifung des Rahmens
*h* gußeiserner Fuß

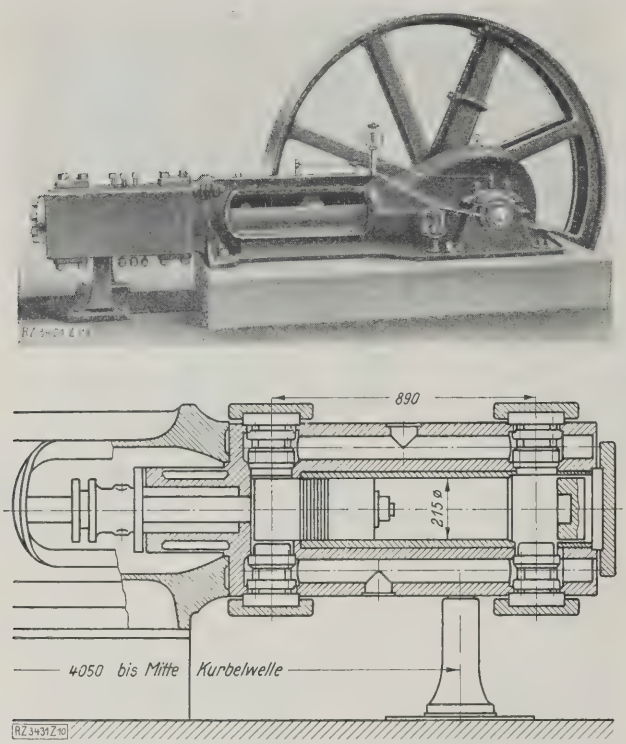



Abb. 10 und 11. Einstufiger Umwälzkompressor für Verdichtung von 85 auf 110 at.

### Gemischkompressoren

Das aus dem Koksofengas durch das Trennverfahren unter 10 at Überdruck gewonnene Stickstoff-Wasserstoffgemisch wird beim Mont-Cenis-Uhde-Verfahren in einem Gemischkompressor auf 125 at verdichtet. Bei den andern Verfahren betragen die Enddrücke 230 und 300 at sowie 800 und 1000 at. Abb. 6 bis 9 zeigen einen solchen Gemischkompressor für $N + H_3$, der bei 122 U/min 445 m³/h bei 10 at Anfangsdruck ansaugt und dreistufig auf 125 at verdichtet. Von den Druckstufen ist die erste doppeltwirkend und in der Mitte angeordnet; vorne schließt sich die zweite, hinten die dritte Stufe an, die beide einfachwirkend sind.

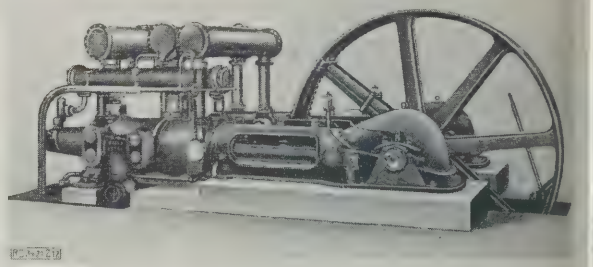
Da das Gas bereits mit 10 at Überdruck angesogen wird, wird der Zylinderdurchmesser der ersten Stufe klein. Man konnte daher Gußzylinder vermeiden und durch Verwendung von Stahl für den zweiteiligen Zylinderkörper eine besonders dichte und widerstandfähige Bauart erhalten. Der eine Teil des Zylinderkörpers enthält die erste und die zweite Druckstufe, der andre Teil die dritte Druckstufe. Die Teile des Zylinderkörpers sind aus vorgeschmiedeten Blöcken gedreht und gehobelt. Zwischen den vierkantigen Ventilgehäusen sind um die Zylinder angeschweißte Kühlwassermäntel *a* aus Eisenblech gelegt. Diese sind in der Mitte wellig ausgebildet, damit sie Wärmedehnungen nachgeben können. Jeder Kühlwassermantel *a* wird von einer Glanzblechbekleidung *b* umgeben. In jeden Zylinder ist eine gußeiserne Laufbüchse eingezogen. Die freigängigen Ventile enthalten je zwei ringförmige Ventilplatten mit Führungsrändern. Die Ventilsitze werden durch Druckbolzen, die mit Gewinde in Stahlbrücken geführt sind, gegen ihren Sitz im Ventilgehäuse gepreßt; die Stahlbrücken legen sich dabei gegen Ansätze im Ventilgehäuse.

Die Ansaugleistung des Kompressors ist zwischen 100 und 50 vH regelbar. Dazu dienen zwei Zuschaltventile *c*, Abb. 8, die in jeder der beiden Totpunktlagen der ersten Stufe zwischen Saug- und Druckventil untergebracht sind. Hebt man mit Hilfe des Handrades *d* das Ventil von seinem Sitz ab, so vergrößert man den schädlichen Raum der ersten Druckstufe um den Hohlraum *e*. Dieser ist so bemessen, daß er die Ansaugleistung um 25 vH vermindert. Sind daher beide Ventile geöffnet, so verringert sich die Ansaugleistung des Kompressors um 50 vH.

Die Stopfbüchsenpackung besteht aus geteilten Gußeisenringen. Je zwei Ringe werden von einer geteilten Büchse umschlossen, die von zwei Schlauchfedern zusammengepreßt wird. Jede Büchse sitzt in einem Kammerring und wird in diesem mittels einer Scheibe im richtigen Abstand erhalten. Vor dem vordersten Kammerring wird das Schmieröl zugeführt. Davor ist eine kurze Stopfbüchse mit zwei geteilten Ringen gelagert, die mittels je einer Schlauchfeder gegen die Kompressorwelle gepreßt werden. Aus der Stopfbüchse etwa entweichende Gase gelangen in einen Vorraum, der durch einen Deckel *f* nach außen abgeschlossen ist und eine kurze Vorstopfbüchse trägt. Das Gas, das sich in diesem Vorraum ansammelt, wird durch ein Rohr abgeführt.

### Umlaufkompressoren

Diese Kompressoren dienen dazu, das Gemisch von Stickstoff und Wasserstoff umzuwälzen. Ihre Größe bestimmt sich danach, welcher Anteil des Gemisches sich im Reaktionsgefäß in Ammoniak umsetzt. Bei einer Ausbeute von 10 vH muß z. B. der Umlaufkompressor ungefähr das Zehnfache der vom Gemischkompressor geförderten Gasmenge umwälzen. Der Druckabfall durch Reibungswider-



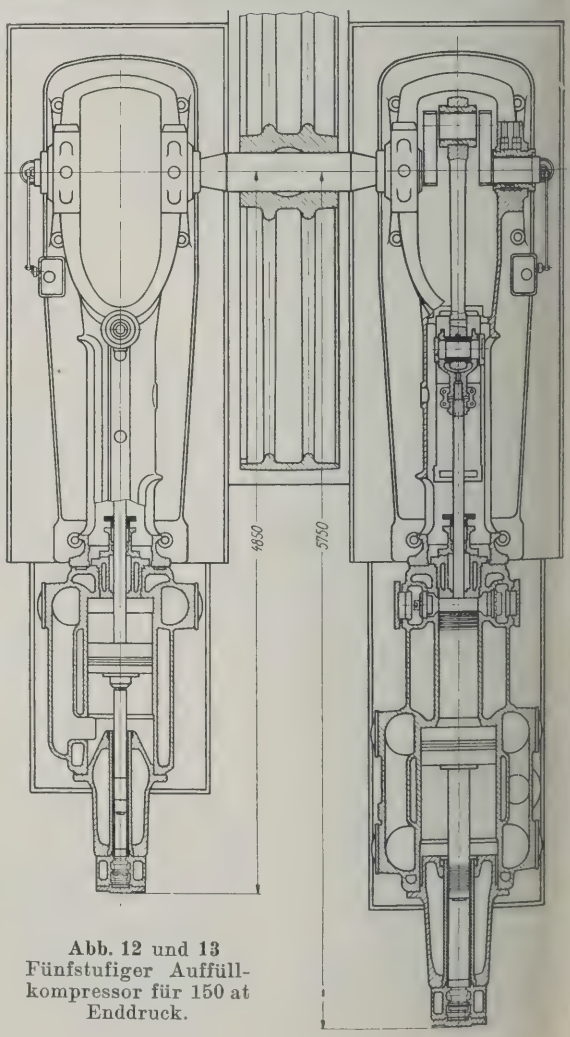



Abb. 12 und 13 Fünfstufiger Auffüllkompressor für 150 at Enddruck.

tände in den Leitungen und im Reaktionsgefäß beträgt ngefähr 25 at, so daß z. B. der Umlaufkompressor einer Mont-Cenis-Anlage von 85 auf 110 at zu drücken hat. Diese Verdichtung erfolgt einstufig. Der Kompressor, Abb. 10 und 11, hat 215 mm Zyl.-Dmr., 600 mm Hub und 85 mm Kolbenstangendurchmesser bei 122 U/min. Bei 85 at Anfangsdruck und 110 at Enddruck beträgt unter Vernachlässigung der Reibung die Kolbenkraft beim Rückgang 3900 kg und beim Hingang 2800 kg. Bei diesem Druckverhältnis beeinflußt somit die Kolbenstange die Druckverteilung sehr ungünstig. Dies bedingt einen im Hinblick auf den kleinen Kompressorzylinder verhältnismäßig schweren Rahmen und ein schweres Schwungrad. Dieser Nachteil entfällt, wenn man die Kolbenstange durchgehen läßt. Die Kolbenkraft beträgt dann bei Hin- und Rückgang 7600 kg. Der Kompressor baut sich daher wesentlich leichter; allerdings muß man die zweite Stopfbüchse in den Kauf nehmen. Wegen der hohen Anforderungen an Festigkeit und Dichtigkeit sind auch die Zylinder der Umlaufkompressoren aus Stahl hergestellt.

### Auffüllkompressoren

Ist eine Anlage aus Betriebsgründen entleert worden, und soll der Umlauf wieder hergestellt werden, so verwendet man zum Auffüllen der Räume einen Auffüllkompressor, der das Gemisch von Stickstoff und Wasserstoff unter gewöhnlichem Druck ansaugt und in fünf Stufen auf 150 at verdichtet. Ein solcher Kompressor, Abb. 12 und 13, erhält Zwillingsanordnung. Die eine Seite enthält die doppeltwirkende erste Stufe, davor und dahinter einfachwirkend die dritte und vierte Stufe. Die zweite Seite enthält einfachwirkend die zweite und die fünfte Stufe sowie zwischen beiden einen Ausgleichraum zur Verminderung der Kolbenkraft. Sämtliche Zwischenkühler sind in geschlossenen Behältern oberhalb der Zylinder angeordnet.

### Vakuumpumpen

Zum Absaugen des gewonnenen Ammoniaks dienen Vakuumpumpen. Abb. 14 zeigt den Schnitt durch den Zylinder von 815 mm Dmr. und 650 m Hub einer solchen Vakuumpumpe mit Köster-Steuerung, die bei 105 U/min 3500 m³/h Ammoniak von 0,2 at abs ansaugt und auf 1,3 at abs verdichtet. Bei der Köster-Steuerung[4]) steuert der Saugschieber *a* Beginn und Ende des Saughubes sowie Ende des Ausschubes, während das selbsttätige Köster-Ventil *b* den Beginn des Ausschubes bestimmt.

Der Gang des Köster-Ventiles ist stoßfrei. In dem Augenblick, in dem es sich öffnet, bildet der Raum zwischen dem Ventil und dem Deckel *c* einen Gaspuffer. Beim Schließen bewegt sich der Saugschieber *a* nach beendetem Ausschub bis zur Todlage gegen das Ventil *b* und drückt das dazwischen befindliche Gas in den Druckraum. Dadurch wird verhindert, daß sich das Ventil plötzlich schließt. [B 3421]

[4]) Vergl. Z. Bd. 39 (1895) S. 1083.

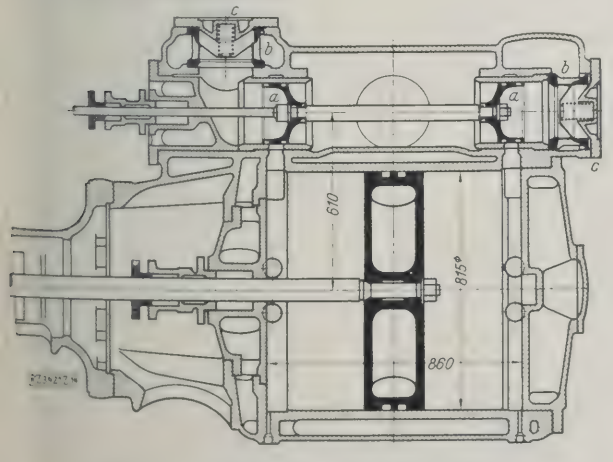



**Abb. 14.** Vakuumpumpe für 3500 m³/h Ansaugleistung bei 0,2 at abs.

*a* Saugschieber *b* selbsttätiges Köster-Ventil *c* Ventildeckel

## Der Zinsenaufwand in der Fertigung

In der Betriebsrechnung und Selbstkostenrechnung berücksichtigt man gewöhnlich die Kosten des Kapitaldienstes, d. h. die Zinsen für das an der Fertigung durchschnittlich beteiligte Anlage- und Umlaufvermögen in der Weise, daß man sie einfach nach einem festgesetzten Schlüssel auf die Kostenstellen verteilt und dann in den Gemeinkosten den Kostenträgern zuschlägt. Das Verfahren ist berechtigt, weil sich bei gleichmäßig verlaufender Betriebstätigkeit und innerlich gefestigtem Aufbau eines Werkes ein gewisses Gleichgewicht der Kapitalbeanspruchung einstellt. Man kann daher die entsprechenden Zinsen ohne Rücksicht auf die besondern Verhältnisse bei den einzelnen Aufträgen umlegen, allenfalls in der Form getrennter Gemeinkostenzuschläge für Beschaffung als Werkstoff-Gemeinkosten und für die Fertigung als Abteilungszuschläge der Werkstätten, die man auch in Platzkostenzuschläge aufgliedert.

Bei jedem Auftrag werden aber ein ganz bestimmtes, mehr oder weniger veränderliches Kapital und nach Maßgabe der Durchgangzeit des Stücks bestimmte Zinsen beansprucht; es ist daher nötig, sie bei genaueren Selbstkostenrechnungen, besonders bei Vergleichen der Wirtschaftlichkeit verschiedener Stufen der Fertigung, rechnerisch genauer erfassen zu können.

In Abb. 1[1]) ist dargestellt, welche Anteile am Umlaufkapital während der Fertigung eines Auftrags (Fertigung einer Reihe von $x$ Stücken) nach und nach „investiert" werden und welche Zinsen auf diese Aufwendungen entfallen. Die Kapitalien $K_H$ sind bestimmt durch die Herstellkosten der Reihe; diese setzen sich zusammen aus Werkstoffkosten $W\,x$, reinen Bearbeitungslöhnen $L\,x$, Auflegungskosten (Einrichtelöhnen usw.) $a$, Zinsen der Beträge $W\,x$, $L\,x$, $a$ und der Gemeinkosten $G\,x$, worunter alle sonstigen Fertigungs-Gemeinkosten erfaßt werden. Die mit fortschreitender Fertigung ständig wachsenden Kosten werden aus dem Umlaufvermögen gedeckt, sie müssen ständig wachsen, weil während der Vorbereitung und Bearbeitung fortwährend neue Kosten zutreten.

Ein zahlenmäßiger Einblick in diese Wertbewegungen ist wertvoll, wenn man z. B. die wirtschaftlichste Stückzahl einer Reihenfertigung ermitteln will; er wirkt allerdings auf den ganzen Aufbau der Betriebsrechnung, wenn man verlangt, daß sie ohne Schwierigkeiten die Zahlenunterlagen für solche Aufstellungen liefern soll. Die üblichen Verfahren der Buchhaltung reichen dann nicht mehr aus oder werden unwirtschaftlich.

Die Schrift von Dr.-Ing. *Zeidler* versucht, einen Überblick über den Aufbau einer solchen Betriebsrechnung zu geben; denn die rechnerische Genauigkeit der Werteaufzeichnung bei der doppelten Buchführung bietet trotz ihrer Sicherungen noch keine Gewähr für die Richtigkeit der Werte. Schon die Verfahren der Bewertung wechseln mit den Aufgaben der Buchhaltung und der Betriebsrechnung; dazu kommen die Schwierigkeiten, Kosten und Erlöse den Betriebsabteilungen und Kostenträgern richtig zuzumessen; alle diese Gründe zwingen dazu, die Werte in der inneren Betriebsrechnung nicht mittels der Konten der Buchhaltung, sondern in der wirtschaftlicheren und anpassungsfähigeren statistischen Form zu verrechnen. Hierfür spricht nicht allein die kritische Erkenntnis der überhaupt erreichbaren Genauigkeit der Rechnung, sondern auch das Bedürfnis, dem Ingenieur in der Betriebsrechnung ein Werkzeug für Wirtschaftlichkeitsmessungen an die Hand zu geben, das er nach seinen besonderen Bedürfnissen anwenden kann.

[1]) Dr.-Ing. *F. Zeidler*, „Der Kosteningenieur", Entwurf zu einem Grundplan des industriellen Rechnungswesens. Berlin 1929, VDI-Verlag, VIII/177 S. m. 69 Abb. u. 3 Zahlentaf., Preis 10 RM.

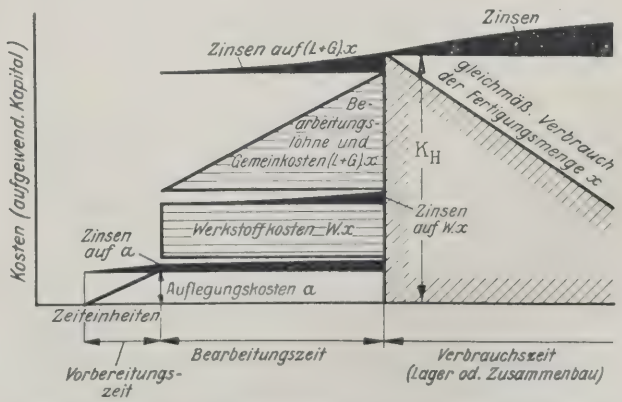



**Abb. 1.** Kapital- und Zinsenaufwand für einen Fertigungsauftrag.

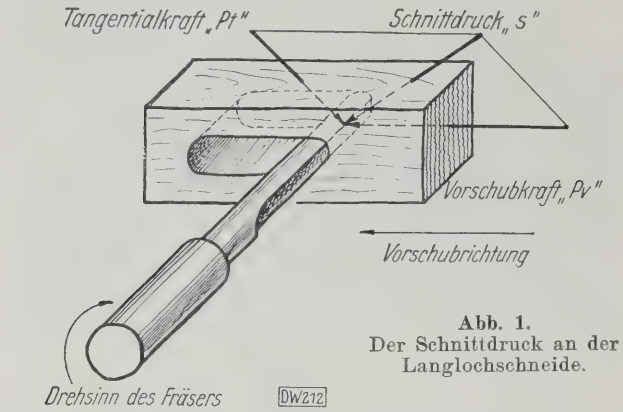



Abb. 1.
Der Schnittdruck an der Langlochschneide.

# Langlochfräsen in Holz

*Von Dr.-Ing. G. HARNISCH, Dresden*

***Bericht über Versuche des Verfassers im Versuchsfe für Werkzeugmaschinen und Fertigungsverfahren v Prof. Dr. J. G. Sachsenberg an der Technischen Hoc schule zu Dresden. Untersucht wurden Form u Arbeitsweise der gebräuchlichen Langlochfräser unt Berücksichtigung der Eigenschaften verschieden Hölzer.***

Erfreulicherweise ist in den letzten Jahren eine Zu nahme wissenschaftlicher Forschungsarbeiten auf dem G biete der Holzbearbeitung zu verzeichnen, die Vorläufe einer weiteren planmäßigen Behandlung sein werden.

Die Anregung zu vergleichenden Untersuchungen bei Langlochfräsen in Holz[1]) gab der Umstand, daß in d Praxis die Meinungen über das Arbeitsverfahren in d Langlochfräserei und die Zweckmäßigkeit der zu verwe denden Werkzeuge sehr auseinandergingen. Es wurde deshalb die bisher am meisten gebräuchlichen ein-, zwe und dreischneidigen geraden Langlochfräser in bezug a ihre Form und Arbeitsweise eingehend untersucht.

An das erzeugte Langloch werden in bezug auf sei Maßhaltigkeit vornehmlich drei Forderungen gestellt, nä lich die Einhaltung der vorgeschriebenen Länge, Tiefe u Breite. Länge und Tiefe lassen sich auf Grund der ba lichen Ausführung der Bearbeitungsmaschinen innerha der zulässigen Toleranzen ohne Schwierigkeiten einha ten, während in der Breite infolge des sogenannten Ve laufens des Fräsers Abmaße auftreten, die sich bei ne zeitlichen Fertigungsanforderungen recht unangeneh auswirken können.

Das Verlaufen des Fräsers bewirkt der auf die Lan lochschneide wirkende Schnittdruck $S$, Abb. 1, der si aus der Vorschubkraft $P_v$ und der Tangentialkraft $P_t$ z sammensetzt. Je nach Zahl und Anordnung der Schneid am Werkzeug können die an den einzelnen Schneid auftretenden Schnittdrücke resultierende Kräfte ergebe die ein Biegungsmoment auf das Werkzeug ausüben u so dessen Verlaufen bedingen.

In Abb. 2 bis 4 sind waagerecht schraffiert die Fräse querschnitte des ein-, zwei- und dreischneidigen Fräse und unter 45 ° schraffiert die von jeder Schneide bei ein Umdrehung abzunehmenden Spanquerschnitte aufgezeic net. Aus dieser Darstellung wurde durch theoretische Übe legung über den Verlauf des Schnittdruckes während ein Schnittes abgeleitet und durch pra tische Versuche belegt, daß unt dem Einfluß der Schneidenzahl d ein- und dreischneidigen Langloc fräser leichter verlaufen als d zweischneidige.

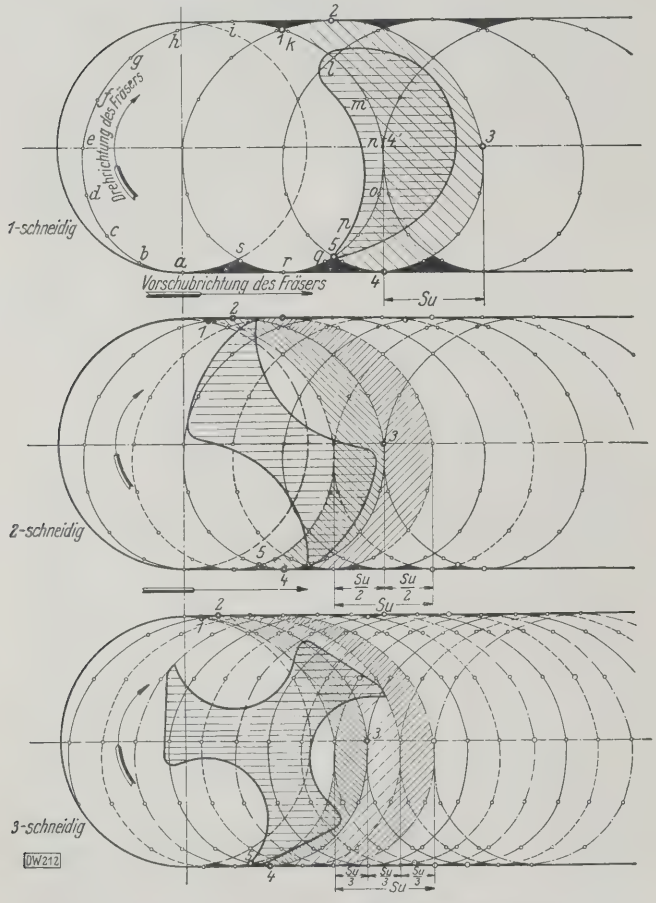



Abb. 2 bis 4.
Die Spanquerschnitte beim ein-, zwei- und dreischneidigen Fräser bei gleichem Vorschub je Umdrehung.

Zur Durchführung praktisch Versuche wurde eine besonders g baute Versuchseinrichtung benut mit der man die Leistung der Wer zeuge und die Bearbeitbarkeit d Werkstoffes messen konnte. D Arbeitsvorgang selbst wickelt si genau wie an der normalen M schine ab. Die dem Werkzeug z geführte Energie wurde durch ein Drehkraftmesser gemessen, der d auftretenden Drehmomente zwan

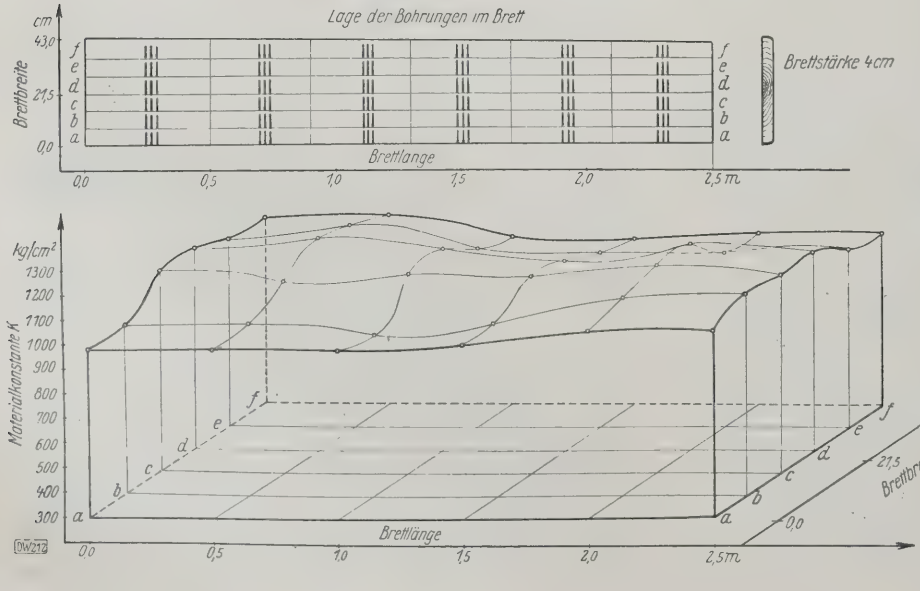



Abb. 5 und 6
Änderung der Werkstoffgrößen bei Rotbuche.
Die Werkstoffgröße wird mittel Tiefbohrproben erhalten.

[1]) Auszug aus der Arbe „Untersuchungen über das Lan lochfräsen in Holz unter bes derer Berücksichtigung des V gleichs der gebräuchlichst Fräserformen", Berichte üb betriebswissenschaftliche Arb ten Bd. 1, Berlin 1929, VDI-Verl

ıfig über den Arbeitshub aufzeichnet. Die Vorschub-schwindigkeit wurde zwangläufig durch eine einen hreibstift betätigende elektrische Kontaktuhr unter dem ehmoment aufgetragen. Die Vorschubkraft wurde mittels wichtsbelastung am beweglichen Schlitten gemessen[2]).

Das bei den Versuchen benutzte Holz wurde nach dem sichtspunkt gleicher Werkstoffgrößen ausgewählt und r die Vergleichsversuche aus einem Stamm genommen. elche Schwankungen der Werkstoffgrößen in einem Brett ftreten können, zeigt Abb. 5 und 6.

Im Rahmen dieses Auszuges sei die vergleichende Genüberstellung der Ergebnisse für die drei Fräserformen rvorgehoben. Den Einfluß der Vorschubkraft zeigt ıb. 7 bis 9. Der einschneidige Fräser weist für eine stimmte Vorschubkraft bei den drei Durchmessern den ößten Vorschub je Umdrehung bei kleinstem Drehoment auf, während beim zwei- und dreischneidigen Fräer der Vorschub je Umdrehung geringer ist.

Bei gleichem Vorschub je Umdrehung und einer bemmten Vorschubkraft sei der spezifische Schnittdruck r den einschneidigen Fräser = 1 gesetzt. Er verringert ch beim zweischneidigen entsprechend der zunehmenden hneidenzahl auf die Hälfte und beim dreischneidigen auf . Der Spanquerschnitt pro Schneide sinkt aus diesem runde in demselben Maße. Da nun, wie bereits Taylor chgewiesen hat, der Verbrauch an Arbeit für dasselbe anvolumen beim Schneiden dicker Späne verhältnisißig geringer ist als beim Schneiden feiner Späne, erlicht man mit derselben Vorschubkraft mit dem einhneidigen Fräser höhere Vorschübe als mit dem zweiıd dreischneidigen, und die Drehmomente steigen unter m Einfluß dieser Erscheinung vom ein- und dreischneigen. Auffallend ist, daß bei 10 mm Dmr. der dreischneige mit Drehmoment als auch mit Vorschub je Umdrehung fer liegt als der zweischneidige. Von 15 mm Dmr. ab gt der zweischneidige mit dem Vorschub tiefer als der eischneidige, während das Drehmoment normal steigt. ie Klärung dieser Frage ist eine Folge der verschiedeen Schneidenwinkel der drei untersuchten Fräserformen.

Der Einfluß des Brustwinkels auf Drehmoment und orschub wirkt sich wie in Abb. 10 dargestellt aus. Wir kennen, daß man mit steigendem Brustwinkel einen öheren Vorschub je Umdrehung, dafür aber auch steigens Drehmoment bei sonst gleichen Bedingungen erreicht. achmessen der Versuchswerkzeuge ergab, daß der dreihneidige den größten und der zweischneidige den kleinen Brustwinkel hat. Auf Grund dieser Tatsache müßte shalb der dreischneidige Fräser mit dem größten Brustinkel den höchsten Vorschub je Umdrehung aufweisen ıd der zweischneidige am ungünstigsten wirken.

[2]) Als Versuchswerkzeuge wurden Schnellstahlbohrer der Firma ebr. Heller, Schmalkalden, verwendet.

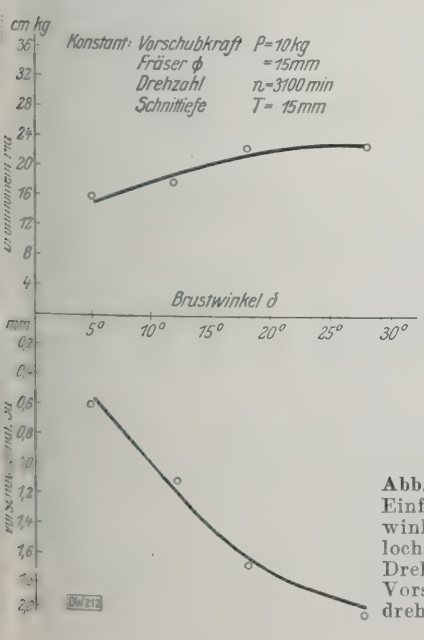



**Abb. 10**
Einfluß des Brustwinkels der Langlochschneide auf Drehmoment und Vorschub je Umdrehung.

Abb. 7 bis 9 zeigen aber, daß der einschneidige Fräser mit mittlerem Brustwinkel den größten Vorschub je Umdrehung erreicht. Der erst dafür angegebene Grund war bereits erläutert, denn wir hatten gesehen, daß der Verbrauch an Arbeit für das gleiche Spanvolumen bei der Abnahme dicker Späne verhältnismäßig geringer ist als beim Schneiden feiner Späne.

Die zweite Begründung geben die Schneidenwinkel. Der einschneidige weist einen günstigeren Brustwinkel auf als der zweischneidige Fräser. Diese Erklärung versagt für den dreischneidigen Fräser, der einen noch günstigeren Brustwinkel als der einschneidige hat, trotzdem aber mit seiner Vorschubkurve bei 10 mm Dmr. unter dem zweischneidigen und von 15 mm Dmr. ab zwischen dem ein- und zweischneidigen liegt.

Wir müssen deshalb noch einen dritten Punkt, die Spanreibung, berücksichtigen.

Bei Betrachtung des ein-, zwei- und dreischneidigen Fräsers von gleichem Durchmesser ist zu sehen, daß der auf Grund der Schneidenanordnung bei diesen Werkzeugen für die Spanbildung vorhandene Raum beim einschneidigen am günstigsten ist und beim zweischneidigen Fräser sich verschlechtert. Es wird deshalb in bezug auf die Spanreibung bei gleichen Durchmessern der dreischneidige Fräser am ungünstigsten abschneiden.

Der Vorteil, den der dreischneidige Fräser infolge seines günstigeren Brustwinkels bietet, geht infolge der großen Spanreibung wieder verloren. Die Versuchsergebnisse nach Abb. 7 bis 9 zeigen, daß bei 10 mm Dmr. die Spanreibungsverluste des dreischneidigen Fräsers den aus der günstigeren Winkelform entspringenden Vorteil überwiegen. Das Drehmoment liegt für diesen Durchmesser deshalb auch ungewöhnlich tief, da die erreichten Vorschübe gering sind. Daß sich diese Ergebnisse bei den Durchmessern von 15 mm ab zugunsten des dreischnei-

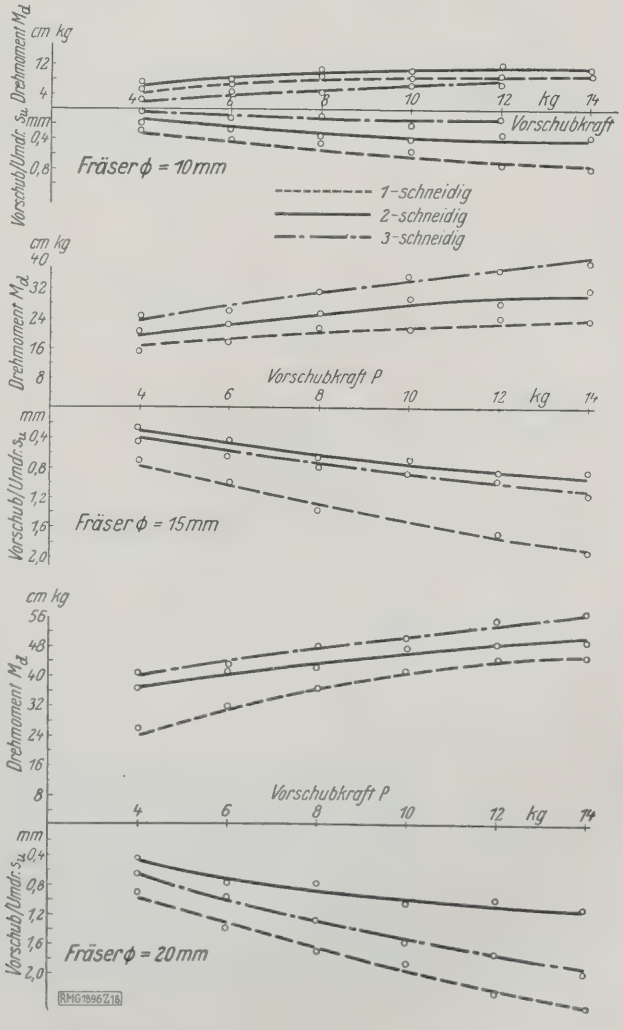



**Abb. 7 bis 9**
Einfluß der Vorschubkraft auf Drehmoment und Vorschub für verschiedene Fräserdurchmesser beim Langlochfräsen mit ein-, zwei- und dreischneidigem Fräser. Gleichbleibend: Schnittiefe $T$ = 15 mm, Drehzahl $n$ = 3100 U/min.

digen Fräsers gegenüber dem zweischneidigen etwas verschieben, ist so zu erklären, daß die dreischneidige Fräserform, da bei linear steigendem Durchmesser die für die Abführung der Späne freien Räume im Quadrat wachsen, der Spanabführung dann günstigere Bedingungen bietet. Dies wurde später auch bei den mit denselben Fräsern angestellten Tieflochbohrungen gefunden.

Die Versuche über den Einfluß der Schnittiefe wurden für die drei Fräserformen bei gleich großer Vorschubkraft vorgeführt, Abb. 11 bis 13. Bei gleich großer Vorschubkraft und zunehmender Schnittiefe verringert sich der Vorschub je Umdrehung, da der spezifische Schnittdruck abnimmt. Bei allen drei Fräserformen ist der Abfall bei geringerer Schnittiefe stärker als bei höherer, da sich günstigster Spanquerschnitt und vor allen Dingen die Spanreibungsverluste relativ stärker auswirken. Die Drehmomente steigen etwas an, da die Spanreibung bei gr Schnittiefe zunimmt. Auch hier ist deutlich wieder starke Anwachsen der Spanreibung beim dreischnei Fräser gegenüber den zwei- und einschneidigen fe stellen.

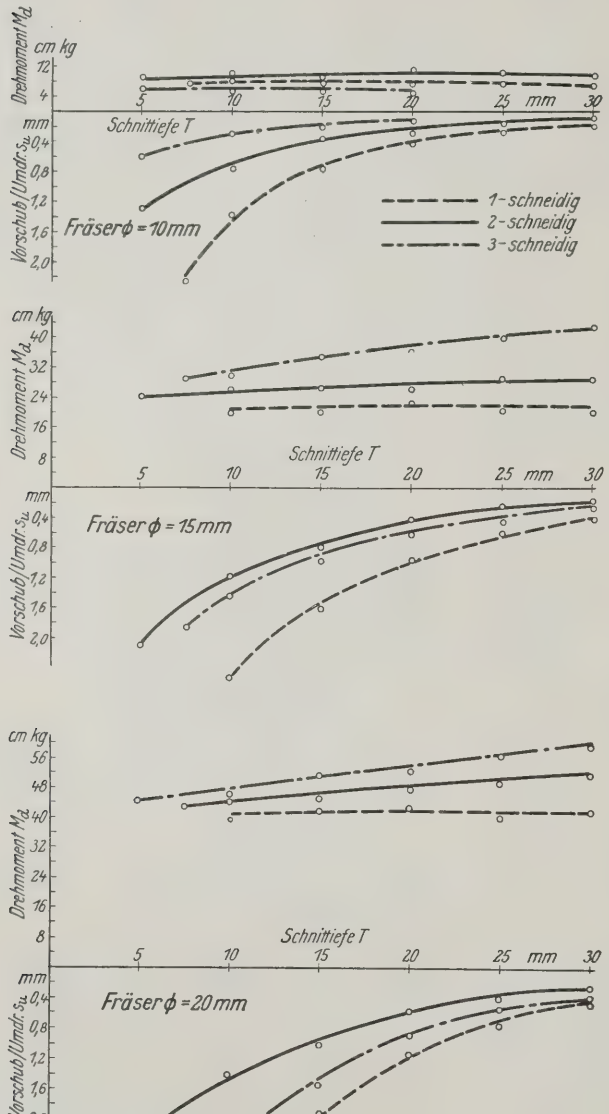



Abb. 11 bis 13
Einfluß der Schnittiefe auf Drehmoment und Vorschub je Umdrehung für verschiedene Fräserdurchmesser beim ein-, zwei- und dreischneidigen Langlochfräser.
Gleichbleibend: Vorschubkraft $P = 10$ kg, Drehzahl $n = 3100$ U/min.

Aus diesen Versuchsergebnissen kann man nun ohne weiteres auf die jeweils günstigste Schni schließen, da die Arbeitsbedingung für ein Werkzeug nur nach zahlenmäßigen Gesichtspunkten festgelegt sondern auch die Güte der unter diesen Bedingunger leisteten Arbeit zu berücksichtigen ist.

Der einschneidige Fräser weist zwar die höchste stung auf, ist aber für genaue Arbeit nicht zu gel chen, da er in großem Maß verläuft. Geeignet ist er leicht dort, wo rohe Schrupparbeit genügt. Der dreisc dige Fräser ist in bezug auf das Verlaufen ungünstige der zweischneidige, außerdem ist seine Leistung bei kl Durchmessern verhältnismäßig gering. In bezug auf der Arbeit zeigt der zweischneidige Fräser zweifellos günstigsten Ergebnisse. Zahlenmäßig ist er bis zu 1 Dmr. dem dreischneidigen überlegen, über 15 mm Dmr. trifft ihn allerdings der dreischneidige, der aber dan Energieverbrauch höher liegt. Hier sind wirtschaft Gesichtspunkte mit zu berücksichtigen. Es sei noch auf hingewiesen, daß das Verlaufen des dreischnei Fräsers mit weiter wachsendem Durchmesser verhä mäßig geringer wird, da die Fräserbeanspruchung nic dem Maße wächst, als die mit dem Durchmesse Quadrat wachsende Querschnittsfläche beansprucht den kann.

Man wird deshalb bis zu 15 mm Dmr. mit dem schneidigen Fräser arbeiten und bei größerem Durchm den dreischneidigen vorziehen. Die günstigste Sch tiefe sollte das ein- bis zweifache des Fräserdurchme betragen, wobei man bei kleinen Durchmessern nähe das einfache, bei größeren Durchmessern näher an zweifache herangehen kann.

### Zusammenfassung

Die Untersuchungen, über die hier nur zum Tei richtet werden konnte, haben folgendes ergeben:

1. Es ist festgestellt, daß Langlochfräser mit tan tialem Rückenschliff an den Langlochschneiden ein wandfreies Langlochfräsen in dem Sinne ermöglichen, nachdem das Tiefloch gebohrt ist, der Fräser durch Vorschubbewegung senkrecht zur Fräserachse das L loch schneidet. Für solche Werkzeuge ist die Lang erzeugung mittels Nebeneinandersetzen mehrerer Tiefl unwirtschaftlich.

2. Die Untersuchung der das Verlaufen der Lang fräser beeinflussenden Punkte ergibt, daß der zweisc dige Fräser die günstigste Form aufweist.

3. Vergleichende Untersuchungen über die Werk größen in verschiedenen Hölzern ergeben, daß härtere zer einen bedeutend gleichmäßigeren Verlauf der V stoffgröße aufweisen als weichere Hölzer.

4. Vergleichende Untersuchungen für drei Fräse men lassen erkennen, daß in bezug auf die Güte der A bis 15 mm Dmr. der zweischneidige Fräser, über 1 Dmr. der dreischneidige Fräser am günstigsten ist.

Die günstigste Schnittiefe soll das ein- bis zwei des Fräserdurchmessers betragen.

5. In Abhängigkeit von Leistung und Schneidhalti ist ein günstigster Brustwinkel von 12° bis 18° je Härte des Holzes festgestellt.

6. Beim Vergleich zwischen Kohlenstoff- und Sch schnittstahl mittels Abstumpfungsversuche hat sich Schnellschnittstahl auch für Holzbearbeitungswerkz als überlegen erwiesen.

7. Eine neue Fräserform wurde vorgeschlagen, be infolge der Verkleinerung der Spannuten nach dem Sc hin der am höchsten beanspruchte Querschnitt wenige schwächt und damit die Bruchgefahr verringert wir

[B 34

# Englische Verkehrs- und Kriegsflugzeuge

## auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung London 1929

Die vor einigen Jahren vom British Air Council getroffene Bestimmung, daß nach Ablauf einer gewissen Zeit keine Flugzeuge aus Holz mehr zugelassen werden, hat der Entwicklung im englischen Flugzeugbau das Gepräge gegeben. Hatte man auf der letzten englischen Luftfahrtausstellung im Jahre 1920 noch vorwiegend Flugzeuge aus Holz, die noch in der Entwicklungsrichtung der Kriegsflugzeuge standen, zu sehen bekommen, so zeigte die englische Luftfahrtindustrie in diesem Jahre in überwiegendem Maße Ganzmetall-Konstruktionen, und nur einzelne kleine Sport- und Reiseflugzeuge waren rein aus Holz hergestellt. — Ein zweites Merkmal der Londoner Schau war die Reichhaltigkeit der ausgestellten Kriegsflugzeuge. 14 Hersteller hatten Flugzeuge für Aufklärung, Kampf, Bomben- und Torpedoabwurf und Truppentransporte gezeigt, während im Verhältnis hierzu wenig (27) Verkehrs-, Sport- und Schulflugzeuge von 16 Herstellern ausgestellt waren; Großverkehrsflugzeuge englischer Herkunft waren sogar nur drei zu sehen, s. Zahlentafel 1, S. 1542.

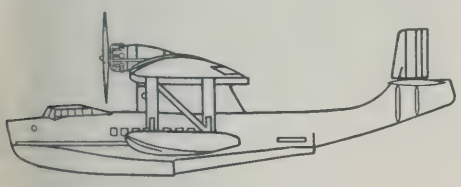
### Die Verkehrsflugzeuge

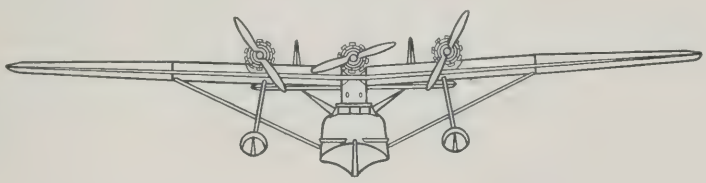
Das größte von den ausgestellten Großflugzeugen war der im Modell gezeigte Doppeldecker Nr. 42 von Handley Page Ltd., der 40 Fluggäste aufnehmen soll. Nach seiner Fertigstellung soll er in den England-Indien-Dienst eingestellt werden. Vier Motoren von je 500 PS treiben Luftschrauben. Zwei Motoren sind unter dem oberen Flügel so dicht aneinander wie möglich aufgehängt, die beiden andern stehen auf dem Unterflügel etwas weiter voneinander. Die 40 Fluggäste sind in zwei durch den Gepäckraum und den Abort in der Längsachse des Flugzeugs getrennten Kabinen untergebracht, so daß die Luftschraubenebenen keine Aufenthaltsräume schneiden.

Das erste englische Eindecker-Flugboot aus Ganzmetall für Verkehrszwecke ist der von der Blackburne Aeroplane & Motor Co. gebaute Nile, Abb. 1 bis 3, für 14 Fluggäste, dessen drei luftgekühlte Bristol-Jupiter-Motoren (je 490 PS) in die Flügel eingebaut sind. In den Flügeln sind auch die Behälter für 1,5 bis 2,7 m³ Brennstoff untergebracht, die für 4½ bis 8 Flugstunden reichen.

Das dritte ausgestellte Großverkehrsflugzeug ist das Baumuster Avro X von A. V. Roe & Co., Manchester, die neuerdings Bauerlaubnis von *Fokker* für Fokker X haben. Tatsächlich ist dieses Flugzeug auch der erste in England gebaute freitragende Hochdecker nach Fokkerbauart, der acht Fluggäste aufnehmen soll. Der Rumpf ist aus Stahlrohr geschweißt. Die Flügel sind aus Holz. Zwei Motoren sind unter dem Flügel in die Federstreben des Fahrgestells, der dritte in die Rumpfspitze eingebaut.

Nicht ausgestellt war der Doppeldecker Argosy von W. G. Armstrong, Witworth Aircraft Co. Ltd., ein dreimotoriges Doppeldecker-Landflugzeug für 20 Fluggäste, Abb. 4, bei dem die Verwindungsflächen nicht unmittelbar, sondern über Servo-Seitensteuer an den unteren Flügeln betätigt werden, Abb. 5. Dadurch soll nicht nur dem Führer die Arbeit erleichtert werden, sondern das Flugzeug soll sich beim Abrutschen selbsttätig wieder aufrichten. An Stelle der früheren unmittelbar auf die Propellerachse wirkenden luftgekühlten 500 PS-Jaguar-Motoren werden jetzt die gleichen Motoren mit Übersetzungsgetriebe ins Langsame eingebaut, um den Wirkungsgrad der Luft-





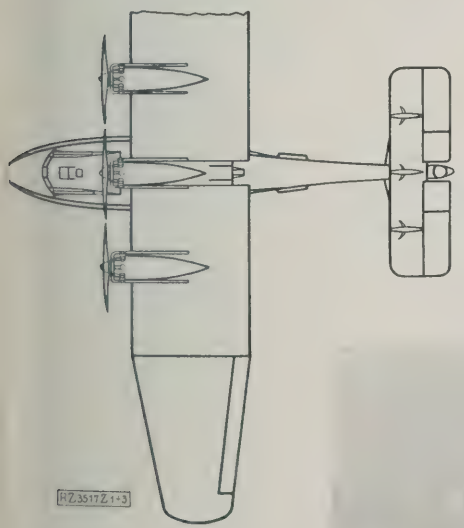
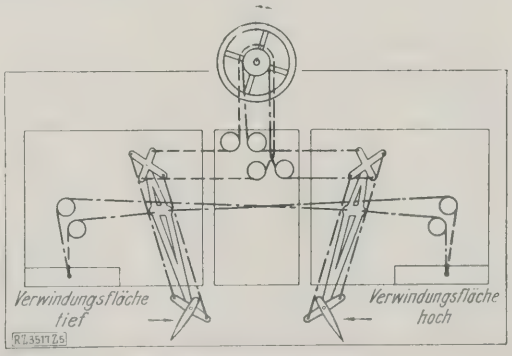


**Abb. 1 bis 3**
Eindecker-Flugboot „Nile“ mit 14 Sitzen.
The Blackburne Aeroplane & Motor Co., Ltd.

Spannweite . 30,48 m
Länge . . . . 20 m
Flügelfläche . 139,4 m²
3 Bristol-Jupiter-Motoren zu 490 PS.



Zu Abb. 4 und 5:
Spannweite . . . . . 27 m
Länge . . . . . 20,4 m
Flügelfläche . . . . . 174,0 m²
3 Armstrong-Siddeley-Jaguar-Motoren zu 500 PS.
In Abb. 5, oben rechts, die Betriebsweise des Servo-Steuers.

**Abb. 4 und 5**
Doppeldecker-Landflugzeug „Argosy“ mit 20 Sitzen.
Armstrong Witworth Aircraft, Ltd.

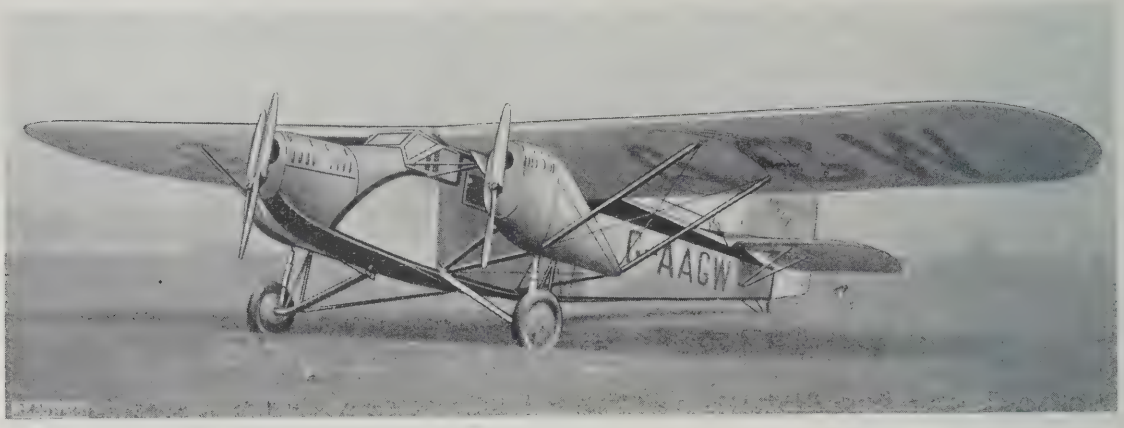



**Abb. 7**
Hochdecker-Landflugzeu „Westland IV" m 4 Sitzen. Westland Aircraft Works.

Spannweite 17,5 m
Länge 11,4 m
Flügelfläche 45,5 m²
3 Cirrus-Herm Motoren je 115 PS

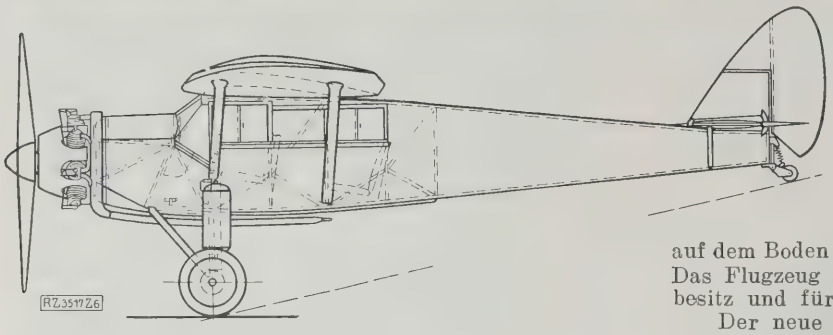



**Abb. 6**
Hochdecker-Kabinenflugzeug „Hawk Moth 4 Sitze. De Havilland Aircraft Co., Ltd.

Spannweite 14,3 m
Länge 8,86 m
Flügelfläche 28,2 m²
1 Armstrong-Siddeley-Lynx-Motor 240 PS

schrauben zu verbessern. Um die Zylinderköpfe der Motoren werden jetzt *Townend*-Ringe mit Stromlinienquerschnitt oder aus gewöhnlichem, glatten Blech gelegt, damit der Luftstrom gleichmäßig um die Motoren herumgeht und sich nicht bricht und damit Widerstände hervorruft.

Von den kleineren Verkehrsflugzeugen sind folgende als neu oder verbessert bemerkenswert: Die Hawk-Moth, der De Havilland Aircraft Co., mit luftgekühltem 240 PS-Armstrong-Siddeley-Lynx-Motor, stellt die „Innensteuer-Limousine der Luft" dar, Abb. 6. Führer und drei Fluggäste sitzen paarweise nebeneinander in der Kabine. Für Doppelsteuerung sind vor dem Sitz neben dem Führer die nötigen Vorrichtungen ausbaubar vorgesehen. Der Rumpf ist aus Stahlrohr geschweißt, die Flügel sind aus Holz. Die Brennstoffbehälter liegen in den Flügeln. Bei 240 kg Zuladung reichen 320 l Brennstoff für 1000 km Flugweite; doch können auch 375 kg Zuladung mitgeführt werden. Das Fahrgestell hat sehr große Spurweite, um eine genügende Standsicherheit und Manövrierfähigkeit auf dem Boden auch bei stärkstem Wind zu gewährleiste Das Flugzeug ist in der Hauptsache bestimmt für Priv besitz und für Zubringerdienste.

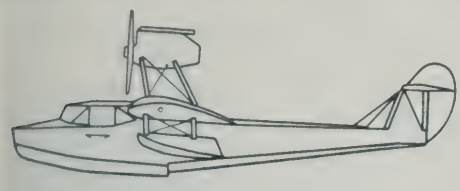
Der neue halbfreitragende Eindecker Westland I Abb. 7, der vier Fluggäste, den Führer und einen Mech niker aufnimmt, unterscheidet sich von der älteren Ba art hauptsächlich durch die Motoren. Unter den Flüg und in der Rumpfspitze werden jetzt drei luftgekühl Cirrus-Hermes-Motoren (je 105/115 PS) eingebaut, st bisher Cirrus III. Der Teil des Rumpfes, der Führ und Fluggastraum enthält, ist aus Metall und Holz, G päckraum, Rumpfende und die Flügel sind aus Ho alles andre nur aus Metall gebaut. Das Fahrgestell l 4,5 m breite Spur und ist durch Ölpuffer abgebremst. E ganz freitragender Hochdecker für die gleiche Flugga zahl ist der Avro V von A. V. Roe & Co., Ltd., der au den Flügeln, die aus Holz sind, ganz aus Stahl geschwe ist. Er entspricht ziemlich genau dem Avro X, hat al drei Genet-Major-Motoren zu 105/120 PS erhalten, die z erstenmal zu sehen waren.

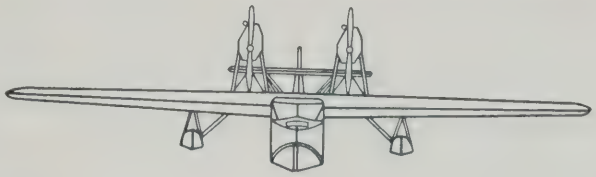
Neu ist auch der Doppeldecker 110 A der Bris Aeroplane Co., der ebenfalls außer dem Führer v Fluggäste mit 70 kg Gepäck befördern kann, und d

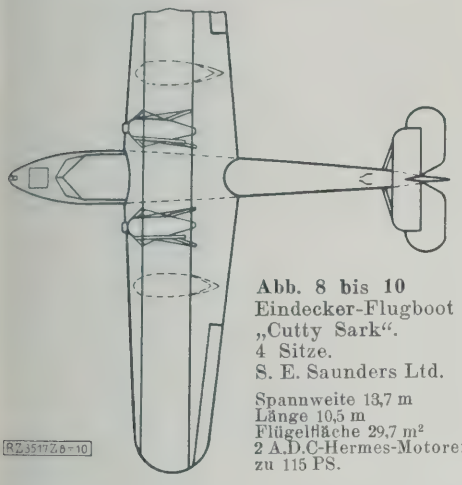
**Zahlentafel 1.** Abmessungen von englischen Verkehrs-, Spo

| Hersteller | Baumuster | Bauweise | Motoren | | Hauptmaße | | | Belastungen | | Gewichte*) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Zahl und Art | Leistung PS | Spannweite m | Länge m | Flügelfläche m² | Fläche kg/m² | Leistung kg/PS | Leer t | Zuladung t | G sa |
| Gloster ..... | Gannet | Holz | Blackburne | 35 | 5,5 (1,8) | 5,0 | 9,3 | 31,2 | 8,3 | 0,20 | 0,08 | 0, |
| ABC-Motors... | Robin | „ | Scorpion II | 40 | 7,7 (3,4) | 5,4 | 10,2 | 30,4 | 7,7 | 0,19 | 0,09 | 0, |
| De Havilland . | Gipsy Moth | Stahl-Holz | DH. Gipsy | 100 | 9,15 (3,0) | 7,3 | — | — | 7,9 | 0,436 | 0,285 | 0, |
| De Havilland . | „ „ | „ „ | „ „ | 100 | 9,15 (3,0) | 7,59 | — | — | 7,9 | 0,485 | 0,236 | 0, |
| De Havilland . | Hawk Moth | „ „ | Lynx | 240 | 14,32 (4,42) | 8,86 | 28,2 | 56,4 | 6,6 | — | 0,24 | 1, |
| Glenny & Henderson . | Gadfly | „ „ | Scorpion | 40 | 7,62 | 5,44 | 10,3 | 33 | 8,5 | 0,206 | 0,09 | 0, |
| Handley Page . | 42 | Ganz-Metall | 4 | rd. 500 | — | — | — | — | — | — | — | - |
| Hawker ..... | Tomtit | „ „ | Mongoose od. Hermes | 165 | 8,7 | 7,13 | 22,1 | 36 | 4,8 | 0,498 | — | 0, |
| Westland ..... | IV | Metall-Holz | 3 Hermes | 105/115 | 17,5 | 11,4 | 45,5 | 54,7 | 7,9 | 1,43 | 0,56 | 2, |
| Westland ..... | Widgeon IIIa | „ „ | Cirrus III | 85/95 | 11,09 (3,6) | 7,14 | 18,5 | 40,3 | 8,8 | 0,424 | 0,165 | 0, |
| Blackburne ... | Bluebird IV | Ganz-Metall | Cirrus III | 85/95 | 9,14 | 7,06 | 28,86 | 23,6 | 8 | — | 0,243 | 0, |
| Desoutter .... | — | Holz außer Fahrgestell | Cirrus III od. Hermes | 85/95 105/115 | 10,97 | 8,23 | 16,72 | 47,5 | 9,3 | 0,444 | — | 0, |
| Simmonds .... | Spartan | Metall-Holz | Cirrus III | 85/95 | 8,71 (2,87) | 7,29 | 28,5 | 22,3 | 7,5 | 0,422 | 0,10 | 0, |
| Simmonds ... | „ | „ „ | Hermes | 105/115 | „ | „ | 22,3 | 34,2 | 6,62 | 0,426 | 0,20 | 0, |
| Armstrong ... | Argosy | Ganz-Metall | 3 Jaguar | 500 | 27,08 | 20,42 | 174,0 | 50,1 | 5,8 | 5,443 | 2,268 | 8, |
| A. V. Roe .... | Avro X | Metall-Holz | 3 Lynx | 215/230 | 21,72 | 14,45 | 71,71 | 62,8 | 7,0 | — | 0,815 | 4, |
| A. V. Roe .... | „ V | „ „ | 3 Gen.-Major | 105/120 | 14,32 | 10,9 | 20,62 | 101 | 6,6 | — | 0,390 | 2, |
| A. V. Roe .... | Avian | „ „ | Genet-Major | 105/120 | 8,53 | 7,31 | — | — | 6,9 | — | — | 0, |
| Parnall ..... | Elf | „ „ | Hermes | 105/115 | 9,53 (2,41) | 6,96 | — | — | 6,5 | 0,408 | — | 0, |
| Bristol ..... | 110 A | Ganz-Metall | Neptune | 340 | 12,34 | 10,21 | 36,24 | 54 | 5,7 | — | — | 1, |
| Saunders ..... | Cutty Sark | Metall-Holz | 2 Hermes | 105/115 | 13,71 | 10,46 | 29,7 | 53,2 | 7,5 | 1,076 | 0,345 | 1, |
| Short ..... | Mussel II | Ganz-Metall | Cirrus III | 85/95 | 11,38 | 7,63 | 19,9 | 37,5 | 8,8 | 0,493 | 0,193 | 0, |
| Boulton ..... | Phönix | Metall-Holz | Scorpion | 40 | 9,14 | — | 12,5 | 30,8 | 9,6 | — | — | 0, |
| Blackburne ... | Nile | Ganz-Metall | 3 Br.-Jup. X | 490 | 30,48 | 20 | 139,4 | 67,4 | 6,4 | — | 2,700 | 9, |

*) Das Gesamtgewicht enthält auch das in Leergewicht und Zuladung nicht enthaltene Gewicht des Betriebstoffes.







RZ.3517Z.8-10

**Abb. 8 bis 10**
Eindecker-Flugboot „Cutty Sark".
4 Sitze.
S. E. Saunders Ltd.

Spannweite 13,7 m
Länge 10,5 m
Flügelfläche 29,7 m²
2 A.D.C-Hermes-Motoren zu 115 PS.

ren hauptsächlich auch auf Zubringerlinien verwendet den soll. Er ist ganz aus Stahl gebaut. Als Antriebschine wird der neue luftgekühlte Bristol-Neptune II- or (340 PS) eingebaut.

Unter finanzieller Beteiligung von A. V. Roe und n Lord ist von S. E. Saunders jetzt als erstes Ergebnis Zusammenarbeit ein viersitziges Flugboot, Cutty k, Abb. 8 bis 10, herausgebracht worden, dessen freiende Flügel aus Holz, der Rumpf aus Duralumin dessen Steuerteile aus Stahl bestehen. Der Bootskörper st kurz hinter dem Schwerpunkt des Flugzeuges nur e Stufe auf und ist so konstruiert, daß das Boot im sser nur geringen Widerstand hat. Bei teilweise unhtem Bootskörper tragen die Seitenschwimmer das t, bei vollständigem Leckwerden halten die Flügel Flugzeug über Wasser. Zum erstenmal an Flugbooten d hier Wasserruder an der Seite angebaut, die auch Bremse benutzt werden können, wenn man sie auf den Seiten gleich weit ausklappt. Die beiden A. D. C.-toren (je 105/115 PS) stehen in Stahlrohrgestellen auf Flügeln. Doppelte Steuerung kann, wenn nötig, anschlagen werden.

### Kleinflugzeuge

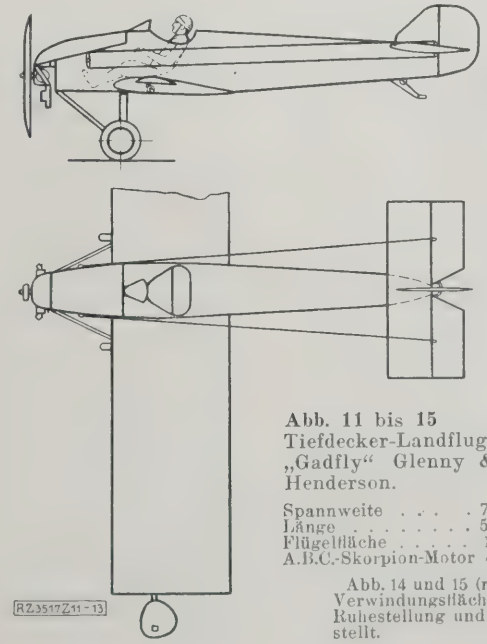
Das kleinste Kabinenflugzeug der Ausstellung zeigten A. B. C.-Motors, Ltd., mit ihrem einsitzigen halbfreitragenden Hochdecker Robin. Bisher hatte diese Firma nur ihre beiden bewährten luftgekühlten Motoren gebaut, den 40 PS-Scorpion und den 70 PS-Hornet, beweist aber mit diesem Landflugzeug in Holzbauweise, daß sie auch im Flugzeugbau Gutes leisten kann. Der 40 PS-Scorpion-Motor mit zwei in einer Achse liegenden Zylindern ist in die Rumpfspitze eingebaut. Mit zusammengeklappten Flügeln ist das Flugzeug 3,4 m breit bei einer Spannweite von 7,7 m. Die Spurweite des Fahrgestells beträgt 1,5 m. Von den drei ausgestellten De Havilland Gipsy Moth-Doppeldeckern, einem Landflugzeug, einem Wasserflugzeug und einem Kabinenflugzeug, ist nur das letzte in Holzbauweise ausgeführt, während bei den beiden andern der Rumpf aus Stahlrohr geschweißt ist. Die Flügel bestehen auch bei diesem aus Holz. Alle drei Flugzeuge sind hauptsächlich für den Privatbesitz, dann aber auch für Sport-, Übungs- und Schulzwecke bestimmt.

Billig und einfach ein einsitziges Flugzeug für den Privatbesitz zu bauen, war das Konstruktionsprinzip für das Baumuster Gadfly von Glenny & Henderson, Abb. 11 bis 15. Es ist kein zusammenklappbares Flugzeug, aber der aus einem Stück bestehende Flügel, der unter dem Rumpf in einer Aussparung liegt, kann schnell und leicht abgenommen werden. Das ganze Flugzeug besteht aus Sperrholz. Kennzeichnend sind die drehbaren Verwindungsflächen, Abb. 14 und 15, die in Ruhestellung etwa um 4 ° zueinander geneigt sind. In der äußersten Stellung steht die eine um — 6 ° zur Tragfläche geneigt, die andere um + 40 °.

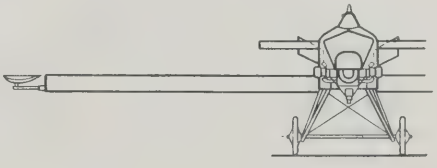
In geschickter Weise hat auch O. E. Simmonds, Aircraft, Ltd., ein billiges Kleinflugzeug zustande gebracht, dadurch, daß er für seinen in der Hauptsache aus Holz gebauten Spartan ganz besondere Konstruktionswege ging. Die Flügel sind bikonvex und sämtlich ganz gleich; ebenfalls sind auch die beiden Teile des Höhensteuers und das Seitenruder, Abb. 16, und die beiden Seiten des Fahrgestells gleich. Für das ganze Flugzeug braucht er daher weniger als ein halbes Dutzend Ersatzteile dieser

d Schulflugzeugen

| ise-re-win-gk. n/h | Lande-ge-schwin-digk. km/h | Flug-gast-zahl | Flugzeug-art |
|---|---|---|---|
| 03 | 57 | Sport | Landfl. |
| 38 | 65 | „ | „ |
| 36 | 66 | „ | „ |
| 120 | 69 | „ | See |
| 200 | 85 | 3 | Land |
| 116 | 73 | Sport | „ |
| — | — | 40 | „ |
| 122 | — | Schul | „ |
| 160 | — | 4 | „ |
| 140 | — | 1 | „ |
| 130 | 70 | Schul | Ld. od. See |
| 120 | — | 2 | „ |
| 35 | 65 | Sport | Land |
| 50 | 72 | 2 | „ |
| 50 | — | 20 | „ |
| 60 | — | 8 | „ |
| 60 | — | 4 | „ |
| 40 | — | Schul | Ld. od. See |
| 61 | 64,5 | „ | „ |
| 190 | 95 | 4 | Land |
| 36 | — | 4 | See |
| 64 | 77,3 | Schul | „ |
| 40 | 65 | Sport | Land |
| 69 | 96 | 14 | See |



RZ.3517Z.11-13



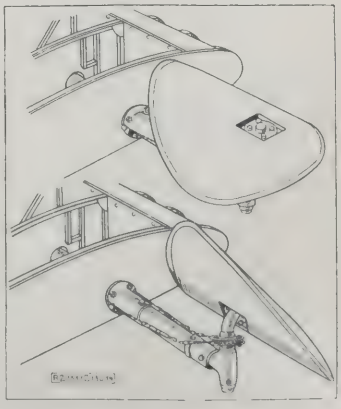


**Abb. 11 bis 15**
Tiefdecker-Landflugzeug „Gadfly" Glenny & Henderson.

Spannweite . . . . 7,6 m
Länge . . . . . 5,4 „
Flügelfläche . . . . . 10,3 m²
A.B.C.-Skorpion-Motor 40 PS.

Abb. 14 und 15 (rechts) Verwindungsfläche in Ruhestellung und angestellt.

Art. Die Flügel sind zusammenklappbar. Ausgerüstet ist das Flugzeug mit einem luftgekühlten 85/95 PS-Cirrus III-Motor. Nach gleichen Grundsätzen sind auch das dreisitzige Flugzeug mit einem 115 PS-Cirrus-Hermes-Motor und das Kabinenflugzeug ausgeführt.

Als bemerkenswert an dem Schulflugzeug Tomtit von H. G. Hawker, Engineering Co., ist zu erwähnen, daß der Fluglehrer von seinem Sitz aus über den Schüler eine Kappe stülpen kann, um den Schüler auf Blindfliegen zu schulen. Zu diesem Zwecke sind Höhen-, Neigungs- und Richtungsmesser an dem Instrumentenbrett angebracht, die durch eine besondere Flutlichtanlage beleuchtet werden. Der Doppeldecker besteht ganz aus Metall, hauptsächlich Stahl. Er erhält einen A. D. C.-Hermes- oder Armstrong-Siddeley-Mongoose-Motor (165 PS).

Der zweisitzige Hochdecker Widgeon III a der Westland Aircraft Works, der für Sport-, Reise- und Schulzwecke bestimmt ist, soll nach kürzlichen Meldungen von dieser Firma nicht mehr weiter gebaut werden. Vielmehr will sie alle Baurechte verkaufen, um nur noch den Westland IV zu bauen. Es handelt sich um einen halbfreitragenden, zusammenklappbaren Hochdecker von verhältnismäßig großer Spannweite, dessen Flügel aus Holz und dessen andre Teile aus Metall sind.

Neben ihrem Großflugboot Nile und drei Kriegsflugzeugen zeigte The Blackburn Aeroplane & Motor Co. noch ein neues Ganzmetallflugzeug mit Cirrus III-Motor, den Bluebird IV, dessen zwei Sitze zum Zwecke des Schulens nebeneinander angeordnet sind. An Stelle des Fahrgestells können Schwimmer angebracht werden. Das Mittelteil zwischen den zusammenklappbaren Flügeln ist als Brennstoffbehälter in Stromlinienquerschnitt eingerichtet; es kann leicht abgenommen werden, wenn das Flugzeug zusammengeklappt werden soll. Der Rumpf besteht aus vier lösbaren Teilen, dem Motorträger (Stahlrohr und Duralumin), dem Mittelteil mit den Sitzen (Stahlrohrlängsträger und Duraluminversteifungen), dem hinteren Teil des Rumpfes und dem Schwanzende (beide aus Stahlrohr).

Für zwei Fluggäste außer dem Führer ist das neue freitragende Hochdecker-Kabinenflugzeug der Desoutter

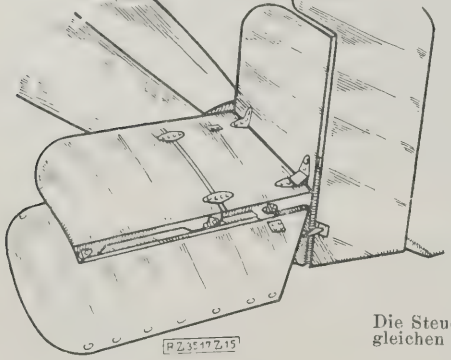


**Abb. 16**
Höhen- und Seitensteuer des Doppeldecker-Landflugzeugs „Spartan", O. E. Simmonds Aircraft Ltd.

Die Steuer werden aus ganz gleichen Elementen zusammengesetzt.

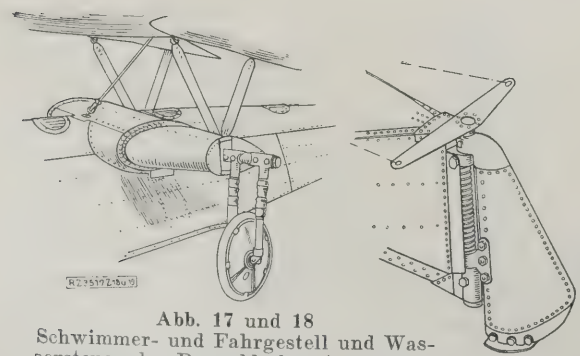


**Abb. 17 und 18**
Schwimmer- und Fahrgestell und Wassersteuer des Doppeldecker-Amphibienflugzeuges „Gipsy Moth". 2 Sitze.

De Havilland Aircraft Co., Ltd., und Short Brothers, Ltd. Die Räder werden durch ein Schneckenradgetriebe von Hand auf und ab geschwenkt. — Das abgefederte Wassersteuer dient beim Landen als Schwanzsporn.

Aircraft Co. eingerichtet, das sich deshalb besonders den Dienst auf Zubringerlinien eignen soll. Außer das Fahrgestell, die Motorträger und die Verbindu stücke ist nur Holz verwendet worden. Gummiisolie gen gegen die Übertragung der Schwingungen sind den Motorträgern und zwischen den Verwindungsflä und ihren Steuergestängen vorgesehen. Als Ant maschine wird entweder ein 85/95 PS-Cirrus III- oder 105/115 PS-Hermes-Motor eingebaut, so daß der K aufwand je Fluggast nur 45 bis 55 PS beträgt. — A unter diesen Kleinflugzeugen ist A. V. Roe vertreten, zwar mit dem älteren Avian, einem Doppeldecker zwei Sitzen für Reisen und Schulen. Der Rumpf ist Stahlrohr geschweißt, die zusammenklappbaren Fl bestehen aus Holz. Er wird mit dem neuen 105/120 Genet-Major-Motor ausgerüstet.

Gerade zur Ausstellung haben George Parnall & ihren neuen Doppeldecker, den zweisitzigen Elf her gebracht, dessen zusammenklappbare Flügel stark hinten gezogen sind. Die oberen Flügel sind bedeu größer als die unteren; beide Flügelpaare sind aus die Streben aus Stahl mit Stromlinienquerschnitt. Rumpf besteht aus Sperrholz.

Erwähnt seien hier schließlich noch der neue tragende Tiefdecker Mussel II von Short, ein z sitziges Seeflugzeug ganz aus Duralumin mit Fl bespannung aus Stoff, eine Gipsy-Moth mit Amphit fahrgestell, Abb. 17 und 18, und der zweisitzige Phoe Eindecker von Boulton & Paul.

### Kriegsflugzeuge

Die größte Zahl der ausgestellten Kriegsflugze waren Ein- oder Zweisitzer, die für Kampf oder teidigung bestimmt sind. In gleicher Stärke waren klärungs- und Bombenflugzeuge vertreten, eines di dem Truppentransport. Dreizehn waren Landflugze drei Wasserflugzeuge, fünf Bordflugzeuge, darunter geeignet für Katapultstart von Unterseebooten, und übrigen konnten nach Bedarf mit Fahrgestell, Schw mern oder auch mit Skiern ausgerüstet werden. Die G metall-Bauweise herrscht jetzt bei Kriegsflugzeugen Nur zwei bestanden aus Holz und Metall.

Zwei Einsitzer-Kampfflugzeuge zeigte die Glo Aircraft Co., den Gnatsnapper und einen andern Dop decker, der für schnelle Steigmöglichkeit in große H und hohe Geschwindigkeit dortselbst konstruiert Beide haben zwei Maschinengewehre an den Seiten Rumpfes in Flugrichtung, deren Schußlinien durch Luftschraubenebene gehen. Sie sind mit Bristol-Mot ausgerüstet, der Gnatsnapper mit einem Mercury II und andre mit einem Mercury II a von 500 PS Leistung. B sind als Landflugzeuge gebaut, der Gnatsnapper, der mit Schwimmern versehen werden kann, ist auch für B zwecke geeignet. — Der einsitzige Doppeldecker Hornet Hawker, ein einstieliges Kampfflugzeug für die teidigung von Bombenflugzeugen, soll mit seinem R Royce-Motor der schnellste Kampfeinsitzer der Welt

Das einzige Flugzeug der Ausstellung, dessen Flü bespannung aus Metall (Duralumin) besteht, war Kampfeinsitzer Nr. 151 von Vickers Aviation, Ltd., dem das englische Luftfahrtministerium allerd noch Versuche anstellt, so daß nähere Ang über Leistungen nicht gemacht werden dürfen. Die Fli stehen in V-Form. Ausgerüstet ist das Flugzeug einem Bristol-Merkur II a-Motor von 500 PS Leist Ein Maschinengewehr ist rechts an den Rumpf in F richtung eingebaut. — Die Schwesterfirma W. G. A strong Witworth Aircraft, Ltd., zeigte einen neuen Ka einsitzer AW XIV, der dem älteren Siskin sehr ähn ist, aber größere Geschwindigkeit und Steigfähigkeit weist, da er weniger reichhaltig ausgerüstet ist. Die Fl sind bikonvex, die unteren bedeutend kleiner als die obe Ein Armstrong-Siddeley-Jaguar-Motor von 500 PS soll Höchstgeschwindigkeit von 280 km/h in 4500 m H erreichen lassen. Die Steigzeit beträgt 17,5 min 6000 m.

Nach längeren und eingehenden Versuchen haben englischen Luftstreitkräfte mehrere der bewährten F dog-Kampfeinsitzer der Bristol Aeroplane Co., Ltd.,

pannweite 26,62 m Länge 13,14 m
usammengeklappt 13,49 m Flügelfläche 202,34 m²
2 Napier-Lion-Motoren zu 530 PS

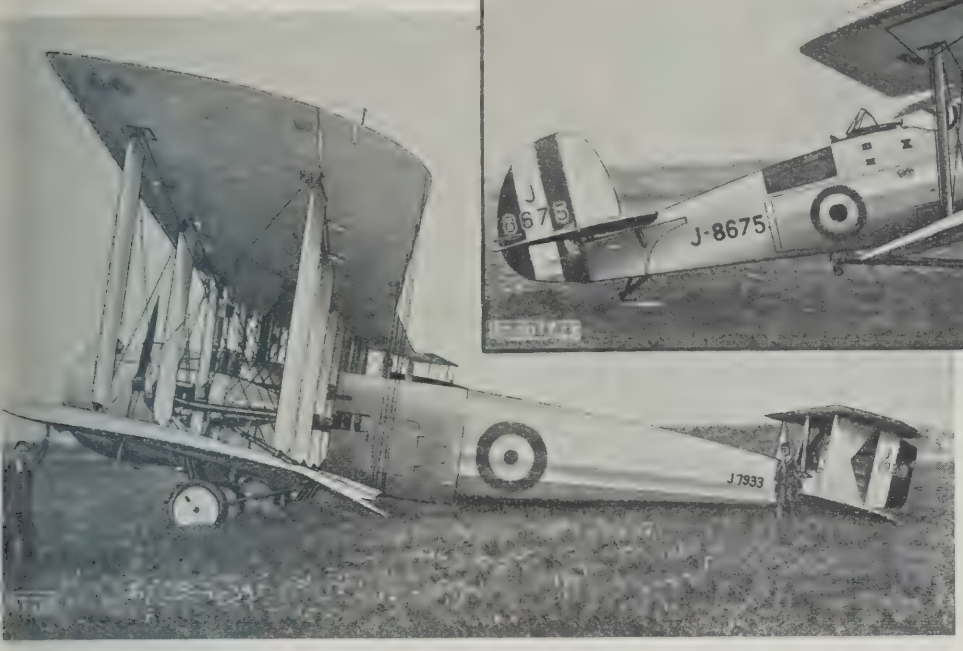



Abb. 24
Doppeldecker-Truppentransport- und Bombenflugzeug „Victoria IV". 22 Sitze. Vickers Aviation, Ltd.

. Bei diesem Doppeldecker mit verschieden langen breiten, versetzten Flügeln ist eine gute Sicht für Führer dadurch gewährleistet, daß die Ecken der gel am Rumpf sehr weit abgeschnitten und abgerundet . Das Flugzeug ist fast ganz aus Stahl gebaut. Als tärische Ausrüstung hat es zwei Maschinengewehre len Rumpfseiten und 1200 Schuß Munition.

Mit zwei Kampfeinsitzern war die Fairey Aviation vertreten, dem Firefly II und einem diesem sehr ähnn Doppeldecker für Bordzwecke, der auch als Seezeug gebaut werden kann. Beide sind ganz aus ll mit Stoffbespannung. Die Flügel sind stark ver-, die oberen bedeutend breiter als die unteren. Um e Wendigkeit zu gewährleisten, sind die Verwinsflächen bei dem Firefly schmal, haben aber einen en Anstellwinkel. — Für Patrouillendienste ist der itzige Ganzmetall-Doppeldecker Lincock von The kburn Aeroplane & Motor Co., Ltd., bestimmt, der mit feststehenden Maschinengewehren ausgerüstet werkann. Er soll 300 kg militärische Last mitführen en. Er ist neu entstanden aus dem älteren Flugr gleicher Art in Holzbauweise. Der Rumpf und die elholme bestehen aus Stahlrohr, die Flügelrippen Duralumin. Der obere Flügel geht wie bei dem Bauer Nautilus der gleichen Firma durch und die un- sind leicht V-förmig von dem Rumpf nach außen gezogen.

Die ausgestellten zweisitzigen Kriegsflugzeuge waren durchweg für Kampf und Aufklärung, zum Teil auch Bombenabwurf bestimmt, wie z. B. das Baumuster von H. G. Hawker Engg. Co., Ltd., ein einstieliger zmetall-Doppeldecker mit zurückgesetzten Unterln. Da er besonders für Aufklärung im Flottenverbestimmt ist, kann er auch auf Schwimmer gesetzt len. Er trägt ein Maschinengewehr an der linken und ein im Ring drehbares auf dem Sitz des Beobers. Die Bombenladung von 250 kg wird unter den eln aufgehängt. Ein ähnliches Bomben- und Aufungsflugzeug ist das Baumuster Hare von Handley , Ltd., das allerdings nicht gezeigt wurde. Es ist ielig ohne weitere Verspannung, wie sie bei dem rwähnten zu sehen ist, eine für Bombenflugzeuge erkenswerte Bauart.

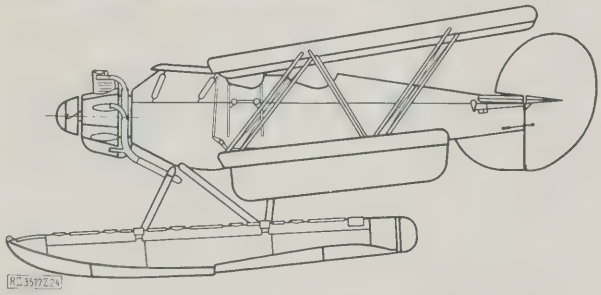


Abb. 20
Doppeldecker-Aufklärungsflugzeug „Peto" für Katapultstart. 2 Sitze. George Parnall & Co.
Spannweite 8,66 m, zusammengeklappt 2,44 m; Länge 6,86 m, 1 Armstrong-Siddeley-Mongoose-Motor 135 PS

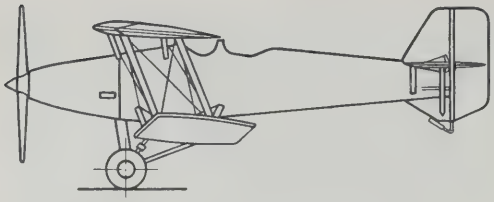


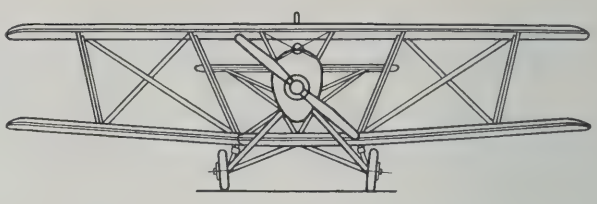

Abb. 19
Doppeldecker-Kampf- und Bombenflugzeug „Atlas", 2 Sitze. Armstrong Witworth-Aircraft Ltd.
Spannweite 12,04 m
Länge 8,69 m
Flügelfläche 36,33 m²

Auch der Doppeldecker Atlas von Armstrong Witworth Aircraft, Ltd., Abb. 19, ist ein Zweisitzer, der für diese drei Zwecke benutzt werden kann. Für Aufklärung enthält er eine eingebaute Lichtbildkammer und einen Sender. Die beiden Maschinengewehre sind an der Seite und auf dem Beobachtersitz im Ring drehbar untergebracht. Das Flugzeug kann außerdem vier Bomben zu 50 kg mitführen. Die unteren zurückgesetzten Flügel sind bedeutend kleiner als die oberen. Das Flugzeug ist fast ganz aus Stahl; für Seedienst kann es auf Schwimmer oder auch auf ein Skigestell gesetzt werden. Als Antrieb dient ein 500 PS-Jaguar-Motor. — Als drittes, diesen beiden sehr ähnliches, zweisitziges Flugzeug ist das Baumuster Antelope von A. V. Roe & Co., Ltd., zu nennen, ein Doppeldecker-Landflugzeug mit gleicher Bewaffnung in Duralumin- und Stahlbauweise, das mit einem Rolls Royce F XI B-Motor ausgerüstet ist.

Das kleinste, zweisitzige Aufklärungsflugzeug baut G. Parnall & Co. mit seinem Peto, einem Doppeldecker-Wasserflugzeug mit zurückklappbaren Flügeln, Abb. 20. Wegen seiner Kleinheit ist es auch für Katapultstart von Unterseebooten aus geeignet. Es ist das einzige Flugzeug, bei dem der Rumpf vollkommen aus Holzträgern und die Flügel aus Holzrahmen mit Stoffbespannung bestehen. Alle andern Teile sind aus Stahl gebaut. Kurzwellensender und -empfänger sind vorgesehen. Ein 135 PS-Mongoose-Motor dient zum Antrieb.

Als neuestes Zweisitzer-Kampfflugzeug zeigte die Blackburne Aeroplane & Motor Co. ihren Nautilus, einen





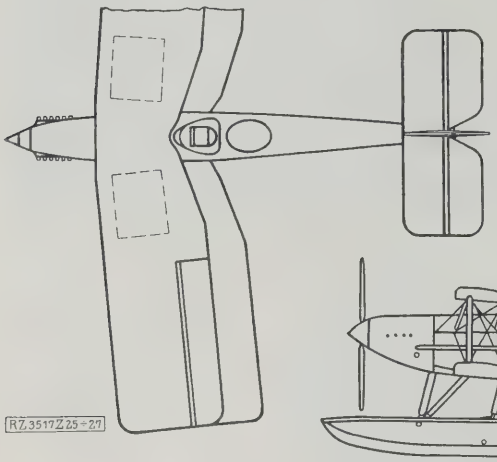
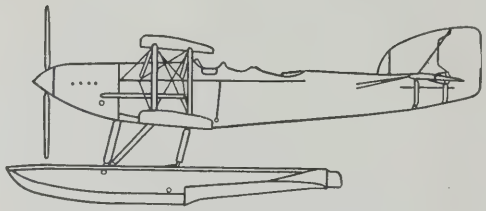


**Abb. 21 bis 23**
Doppeldecker-Kampfflugzeug „Nautilus". 2 Sitze.
Blackburne-Aeroplane & Motor Co., Ltd.
1 Rolls-Royce-F-Motor 480 PS.



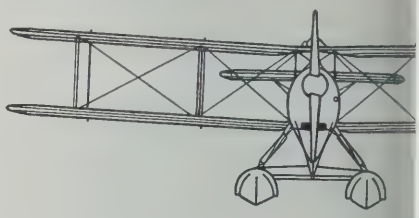


**Abb. 25 und 26** (unten)
Doppeldecker-Wasserflugzeug „III F". 3 Sitze.
Fairey Aviation Co., Ltd.
Spannweite 13,9 m, zusammengeklappt 4,4 m, Länge 10,0 m
1 Napier-Lion-Motor 530 PS.

RZ 3517 Z 25+27

zweistieligen Doppeldecker mit durchgehendem oberen Flügel und in V-Form angeordneten, zurückgesetzten Unterflügeln, Abb. 21 und 23. Alle Flügel sind etwas nach hinten gezogen. Das Flugzeug, das für Bordzwecke bestimmt ist, besteht ganz aus Metall.

Auch in dieser Klasse war die Fairey Aviation Co., Ltd., mit zwei Flugzeugen vertreten, dem einstieligen Doppeldecker Fox und einem neuen 1½-Decker-Seeflugzeug. Der Rumpfvorderteil des Fox ist aus Stahlrohr geschweißt, der hintere Teil und die Flügel bestehen aus Holz. Als Bewaffnung führt dieses Flugzeug ein Maschinengewehr an der Seite in Flugrichtung und ein zweites im drehbaren Ring über dem Beobachtersitz. Die Bombenlast besteht aus zwei 100 kg-Bomben oder vier 50 kg-Bomben oder zwei Reihen mit je vier 10 kg-Bomben. Die Flügel des andern für Seeaufklärung bestimmten Ganzmetall-Flugzeuges sind zusammenklappbar; der untere ist dabei sehr weit gegen den oberen zurückgesetzt und mit ihm nur mit einem Stiel auf jeder Seite verbunden.

Die andern ausgestellten größeren Kriegsflugzeuge dienten den verschiedensten Zwecken. Die größte Bombenlast von allen ausgestellten Flugzeugen können die Hinaidi von Handley Page, Ltd., (680 kg) und die Victoria, Abb. 24, von Vickers mitführen, deren eigentliche Zweckbestimmung der Truppentransport (22 Mann) in den englischen Kolonien oder Gliedstaaten ist. Beide haben auch zwei Maschinengewehre, Baumuster Hinaidi zwei in Ringen drehbare und Baumuster Victoria ein festes an der Seite in der Flugrichtung und ein drehbares. Die Flügel des letzteren sind zusammenklappbar.

Für fünf Mann Besatzung ist das Doppeldeck-Flugboot Southampton der Supermarine Aviation Works, Ltd., eingerichtet, ein Großkampfflugzeug, das außer drei drehbaren Maschinengewehren noch Bomben oder zwei 18″-Torpedos mitführt. Neuerdings wird es nur in Ganzmetall ausgeführt. Bereits auf dem Flug England – Australien – England 1927/28 haben sich vier von diesen Booten, die mit zwei 470 PS-Napier-Lion XI-Motoren ausgerüstet sind, bewährt.

Bekannt ist auch das Flughoot Singapore von Short Bros. durch den 37 000 km-Flug von Alan Cobham rund um Afrika. Es ist das erste Ganzmetall-Flugboot, das in England gebaut worden ist. Das ausgestellte Flugzeug ist jetzt jedoch mit zwei Rolls-Royce H X-Motoren ausgerüstet statt, wie früher, mit Condor-Motoren. Auch ist der Rumpf verlängert worden.

Mit ihrem Sidestrand III haben Boulton & Paul, Ltd., nach vielen Windkanalversuchen jetzt ein zweimotoriges Doppeldecker-Landflugzeug herausgebracht, das fast die gleichen Leistungen erreichen soll wie ein einmotori bei gleicher Flächen- und Leistungsbelastung. Es drei drehbare Maschinengewehre und kann 226 kg B ben mitführen. Die beiden 480 PS-Bristol-Jupiter V Motoren sind in die unteren Flügel eingebaut.

In erster Linie für Torpedoabwurf ist Ripon II der Blackburne Aeroplane & Motors Co., Ltd., bestimmt zweisitziges Doppeldecker-Landflugzeug mit ei 530 PS-Napier-Lion XIa-Motor; es wird in Ganzmetall aus Holz und Stahlrohr gebaut. Der Torpedo wird Fahrgestell aufgehängt. Über dem Beobachtersitz ist drehbares Maschinengewehr vorgesehen.

Ein ganz allgemein verwendbares Kriegsflugzeug der Doppeldecker III F der Fairey Aviation Co., der als Land- und als Seeflugzeug ausgestellt war, Abb und 26. Von den zwei Mann Besatzung außer dem rer werden zwei Maschinengewehre und 200 kg Bom last bedient. Rumpf und Flügel sind zum größten aus Stahlrohr geschweißt; die Flügel sind zusamm klappbar. Von diesem Baumuster sollen schon 200 St in der Welt fliegen.

### Sonderflugzeuge

Ein von Gloster ausgestellter Ganz-Metall-Dop decker Survey ist sowohl zur friedlichen Landesaufna wie auch für Kriegszwecke geeignet. Er enthält eingebaute Luftbildkammern. Ausgerüstet ist er mit z 465 PS-Jupiter XI-Motoren, die in den unteren Flü liegen; doch können auch andre Motoren eingebaut v den. Der Rumpf besteht aus drei Teilen mit Stahl- Duraluminversteifungen und -trägern. Die vorderen T sind mit Aluminium bespannt, der hintere Teil mit S Die Flügel haben Holme aus Stahl und Rippen aus D lumin. Der Führersitz befindet sich in der Rumpfs vor den Propellerebenen, um gute Übersichtlichkeit Photographieren zu gewährleisten.

Fairey Aviation Co. zeigte noch ihr Langstrec flugzeug, einen Hochdecker in Metall- und Holzbauw mit 25 m Spannweite, 14,8 m Länge und 83,6 m² Flü fläche. Er wird ausgerüstet mit einem 570 PS-Nap Lion-Motor in der Rumpfspitze, hinter dem unmitte der Führersitz liegt. Dieses Flugzeug, das 4500 l Br stoff in den Behältern im Flügel mitführt, hat ber in einem ununterbrochenen Flug von England nach In (6700 km in 50½ Stunden) seine Zweckdienlichkeit wiesen, und andre Fernflüge sollen noch unternom werden, um die bestehende Höchstleistung im Fern zu überbieten. [B 351

Berlin Dipl.-Ing. *F. Isermann*

# euartige Schwimmkrane n Hamburger Hafen

n *Oberbaurat Dipl.-Ing. O. WUNDRAM, Hamburg*

***Zwei dieselelektrisch betriebene Schwimmkrane werden nach Art und Ausführung des Kraftantriebes, des Schwimmkörpers und des eigentlichen Kranes beschrieben. — Gründe für die Wahl der Antriebart.***

n August dieses Jahres wurden für die Hamburgische Kaiverwaltung zwei Schwimmkrane, Abb. 1, in Betrieb stellt, die in mehr als einer Hinsicht Neues bieten. merkenswert ist zunächst, daß man diese Schwimmane, obwohl ihr Schwimmkörper als rechteckiges nton sehr von der gewöhnlichen Schiffsform abweicht, bstfahrend eingerichtet hat, und zwar mit Hilfe eier von Dieselmotoren angetriebenen Schrauben. lbstfahrende Schwimmkrane sind sehr selten; mit Dieselschinen betriebene Kranpontons waren bislang in utschland überhaupt nicht vorhanden.

### Der Kraftantrieb

Die beiden Krane zu je 25 t Tragkraft werden ktrisch betrieben; den elektrischen Strom liefern zwei eichstromerzeuger, die unmittelbar mit den Dieselotoren gekuppelt sind. Für die Wahl von Dieselmotoren rach im Gegensatz zum Dampfantrieb die stete Beebsbereitschaft ohne Leerlaufkosten, die bei Dampf türlich nur unter ständiger Feuerung der Kessel erreichen ist. Der starre Zusammenbau von Dieselotor mit Stromerzeuger und seine Kupplung mit der iffsschraube über ein Wendegetriebe ergab sich s der Überlegung, daß entweder nur der Fahrantrieb m Verholen des Schwimmkrans an seine Arbeitstelle braucht wird oder aber nur der Strom zum Betrieb des anes. Im ersten Fall läuft der Anker der Stromzeuger leer mit, im zweiten Fall werden die Schrauben gekuppelt. Gleichzeitige Kraftentnahme für beide vecke kommt, obwohl möglich, praktisch nicht vor.

Die Bemessung der Kranleistung und der nötigen hrgeschwindigkeit ergab für jeden der beiden Dieselotoren eines Schwimmkranes eine Leistung von 120 PS i 360 U/min (einfachwirkender Zweizylinder-Viertaktotor ohne Verdichter). Die Drehzahl kann man zwien 375 und 90 U/min einstellen.

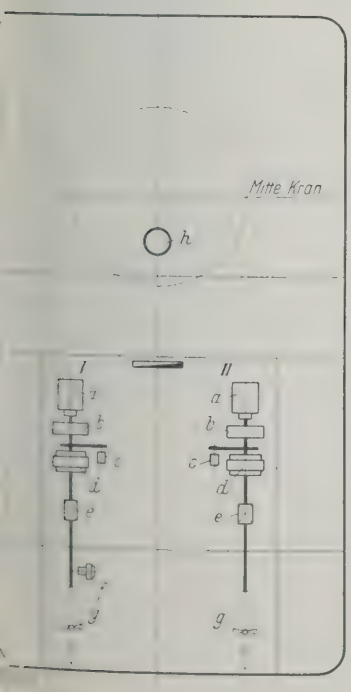



**Abb. 2**
Antriebeinrichtungen des Schwimmkranes.

*a* Dieselmotor
*b* Schwungrad
*c* Erregermaschine
*d* Stromerzeuger
*e* Wendegetriebe mit Kupplung
*f* Benzindynamo für Licht
*g* Schiffsschraube
*h* Umschaltwalze für folgende Betriebstellungen:

0. Nullstelluug
1. Stromerzeuger I für Hubwerk
   Stromerzeuger II für Dreh- u. Einziehwerk
2. Stromerzeuger II für Hubwerk
   Stromerzeuger I für Dreh- u. Einziehwerk
3. Stromerzeuger I für Hubwerk
4. Stromerzeuger I für Dreh- u. Einziehwerk
5. Stromerzeuger II für Hubwerk
6. Stromerzeuger II für Dreh- u. Einziehwerk

**Abb. 1**
Schwimmkran von 25 t Tragkraft im Hamburger Hafen.

Für Schraubenantrieb ist der Dieselmotor gut erprobt, nicht aber für Schwerlastkrane. Man konnte natürlich die Kraft von den Stromerzeugern (je 92 kW) aus dem Maschinenraum des Schwimmkörpers zum Drehkran nur elektrisch übertragen, ohne allerdings damit die Wahl der Steuerungsart ohne weiteres festzulegen. Reine Widerstandschaltung, wie sie für die Dreh- und Auslegereinziehbewegung das Richtige war, kam für den Hubantrieb nicht in Frage, weil sie weder für den Dieselmotor noch für den Kranbetrieb genügend stoßfrei gearbeitet hätte. Die für solche Fälle allein brauchbare Leonardschaltung machte es wiederum unmöglich, Dreh-, Einzieh- und Hubbewegung gleichzeitig von einem einzigen Stromerzeuger aus zu betreiben. Als passende Lösung ergab sich daher die Aufstellung von je zwei Dieselmotoren und Stromerzeugern für jeden Schwimmkran mit folgenden Betriebsmöglichkeiten, Abb. 2:

Antrieb zweier Schrauben (zwecks leichterer Steuerung des Schwimmkörpers) unter Zwischenschalten eines auskuppelbaren Wendegetriebes (Brevogetriebe);

Antrieb des Hubkranmotors von einer Dieseldynamo mit Leonardbetrieb, Antrieb der Dreh- und Einziehmotoren vor der zweiten Dieseldynamo mit gleichbleibender Netzspannung;

beide Gleichstromerzeuger können wechselseitig auf die eine oder andre Spannungserzeugung umgeschaltet werden.

Für die Wahl von je z w e i Dieselmotoren für jeden Schwimmkran war außerdem der Gedanke des Notersatzes maßgebend; denn es ist die Möglichkeit gegeben, den Schwimmkran genügend sicher mit e i n e m Dieselmotor zu fahren, als auch den Kraftstrom von e i n e m Stromerzeuger zu beziehen, den man dann von der Leonardschaltung beim Heben jeweils zum Drehen und Einziehen auf die Gleichspannung umschalten muß. Den Magnetisierungsstrom der Hauptstromerzeuger liefert je eine besondre Erregermaschine mit Riemenantrieb, die gleichzeitig auch zur Lichtstromerzeugung dient. Die Notwendigkeit des Umschaltens ergab zusammen mit den bei elektrischen Schwerlastkranen nötigen Schützen- und Sicherheitsteuerungen einen recht verwickelten Schaltplan. Außer dem Kranantrieb

Abb. 3
Schwimmkörper auf der Werft.

gehören zur elektrischen Anlage noch die Lichtanlage, die bei Stillstand der Hauptmaschinen von einer besonderen kleinen, durch einen Benzinmotor betriebenen Dynamomaschine gespeist wird, und die Kraftanlage für je ein Spill und eine Ankerwinde.

**Bauausführung des Schwimmkörpers**

Eine weitere Besonderheit dieser Schwimmkrane liegt darin, daß der Verfasser, um praktische Vergleichwerte zwischen Nietung und elektrischer Schweißung zu gewinnen, den Schwimmkörper des einen Kranes nieten, den des andern vollständig schweißen ließ. Der Schwimmkörper, Abb. 3, hat 26 m Länge, 14,7 m Breite und 2,67 m Seitenhöhe. Die Gewichtersparnis infolge Schweißens betrug rd. 30 t (165 t Gesamtgewicht gegenüber 195 t). Außenhaut, Spanten, Stringer, Schottwände, Wellenbüchsen, Balanceruder, Maschinen- und Kranunterbauten usw. wurden so vollkommen geschweißt, daß der Schwimmkörper keine einzige Schraube oder Niete aufweist. Die Schweißung wurde mit Gleichstrom und blanken Elektroden ausgeführt. Außenhaut und sonstige Blechwände hat man stumpf zusammengeschweißt, Spanten in unterbrochener Kehlschweißung befestigt. Besonders die geschweißten Maschinenfundamente erwiesen sich gegenüber den genieteten als besser geformt und steifer.

Die Oberfläche der beiden Schwimmkörper ist so ausgebildet, daß sie 100 t Decklast mitnehmen können. Außer dem Maschinenraum und den Kranunterbauten sind im Schwimmkörper Mannschafts- und Vorratsräume untergebracht.

Die Probefahrt ergab bei mittleren Strom- und Windverhältnissen und normaler Maschinenbelastung von 130 PS eine Schiffsgeschwindigkeit von 6,5 Kn. Die Steuerfähigkeit erwies sich sowohl mit den Balancerudern wie auch mit den beiden Schrauben (7 m Wellenabstan als äußerst wirksam. Das ist natürlich bei schwimmend Hebezeugen im verkehrreichen Hafen von besondrer deutung.

**Der Kran**

hat 25 t Höchsttragfähigkeit bei 14 m Ausladung u 25 m Höchstausladung bei 10 t Tragkraft. Die höchs nutzbare Hakenstellung über Wasser beträgt 35 m. Hubgeschwindigkeit liegt je nach der Last zwischen 0,1 und 0,5 m/s. Der Hubmotor hat 80 kW Leistung; die G schwindigkeit kann man außer durch Leonardschaltu noch durch Feldschwächen des Motors regeln. Zum E ziehen des Auslegers unter Last zwischen der größt Ausladung (25 m) und der kleinsten (7 m) braucht m 2½ min. Der Antriebmotor von 68 kW überträgt die B wegung mittels Schraubenspindel und wandernder Mutt auf den Ausleger. Zum Drehen des Kranes (Schien ringdurchmesser 7 m) dient ein Motor von 25 kW. Aufbau des Kranes ist bemerkenswert, daß das Winde haus im 1. Geschoß und das Kranführerhaus im 3. G schoß sich mit dem Kran drehen, dagegen ist d Steuerhaus im 2. Geschoß, das seine Stellung zur Läng achse des Schwimmkörpers beibehalten muß, durch d Königszapfen fest mit dem Schiff verbunden.

Bei der Probebelastung der Krane mit den Arbei lasten ergab sich eine Neigung um die Längsachse d Schwimmkörpers von rd. 2° und mit 60 vH Überla von rd. 5°; hierbei ist eine große Standsicherheit g währleistet, da erst bei rd. 10° Neigung der Freibo gleich null wird. Für den Fall fahrlässiger Überlastu des Kranes ist ein Quecksilberschalter vorgesehen, d bei unzulässiger Schieflage des Schwimmkörpers d Kranstrom ausschaltet.

Die sehr leistungsfähigen Krane werden im Betri des Hamburger Hafens besonders für den Umschlag d Güter verwendet, deren Gewicht die Tragfähigkeit d üblichen Kaikrane (3 t bis 5 t) übersteigt und doch nic so groß ist, als daß sich das Verholen der Seeschif unter die einzelnen landfesten Schwerlastkrane lohn Außerdem sind die Schwimmkrane bei Bau- und Einba arbeiten für Hafen- und Schiffszwecke gelegentlich v Nutzen.

Von den Hauptlieferwerken der beiden unter d Leitung der Baubehörde, Strom- und Hafenbau bescha ten Schwimmkrane seien erwähnt: Die Deutsche Wer A.-G., Hamburg, für die Schwimmkörper, und mit i die Linke-Hofmann-Werke, Breslau, für die Dies maschinen; das Eisenwerk (vorm. Nagel & Kaemp), A.- Hamburg, für die Krane; die Siemens-Schuckertwerk Berlin, für die elektrische Ausrüstung. [B 3521]

## Technik in der Forstwirtschaft

Die Fachsitzung „Landwirtschaftstechnik“ anläßlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure 1929 wurde von der Arbeitsgemeinschaft „Technik in der Landwirtschaft“ (ATL) durchgeführt; sie war wie die andern Fachtagungen auf das Grundthema „Holz“ eingestellt. Den einleitenden Vortrag hielt der Geschäftsführer des Ausschusses Technik in der Forstwirtschaft (ATF), der nach dem Muster der ATL in der Forstwirtschaft eine neuzeitliche Technik fördern will. Oberförster Dr. *v. Monroy*, Berlin, gab in seinem Vortrag „Die Technik im Wirtschaftswalde“ einen fesselnden Überblick über die völlig verschiedene Art, in der die waldreichen Länder der Erde ihre Forstwirtschaft betreiben, soweit man überhaupt von einer Forstwirtschaft sprechen kann; denn auch hier schwankt die Wirtschaftsweise — wie in der Landwirtschaft — je nach Klima und geographischer Lage zwischen völlig extensiver „wilder“ und hoch intensiver mit allen Mitteln neuzeitlicher Technik betriebener Wirtschaftsweise. Der Wert der Ausführungen *v. Monroys* liegt besonders darin, daß er die Wirtschaftsweisen fast durchweg aus eigener Anschauung auf ein Weltreise kennen gelernt hat.

Kennzeichnend war die völlig unterschiedliche Art, der sodann Oberregierungs- und Forstrat *Ring*, Gumbinne als Praktiker das Thema auffaßte. Wenn *v. Monroy* au keineswegs als „Theoretiker“ angesprochen werden kann so war es doch überaus lehrreich, wie der zweite Redner d Nutzanwendung der Entwicklung neuzeitlicher Technik a reiner verantwortlicher Praktiker für die besonders schwi rigen Verhältnisse des ostpreußischen Wirtschaftswald zog. Auch er ist durchaus ein Verkünder neuzeitlich Technik, die auch im ostpreußischen Wirtschaftswalde d Vorbedingung für einen angemessenen wirtschaftlichen E folg ist. Seine Ausführungen zeigten aber, wie verfel es in der Forstwirtschaft — genau wie in der Landwir schaft — ist, die technischen Errungenschaften, die si unter bestimmten Verhältnissen als ausgezeichnet bewäh haben, ohne weiteres auch in solchen Gegenden als wir schaftlich nutzbringend zu bezeichnen und anzuwenden, d unter ganz andern klimatischen, Boden- und dergl. Verhä nissen stehen. [N 3645] *Brauer*

[1]) *v. Monroy* ist Herausgeber des Buches „Holz“, Berlin 1929.

# Die Streckenbewetterung durch Lutten
## mit selbständigem Bewetterungsantrieb

*Von Dipl.-Ing. J. MAERCKS, Bergschule Bochum*

***Als Antriebkraft für die Luttenbewetterung haben sich die Strömungsdüse und die mechanische Düse, mit Druckluft arbeitend, durchgesetzt. Die erreichten Wirkungsgrade sind bei der mechanischen Düse erheblich besser als bei der Strömungsdüse. Dort, wo die Erwärmung der Wetter keine Rolle spielt, ist der schlagwettersichere elektrische Antrieb vorteilhaft. Die baulichen Ausführungen werden besprochen und verglichen und die Düsen- und Schaufelausführungen einer Kritik unterzogen.***

ie unter der Bezeichnung Sonderbewetterung zusammengefaßten Bewetterungseinrichtungen benutzen nicht den Hauptlüfter erzeugten Wetterstrom, sondern arbeiten besonderem Kraftantrieb. Als solcher hat sich in den lagwettergruben des Ruhrkohlenbezirks die Druckluftldüse endgültig durchgesetzt. Sie arbeitet als Strögsdüse und als mechanische Düse.

Die Strömungsdüse ist der einfachste und in der chaffung billigste Kraftantrieb. Der aus einer Düse von s 5 mm Bohrung mit großer Geschwindigkeit austretende ckluftstrahl reißt die ihn umgebende Luft mit und erzt in dem Luttenrohr eine stetige Luftströmung.

Die mechanische Düse ist eine einfache Strahle, die den Druckluftstrahl auf die Schaufeln einer Luftine treten läßt. Der Schaufelkranz der Turbine wird Radarmen gehalten, die als Schraubenflächen ausgebilsind. Turbine und Schraubenlüfter bilden also ein eins Rad, das mit geringen Widerständen in Kugellagern t. Diese Bauart ist die leichteste, die ein maschineller rieb überhaupt haben kann, sie ist bezüglich Wartung Betriebsicherheit allen bisherigen Antriebskonstruktioüberlegen und arbeitet außerdem noch mit höherer tschaftlichkeit als diese. Der bisher verwendete Drehenantrieb, der sorgfältige Wartung und Schmierung angte, ist daher gänzlich verdrängt worden.

Das Arbeitsgebiet beider Bewetterungsverfahren liegt te scharf umrissen fest. Das Ergebnis konnte nur aus rehenden Versuchen, bei denen Wettermengen, Druckn, Luftverbrauch und Wirkungsgrad gemessen wurgewonnen werden.

### Versuchsergebnisse mit Strömungsdüsen

#### Die einfache Strömungsdüse

Eine einfache Düse mit 3 mm Bohrung wurde bei 4 at rdruck in einem 400 mm-Luttenrohr untersucht. Es bet:

$Q$ Wettermenge in m³/min,
$V$ Wettermenge in m³/s,
$v$ Wettergeschwindigkeit im Luttenrohr in m/s,
$h_s$ statische Druckhöhe am Anfang der Lutte in mm W.-S.,
$h_d$ dynamische Druckhöhe in mm W.-S.,
$h = h_s + h_d$ gesamte Druckhöhe in mm W.-S.,
$\eta_{is}$ isothermischer Wirkungsgrad $= \dfrac{\text{Nutzarbeit}}{\left\{\text{is. Arbeitsvermögen der verbrauchten Druckluft}\right\}}$

dynamische Druckhöhe ist

$$h_d = \frac{v^2}{2g}\gamma \text{ mm W.-S.}$$

Raumgewicht der Luft ist bei allen Versuchen mit

$$\gamma = 1{,}25 \text{ kg/m}^3.$$

esetzt. Hiermit wird

$$h_d = \frac{v^2}{2 \cdot 9{,}81} \cdot 1{,}25 = 0{,}0638\, v^2 .$$

Nutzleistung berechnet sich nach der Gleichung

$$L = V h \text{ mkg/s}.$$

Der Saugluftverbrauch für 1 PSh wird, wenn man die lenwerte der ersten Zeile, Zahlentafel 1, nimmt, in ender Weise berechnet:

0,023 PSh erfordern 29,4 m³ Saugluft
(stündlicher Luftverbrauch der Düse)

1 PSh erfordert $\dfrac{29{,}4}{0{,}023} = 1278$ m³ Saugluft.

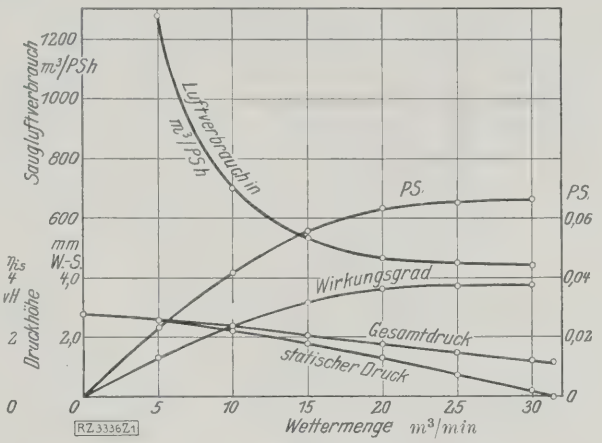



**Abb. 1**
3 mm-Strahldüse bei 4 at in 400 mm weitem Luttenrohr.

Ein Luftverbrauch in dieser Höhe ist natürlich sehr unwirtschaftlich, denn für Druckluftantriebe mit Kolbenmaschinen rechnet man mit einem Luftverbrauch von 40 bis 100 m³/PSh. Dementsprechend ist auch der isothermische Wirkungsgrad sehr schlecht.

Das isothermische Arbeitsvermögen von 1 m³ Saugluft, auf 4 at verdichtet, beträgt 16 090 mkg, der Arbeitswert von 1 PSh 270 000 mkg; hiermit errechnet sich der isothermische Wirkungsgrad zu

$$\eta_{is} = \frac{270\,000}{16\,090 \times \text{Luftverbrauch für 1 PSh}} = \frac{16{,}75}{\text{Luftverbrauch}}.$$

Bei einem Luftverbrauch von 1278 m³/PSh ist demnach der isothermische Wirkungsgrad der Strömungsdüse

$$\eta_{is} = \frac{16{,}75}{1278} = 0{,}013\,,$$

d. h. nur 1,3 vH der verfügbaren Luftenergie wird in Nutzarbeit umgesetzt.

In Abb. 1 sind die Versuchswerte als Ordinaten zu den minutlichen Wettermengen-Abszissen aufgetragen.

Je geringer die Widerstandhöhe $h$ wird, um so größer werden die Wettermengen; Kraftverbrauch und Wirkungsgrad steigen mit zunehmender Wettermenge an. Der beste Wirkungsgrad beträgt 3,9 vH, bei 0,06 bis 0,07 PS ist Luftnutzleistung. Da diese Leistung außerordentlich klein ist, wird man keinen besonderen Antriebmotor hierfür bauen können, und deswegen wird man auch in Zukunft für solche kleinen Leistungen die Strömungsdüse beibehalten müssen. Daß für diese geringen Luftleistungen die Strömungsdüse immerhin noch wirtschaftlich arbeitet, zeigt die letzte Zeile der Zahlentafel 1, aus der zu entnehmen ist, daß man mit 1 m³ Saugluft bis zu 64,5 m³ Wetter liefern kann. Bei dem höchsten Wirkungsgrad von 3,9 vH ist der Luftverbrauch für 1 PSh auf 430 m³ heruntergegangen.

#### Das Lurgi-Strahlgebläse

Das Lurgi-Strahlgebläse arbeitet mit einer einfachen Strahldüse; diese hat aber eine größere Bohrung als die sonst gebräuchlichen Düsen. Die Düse bläst in eine Rohrverjüngung, die sich nach der Art des Venturirohres wieder erweitert. Im ersten Teil des Venturirohres findet eine Umsetzung von Druck in kinetische Energie, im zweiten Teil eine Umsetzung von kinetischer Energie in Druck statt. In-

**Zahlentafel 1**

Die einfache 3 mm-Düse bei 4 at. Saugluftverbrauch $q = 0{,}49$ m³/min = 29,4 m³/h. Vergl. Abb. 1.

| $Q$ | $V$ | $v$ | $h_s$ | $h_d$ | $h$ | Düsenleistung | | Saugluftverbrauch | $\eta_{is}$ | Wettermenge auf 1 m³ Saugluft |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³/min | m³/s | m/s | mm W.-S. | mm W.-S. | mm W.-S. | mkg/s | PS | m³/PSh | | m³ |
| 5 | 0,0833 | 0,667 | 2,55 | 0,03 | 2,58 | 1,72 | 0,023 | 1278 | 0,013 | 10,2 |
| 10 | 0,1666 | 1,334 | 2,25 | 0,11 | 2,36 | 3,15 | 0,042 | 700 | 0,024 | 20,4 |
| 15 | 0,2500 | 2,000 | 1,80 | 0,26 | 2,06 | 4,12 | 0,055 | 535 | 0,031 | 30,6 |
| 20 | 0,3333 | 2,668 | 1,30 | 0,46 | 1,76 | 4,70 | 0,063 | 466 | 0,036 | 40,8 |
| 25 | 0,4166 | 3,335 | 0,75 | 0,71 | 1,46 | 4,86 | 0,065 | 453 | 0,037 | 51,0 |
| 30 | 0,5000 | 4,000 | 0,20 | 1,02 | 1,22 | 4,88 | 0,065 | 446 | 0,038 | 61,2 |
| 31,6 | 0,5266 | 4,210 | 0,00 | 1,12 | 1,12 | 5,14 | 0,069 | 430 | 0,039 | 64,5 |

**Zahlentafel 2**

Das Lurgi-Strahlgebläse bei 4 at. Saugluftverbrauch $q = 2{,}2$ m³/min = 132 m³/h.

| $Q$ | $V$ | $v$ | $h_s$ | $h_d$ | $h$ | Düsenleistung | | Saugluftverbrauch | $\eta_{is}$ | Wettermenge auf 1 m³ Saugluft |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³/min | m³/s | m/s | mm W.-S. | mm W.-S. | mm W.-S. | mkg/s | PS | m³/PSh | | m³ |
| 10 | 0,1666 | 1,334 | 70,0 | 0,1 | 70,1 | 11,7 | 0,156 | 846 | 0,0198 | 4,54 |
| 20 | 0,3333 | 2,668 | 57,0 | 0,5 | 57,5 | 19,2 | 0,256 | 516 | 0,0325 | 9,08 |
| 30 | 0,5000 | 4,000 | 43,8 | 1,0 | 44,8 | 22,4 | 0,300 | 440 | 0,0381 | 13,62 |
| 40 | 0,6666 | 5,336 | 30,0 | 1,8 | 31,8 | 21,2 | 0,283 | 467 | 0,0360 | 18,16 |
| 50 | 0,8340 | 6,670 | 16,5 | 2,8 | 19,3 | 16,1 | 0,215 | 614 | 0,0273 | 22,70 |
| 60 | 1,0000 | 8,000 | 3,5 | 4,1 | 7,6 | 7,6 | 0,101 | 1320 | 0,0127 | 27,24 |
| 62 | 1,0333 | 8,300 | 0,0 | 4,8 | 4,8 | 5,0 | 0,067 | 1880 | 0,0090 | 28,30 |

**Zahlentafel 3**

500 mm-Gebläse mit einer Düse bei 4 at. Saugluftverbrauch $q = 1{,}6$ m³/min = 96 m³/h.

| $Q$ | $V$ | $v$ | $h_s$ | $h_d$ | $h$ | Gebläseleistung | | Saugluftverbrauch | $\eta_{is}$ | Wettermenge auf 1 m³ Saugluft |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³/min | m³/s | m/s | mm W.-S. | mm W.-S. | mm W.-S. | mkg/s | PS | m³/PSh | | m³ |
| 0 | 0 | 0 | 81 | 0 | 81 | — | — | — | — | — |
| 25 | 0,417 | 2,125 | 70 | 0,3 | 70,3 | 29,8 | 0,40 | 240 | 0,070 | 15,62 |
| 50 | 0,833 | 4,250 | 59 | 1,2 | 60,2 | 50,2 | 0,67 | 143 | 0,117 | 31,24 |
| 75 | 1,250 | 6,375 | 47 | 2,6 | 49,6 | 62,2 | 0,83 | 116 | 0,145 | 46,86 |
| 100 | 1,666 | 8,500 | 32 | 4,6 | 36,6 | 61,1 | 0,82 | 118 | 0,142 | 62,48 |
| 125 | 2,083 | 10,625 | 14 | 7,1 | 21,1 | 44,2 | 0,59 | 163 | 0,103 | 78,10 |
| 140 | 2,333 | 11,900 | — | 9,1 | 9,1 | 21,2 | 0,28 | 339 | 0,05 | 87,50 |

folgedessen kann die Strömungsdüse größere Widerstände überwinden, so daß sie bei langen Luttenleitungen noch reichliche Wettermengen liefert.

In Abb. 2 und Zahlentafel 2 sind die Versuchswerte aufgetragen. Der statische Druck fällt bei zunehmender Wettermenge geradlinig ab. Die Widerstandhöhen, die das Strahlgebläse überwinden kann, sind überraschend groß, sie steigen bis über 80 mm W.-S. Das beste Arbeitsgebiet liegt zwischen 40 bis 50 mm Widerstandhöhe, denn hier erreicht die Wirkungsgradkurve ihren Höchstwert von 3.8 vH und die Luftverbrauchskurve ihren kleinsten Wert, nämlich 440 m³/PSh. Die effektive Luftleistung bleibt auch hier noch verhältnismäßig klein, 0,3 PS ist die größte Leistung. Rechnet man über Tage mit einer Kompressorarbeit von 1 PS für je 10 m³/h Ansaugmenge, so ist der Übertagekraftbedarf des Strahlgebläses bei 132 m³/h Saugluftverbrauch schon 13,2 PS, während die 3 mm-Düse bei 29,4 m³/h Saugluftverbrauch nur 2,94 PS erfordert.

Je größer der Widerstand wird, gegen den die Wetter bewegt werden müssen, um so teurer wird die Wetterbewegung. Das zeigt sich beim Strahlgebläse darin, daß mit 1 m³ Saugluft nur noch 4,54 bis 28,3 m³ Wetter geliefert werden.

### Vergleich zwischen Strahldüse und Strahlgebläse

Man will die Wetterbewegung möglichst wirtschaftlich gestalten, d. h. man will mit einem kleinen Luftverbrauch große Wettermengen bewegen. Ist $Q$ die minutlich gelieferte Wettermenge und $q$ der minutliche Saugluftverbrauch der Bewetterungseinrichtung, so ist

$$\varepsilon = \frac{Q}{q}$$

die spezifische Wettermenge, d. h. die Wettermenge, die mit 1 m³ Saugluft geliefert wird. Je größer die spezifische Wettermenge ist, um so billiger arbeitet die Bewetterungs-

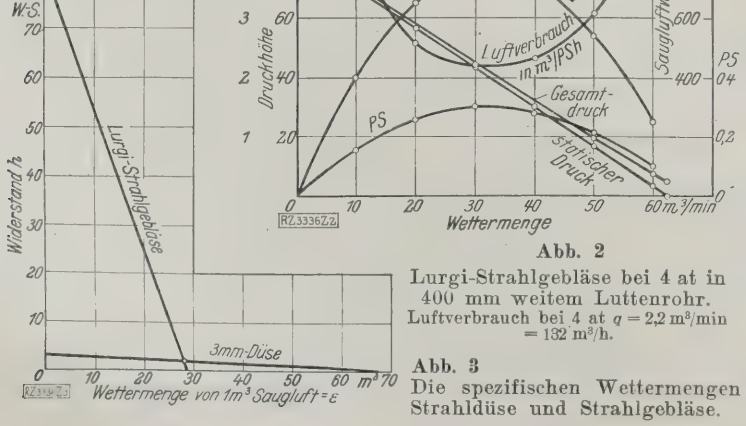



**Abb. 2**
Lurgi-Strahlgebläse bei 4 at in 400 mm weitem Luttenrohr.
Luftverbrauch bei 4 at $q = 2{,}2$ m³/min = 132 m³/h.

**Abb. 3**
Die spezifischen Wettermengen von Strahldüse und Strahlgebläse.

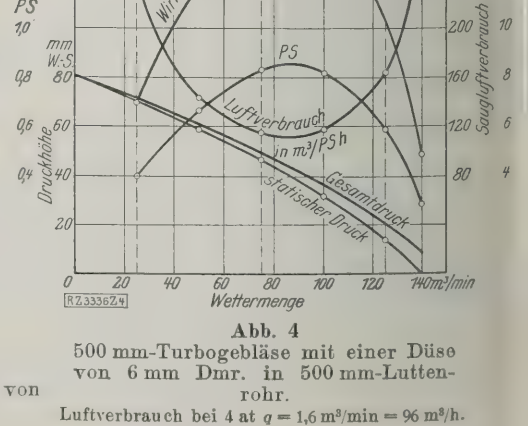



**Abb. 4**
500 mm-Turbogebläse mit einer Düse von 6 mm Dmr. in 500 mm-Luttenrohr.
Luftverbrauch bei 4 at $q = 1{,}6$ m³/min = 96 m³/h.

Zahlentafel 4. 500 mm-Gebläse mit zwei Düsen bei 4 at. Saugluftverbrauch $q = 3{,}1$ m³/min = 186 m³/h.

| $Q$ | $V$ | $v$ | $h_s$ | $h_d$ | $h$ | Gebläseleistung | | Saugluftverbrauch | $\eta_{is}$ | Wettermenge auf 1 m³ Saugluft |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³/min | m³/s | m/s | mm W.-S. | mm W.-S | mm W.-S. | mkg/s | PS | m³/PSh | | m³ |
| 0 | — | — | 163 | — | 163 | — | — | — | — | — |
| 25 | 0,417 | 2,125 | 147 | 0,3 | 147,3 | 61,5 | 0,82 | 227 | 0,074 | 8,06 |
| 50 | 0,833 | 4,250 | 130 | 1,2 | 131,2 | 109,5 | 1,46 | 127 | 0,132 | 16,12 |
| 75 | 1,250 | 6,375 | 112 | 2,6 | 114,6 | 143,2 | 1,91 | 97 | 0,172 | 24,18 |
| 100 | 1,666 | 8,500 | 96 | 4,6 | 100,6 | 168,0 | 2,24 | 83 | 0,201 | 32,24 |
| 125 | 2,083 | 10,625 | 79 | 7,1 | 86,1 | 180,0 | 2,40 | 78 | 0,216 | 40,30 |
| 150 | 2,500 | 12,750 | 59 | 10,3 | 69,3 | 174,0 | 2,32 | 80 | 0,209 | 48,36 |
| 175 | 2,916 | 14,875 | 32 | 14,1 | 46,1 | 134,5 | 1,80 | 103 | 0,162 | 56,42 |
| 200 | 3,333 | 17,000 | — | 18,5 | 18,5 | 61,5 | 0,82 | 227 | 0,074 | 64,48 |

**Zahlentafel 5**
Schraubengebläse 400 mm Dmr., elektrischer Antrieb.

| $Q$ | $V$ | $v$ | $h_s$ | $h_d$ | $h$ | Gebläseleistung | | Motor | Gesamt-Wirkungsgrad |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³/min | m³/s | m/s | mm W.-S. | mm W.-S. | mm W.-S. | mkg/s | PS | PS | $\eta$ |
| 0 | — | — | 90,0 | — | 90,0 | — | — | 2,16 | — |
| 45,7 | 0,76 | 6,1 | 41,0 | 2,3 | 43,3 | 33,0 | 0,44 | 1,33 | 0,33 |
| 62,5 | 1,04 | 8,3 | 23,0 | 4,2 | 27,2 | 28,4 | 0,38 | 1,09 | 0,35 |
| 72,2 | 1,20 | 9,5 | 12,5 | 5,6 | 18,1 | 21,8 | 0,29 | 0,98 | 0,30 |
| 78,5 | 1,31 | 10,4 | 6,0 | 6,6 | 12,6 | 16,5 | 0,22 | 0,92 | 0,24 |
| 84,0 | 1,40 | 11,2 | — | 8,0 | 8,0 | 11,2 | 0,15 | 0,88 | 0,17 |

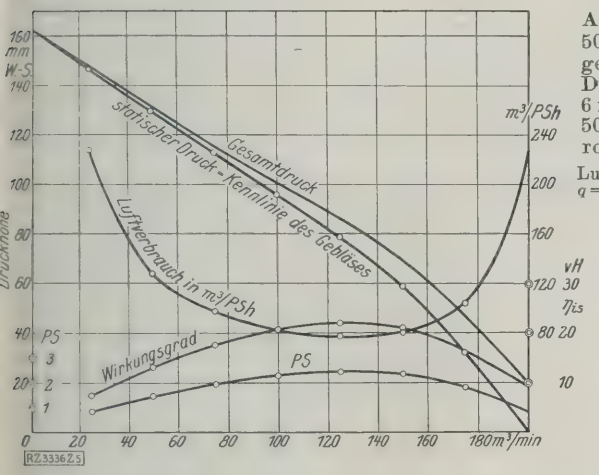



**Abb. 5**
500 mm-Turbogebläse mit zwei Düsen von je 6 mm Dmr. in 500 mm-Luttenrohr.
Luftverbrauch bei 4 at $q = 3{,}1$ m³/min = 186 m³/h.

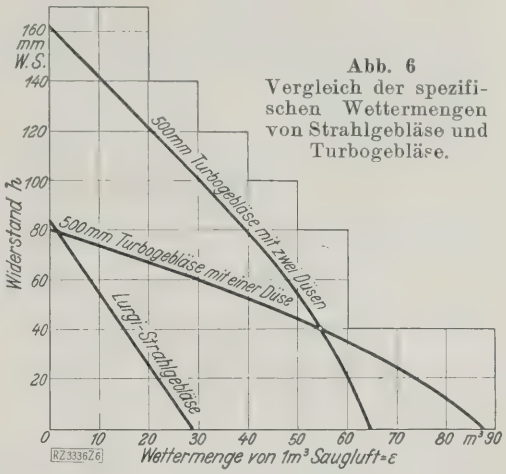



**Abb. 6**
Vergleich der spezifischen Wettermengen von Strahlgebläse und Turbogebläse.

einrichtung. Da aber die spezifische Wettermenge grundsätzlich um so kleiner wird, je größer der Widerstand der Wetterbewegung wird, so kann man zwei verschiedene Bewetterungseinrichtungen nur vergleichen, wenn man sie gegen denselben Widerstand arbeiten läßt. Beide Fördereinrichtungen sind gleichwertig, wenn sie bei demselben Widerstand $h$ die gleichen spezifischen Wettermengen liefern.

In Abb. 3 ist dieser Vergleich vorgenommen. Sie ist aus den Abb. 1 und 2 hervorgegangen, indem die Abszissenwerte $Q$ durch den Luftverbrauch $q$ geteilt wurden unter Beibehaltung der zugehörigen Ordinatenlängen $h$. Abb. 3 zeigt also die spezifischen Wettermengen, die den jeweiligen Widerstandhöhen $h$ entsprechen. Die untere, flache Kurve zeigt die spezifischen Wettermengen der 3 mm-Düse, die obere steile Linie die spezifischen Wettermengen des Lurgi-Strahlgebläses. Bei Widerständen bis zu 2 mm W.-S. arbeitet die 3 mm-Düse günstiger als das Strahlgebläse, sie liefert die spezifischen Wettermengen 28 bis 65 m³. Darüber hinaus arbeitet das Strahlgebläse wirtschaftlicher, es liefert je nach den Widerständen 2 bis 28 m³ Wetter mit 1 m³ Saugluft. Es wäre daher höchst unwirtschaftlich, das Strahlgebläse in ganz kurzen Luttenstücken arbeiten zu lassen.

### Versuchsergebnisse mit mechanischen Düsen

#### Das Turbogebläse mit einer Düse

Ein Turbogebläse von 500 mm Schraubenraddurchmesser wurde in einer 500 mm-Lutte untersucht, Zahlentafel 3. Der Antrieb erfolgt durch eine Düse von 6 mm Bohrung.

Aus Abb. 4 erkennt man, daß das Gebläse Widerstände bis zu 80 mm W.-S. überwinden kann. Seine Nutzarbeit bleibt immer noch gering, die Leistungslinie zeigt als höchsten Wert 0,85 PS; hierbei ist der isothermische Wirkungsgrad aber bereits auf 15 vH gestiegen und der Luftverbrauch für 1 PSh auf 106 m³ heruntergegangen. Der günstigste Arbeitsbereich liegt zwischen 70 und 100 m³/min bei einem Gegendruck von 50 bis 30 mm W.-S. Die Drehzahl bei höchstem Gegendruck ist $n = 1700$ und steigt bei höchster Wettermenge auf $n = 2800$ U/min.

Dasselbe Gebläse kann mit zwei Düsen von je 6 mm Bohrung arbeiten. Die Versuchswerte sind in Zahlentafel 4 und Abb. 5 zusammengestellt.

Abb. 5 zeigt, daß das Gebläse nun erheblich höhere Widerstände überwinden kann. Es überwindet bei 20 m³/min Luftlieferung noch eine Widerstandhöhe von 150 mm W.-S. Sein günstigstes Arbeitsgebiet liegt bei Widerständen von 95 bis 60 mm W.-S. und einer Wetterlieferung von 100 bis 150 m³/min. Bei der größten Nutzleistung von 2,4 PS erreicht es als höchsten isothermischen Wirkungsgrad 23 vH. Hierbei ist sein Luftverbrauch gesunken auf 77 m³ für 1 PS, so daß der Luftverbrauch der Turbine dem Luftverbrauch der Kolbenmaschinen schon gleichkommt. Die Drehzahl beträgt bei dem höchsten Gegendruck $n = 2300$ und steigt bei fallendem Gegendruck auf 3800 U/min.

#### Vergleich zwischen Arbeitsweise mit zwei mechanischen Düsen, mit einer mechanischen Düse und mit der Strömungsdüse

Die wirtschaftlichste Arbeitsweise wird wieder aus den spezifischen Wettermengen ermittelt, Abb. 6. Die drei Linienzüge zeigen die spezifischen Wettermengen des Lurgi-Strahlgebläses als Strömungsdüse, des Turbogebläses mit einer Düse und mit zwei Düsen als mechanische Düsen.

Der Linienzug, der am flachsten verläuft, zeigt die größten spezifischen Wettermengen, es ist der zweite Linienzug, das Turbogebläse mit einer Düse. Es arbeitet im Druckgebiet 0 bis 40 mm W.-S. besser als die beiden andern Bewetterungseinrichtungen und liefert in diesem Druckgebiet 87,5 bis 55 m³ Wetter mit 1 m³ Saugluft. Alsdann übernimmt das zweidüsige Gebläse die Führung, indem es im Druckgebiet 40 bis 140 mm W.-S. die größten Wettermengen, und zwar 55 bis 10 m³ Wetter mit 1 m³ Saugluft liefert. Die Strömungsdüse ist demnach den mechanischen Düsen unterlegen, sie liefert viel geringere spezifischen Wettermengen.

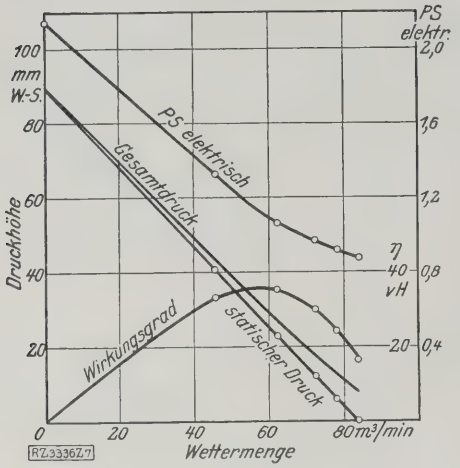



Abb. 7
400 mm-Schraubengebläse mit elektrischem Antrieb in 400 mm-Lutte.

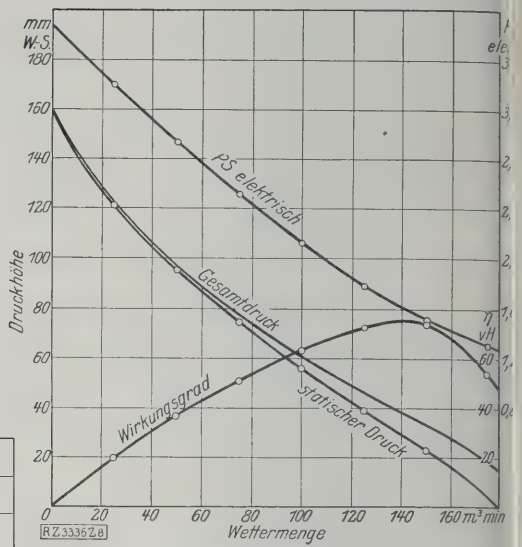



Abb. 8
500 mm-Schraubengebläse mit elektrischem Antrieb in 500 mm-Lutten.

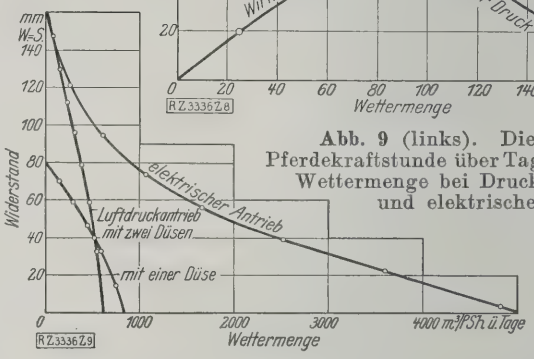



Abb. 9 (links). Die von einer Pferdekraftstunde über Tage gelieferte Wettermenge bei Druckluftantrieb und elektrischem Antrieb

Demnach scheint die mechanische Fortbewegung der Luft durch Schraubenflügel mit geringeren Verlusten vor sich zu gehen, und es wäre erwünscht, den mechanischen Wirkungsgrad der neuen Schraubengebläse kennenzulernen. Das gelingt, wenn man das Schraubengebläse unmittelbar elektrisch antreibt.

### Elektrisch angetriebenes Schraubengebläse

Schraubengebläse mit 400 mm Dmr. in 400 mm-Lutte

Das Gebläse wird durch einen Drehstrommotor ($n = 3000$ U/min) unmittelbar angetrieben. Wettermengen, Druckhöhen und Leistungen wurden gemessen, Zahlentafel 5. Der Wirkungsgrad des Drehstrommotors war $\eta_{el} = 0{,}81$.

Die Wirkungsgradkurve, Abb. 7, zeigt bei einer Wetterlieferung von 58 m³/min den höchsten Gesamtwirkungsgrad $\eta = 0{,}36$. Nun ist

$$\eta = \eta_{el}\ \eta_{Gebl},$$

also ist

$$\eta_{Gebl} = \frac{\eta}{\eta_{el}} = \frac{0{,}36}{0{,}81} = 0{,}445.$$

Der Wirkungsgrad des Schraubenrades von 44,5 vH ist gut; im Schrifttum findet man meistens Wirkungsgrade von 20 bis 30 vH angegeben.

Schraubengebläse mit 500 mm Dmr. in 500 mm-Lutte

Die Umlaufzahl betrug $n = 2700$ bis 2900 U/min. Es ergaben sich die in Zahlentafel 6 angegebenen Versuchswerte.

Abb. 8 zeigt, daß das Gebläse nebst Antrieb einen höchsten Gesamtwirkungsgrad von 74 vH erreicht. Es arbeitet dann gegen einen Widerstand von 30 mm W.-S. und liefert 140 m³/min. Da der Wirkungsgrad des Motors bei dieser Belastung $\eta_{el} = 0{,}84$ ist, so erreicht das Schraubenrad einen höchsten Wirkungsgrad von

$$\eta_{Gebl} = \frac{\eta}{\eta_{el}} = \frac{0{,}74}{0{,}84} = 0{,}88.$$

Ein Wirkungsgrad von 88 vH ist außerordentlich hoch und übertrifft alle Erwartungen, denn solche Wirkungsgrade werden bei den im allgemeinen günstiger arbeitenden Schleudergebläsen noch nicht erreicht.

Bei bekanntem Wirkungsgrad des Gebläses läßt sich auch der Wirkungsgrad der Luftturbine errechnen. Das mit zwei Düsen arbeitende 500 mm-Gebläse hatte einen höchsten Gesamtwirkungsgrad von

$$\eta_{is} = 0{,}23.$$

Ist der Gebläsewirkungsgrad $\eta_{Gebl} = 0{,}88$, so ist Wirkungsgrad der Luftturbine

$$\eta_{Turb} = \frac{0{,}23}{0{,}88} = 0{,}262,$$

d. h. die Luftturbine setzt 26,2 vH der verfügbaren Druckluftenergie in Arbeit um.

Vergleich zwischen Druckluftantrieb und elektrischem Antrieb

Ein Vergleich beider Antriebarten ist möglich, wenn man für jeden Fall die Wettermengen errechnet, die eine Pferdekraftstunde über Tage zu leisten vermag. Es genügt natürlich, den Vergleich mit den mechanischen Düsen anzustellen, da die Strömungsdüse schlechter arbeitet als die mechanische Düse.

1. Das 500 mm-Turbogebläse mit einer Düse. Die Düse verbraucht 96 m³/h Saugluft, das sind, von Rohrundichtheiten abgesehen, über Tage $\frac{96}{10} = 9{,}6$ oder 10 PS. Mit diesem Luft- oder Kraftverbrauch berechnen sich für die verschiedenen Widerstandhöhen die in Zahlentafel 7 angegebenen Wettermengen für die Übertage-Pferdekraftstunde.

2. Das 500 mm-Turbogebläse mit zwei Düsen. Der Luftverbrauch beider Düsen beträgt 186 m³/h, das sind

**Zahlentafel 6**
Schraubengebläse 500 mm Dmr., elektrischer Antrieb

| $Q$ | $V$ | $v$ | $h_s$ | $h_d$ | $h$ | Gebläseleistung | | Motor | Gesamt-Wirkungsgrad | $\eta_{el}$ | $\eta_{Gebl}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| m³/min | m³/s | m/s | mm W.-S. | mm W.-S. | mm W.-S. | mkg/s | PS | PS | $\eta$ | Motor | Gebläse |
| 0 | — | — | 160 | — | 160 | — | — | 3,80 | — | — | — |
| 25 | 0,417 | 2,125 | 121 | 0,3 | 121,3 | 50,8 | 0,68 | 3,40 | 0,200 | 0,80 | 0,25 |
| 50 | 0,833 | 4,250 | 95 | 1,2 | 96,2 | 80,2 | 1,07 | 2,93 | 0,365 | 0,83 | 0,43 |
| 75 | 1,250 | 6,375 | 74 | 2,6 | 76,6 | 96,0 | 1,28 | 2,52 | 0,500 | 0,84 | 0,54 |
| 100 | 1,666 | 8,500 | 56 | 4,6 | 60,6 | 101,0 | 1,35 | 2,16 | 0,625 | 0,85 | 0,73 |
| 125 | 2,083 | 10,625 | 39 | 7,1 | 46,1 | 96,2 | 1,28 | 1,78 | 0,720 | 0,85 | 0,85 |
| 150 | 2,500 | 12,750 | 23 | 10,3 | 33,3 | 83,4 | 1,11 | 1,50 | 0,740 | 0,84 | 0,88 |
| 175 | 2,916 | 14,875 | 4 | 14,1 | 18,1 | 52,8 | 0,70 | 1,31 | 0,540 | 0,82 | 0,66 |
| 180 | 3,000 | 15,300 | — | 15,0 | 15,0 | 45,0 | 0,60 | 1,28 | 0,47 | 0,81 | 0,58 |

**Zahlentafel 7**
500 mm-Gebläse mit einer Düse arbeitend.

| $h_s$ mm W.-S. | $Q$ m³/min | $Q_h$ m³/h | Übertage-Kraftbedarf | Wettermenge auf 1 PSh über Tage m³/h |
|---|---|---|---|---|
| 70 | 25 | 1500 | 10 PSh | 150 |
| 59 | 50 | 3000 | ,, | 300 |
| 47 | 75 | 4500 | ,, | 450 |
| 32 | 100 | 6000 | ,, | 600 |
| 14 | 125 | 7500 | ,, | 750 |
| 0 | 140 | 8400 | ,, | 840 |

**Zahlentafel 8**
500 mm-Gebläse mit zwei Düsen arbeitend.

| $h_s$ mm W.-S. | $Q$ m³/min | $Q_h$ m³/h | Übertage-Kraftbedarf | Wettermenge auf 1 PSh über Tage m³/h |
|---|---|---|---|---|
| 147 | 25 | 1 500 | 19 PSh | 79 |
| 130 | 50 | 3 000 | ,, | 158 |
| 112 | 75 | 4 500 | ,, | 237 |
| 96 | 100 | 6 000 | ,, | 316 |
| 79 | 125 | 7 500 | ,, | 395 |
| 59 | 150 | 9 000 | ,, | 474 |
| 32 | 175 | 10 500 | ,, | 553 |
| 0 | 200 | 12 000 | ,, | 632 |

für den Kompressor über Tage $\frac{186}{10} = 18{,}6$ oder 19 PS. Der Kraftverbrauch für das Gebläse ist also schon recht erheblich geworden, Zahlentafel 8.

3. Das 500 mm-Gebläse mit elektrischem Antrieb. Für die Verluste durch Umformen, Fortleitung und Stromerzeugung werden im ganzen 40 vH gerechnet, so daß 1 PS unter Tage $= \frac{1}{0{,}6} = 1{,}67$ PS über Tage entspricht. Man erkennt sofort die Überlegenheit des elektrischen Antriebes. Das Gebläse verbraucht unter Tage als Höchstwert 3,4 PS, dafür sind über Tage nur $1{,}67 \cdot 3{,}4 = 5{,}68$ PS erforderlich gegenüber 19 PS beim Druckluftantrieb, Zahlentafel 9.

Die Ergebnisse sind in Abb. 9 zusammengestellt. Sie zeigt als Ordinaten die Widerstandhöhen und als Abszissen die von einer Pferdekraftstunde über Tage gelieferten Wettermengen. Die beiden Kennlinien für den Druckluftantrieb schneiden sich auf der Widerstandshöhe 40 mm W.-S., d. h. im Druckgebiet von null bis 40 mm arbeitet das Gebläse mit einer Düse wirtschaftlicher als das zweidüsige. Der elektrische Antrieb ist beiden bedeutend überlegen, namentlich im niedrigen Druckgebiet. Bei 40 mm W.-S. liefert der elektrische Antrieb z. B. 2500 m³, der Druckluftantrieb nur etwa 500 m³ für eine Pferdekraftstunde über Tage, d. h. die Betriebskosten bei Druckluft sind in diesem Falle fünfmal so hoch wie bei elektrischem Antrieb. Bei größeren Widerständen verschiebt sich das Bild zugunsten der Druckluft, so liefert z. B. bei 90 mm W.-S. Widerstand der Druckluftantrieb

**Zahlentafel 9**
500 mm-Gebläse, elektrisch angetrieben.

| $h_s$ mm W.-S. | $Q$ m³/min | $Q_h$ m³/h | Motor unter Tage PS | Übertage-Kraftbedarf | Wettermenge auf 1 PSh über Tage m³/h |
|---|---|---|---|---|---|
| 121 | 25 | 1 500 | 3,40 | 5,68 | 264 |
| 95 | 50 | 3 000 | 2,93 | 4,88 | 615 |
| 74 | 75 | 4 500 | 2,52 | 4,20 | 1070 |
| 56 | 100 | 6 000 | 2,16 | 3,60 | 1660 |
| 39 | 125 | 7 500 | 1,78 | 2,97 | 2520 |
| 23 | 150 | 9 000 | 1,50 | 2,50 | 3600 |
| 4 | 175 | 10 500 | 1,31 | 2,18 | 4820 |
| 0 | 180 | 10 800 | 1,28 | 2,14 | 5050 |

350 m³, der elektrische Antrieb 700 m³ für eine Pferdekraftstunde über Tage, d. h. jetzt ist das Kostenverhältnis nur noch 2 : 1. Im allgemeinen kommt man aber bei der Sonderbewetterung mit Drücken von 30 bis 60 mm W.-S. aus, so daß der elektrische Antrieb erheblich billiger wird. Gruben ohne Schlagwettergefahr sollten daher immer den elektrischen Antrieb vorziehen. Da heute auch die ganze elektrische Ausrüstung schlagwettersicher geliefert werden kann, besteht auch für Schlagwettergruben die Möglichkeit, ihre Sonderbewetterung durch elektrischen Antrieb billiger zu gestalten. Man darf aber nicht außer acht lassen, daß der elektrische Antrieb den Wetterstrom heizt, während der Druckluftantrieb die Wetter kühlt.

### Die bauliche Ausführung der Luttenräder

Die Konstruktionen der einzelnen Hersteller unterscheiden sich nur belanglos von einander. Ein zweiteiliges Aluminiumgehäuse umschließt das Turbinenrad. Es trägt die Anschlußarmatur für die Druckluftleitung. Das aus einer Aluminiumlegierung gegossene Laufrad mit seiner einkränzigen Schaufelreihe hat als Speichen die nach einer Schraubenfläche geformten Gebläseflügel. Die Laufradnabe läuft mit zwei Kugellagern auf einem feststehenden oder mitlaufenden Wellenzapfen. Dieser Wellenzapfen wird ein- oder zweiseitig durch einen Armstern gehalten. Man sieht die Arme als Leitschaufeln ausgebildet und auch nicht.

Abb. 10 bis 12 zeigen die Bauart der Maschinenfabrik W. Obertacke, Sprockhövel. Der ganze Nabenteil zeigt die Form eines Stromlinienkörpers. Die Kugelhauben vorn und hinten stehen fest, es bewegt sich nur das zylindrische Mittelstück. Das ist günstig, denn dadurch werden Luftwirbelungen beim Ein- und Austritt vermieden. Man sieht zwei kräftige Kugellager und auf der rechten Seite einen Druckring, der die Axialbelastung des Rades, die Reaktion des Fortschiebungsdruckes, aufnimmt.

Das Gebläse hat vier breite Flügel. Diese breite Flügelform hat sich allgemein durchgesetzt. Mir ist eine Konstruktion mit zwei schmalen Flügeln bekannt, die nach der Art der Flugzeugschrauben arbeiten sollte.

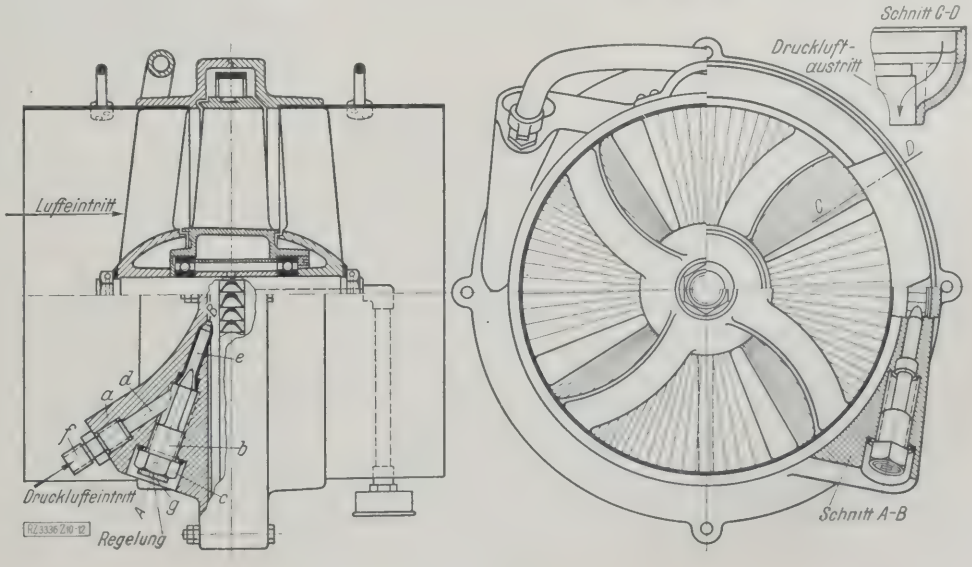



**Abb. 10 bis 12** Luttengebläse der Maschinenfabrik W. Obertacke, Sprockhövel.

*a* Gehäuse
*b* Reglerschraube
*c* Einstellmutter
*d* Kanal für Druckluft
*e* Düse
*f* Nippel für Schlauchanschluß
*g* Sicherung

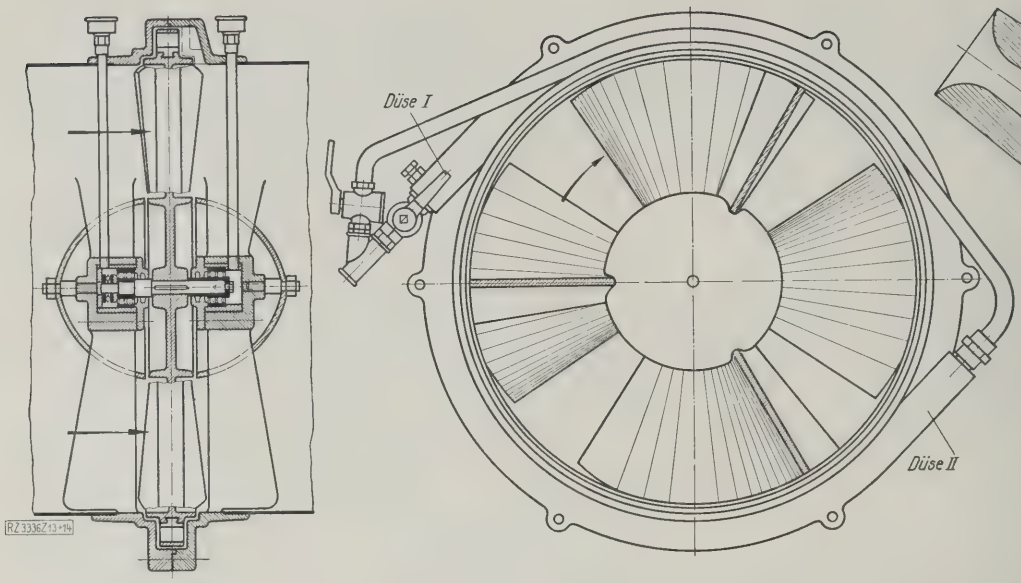



Abb. 13 und 14
Turbogebläse der Maschinenfabrik Korfmann, Witten.

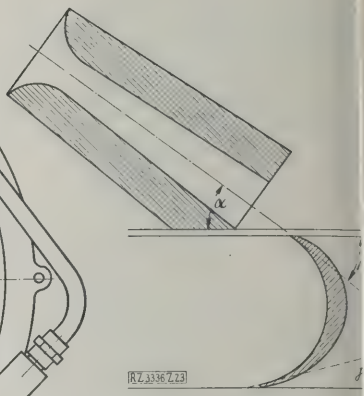



Abb. 23
Praktische Ausführun von Düse- und Schaufe

α Düsenwinkel
β Schaufelwinkel
γ Schaufelaustrittwinkel

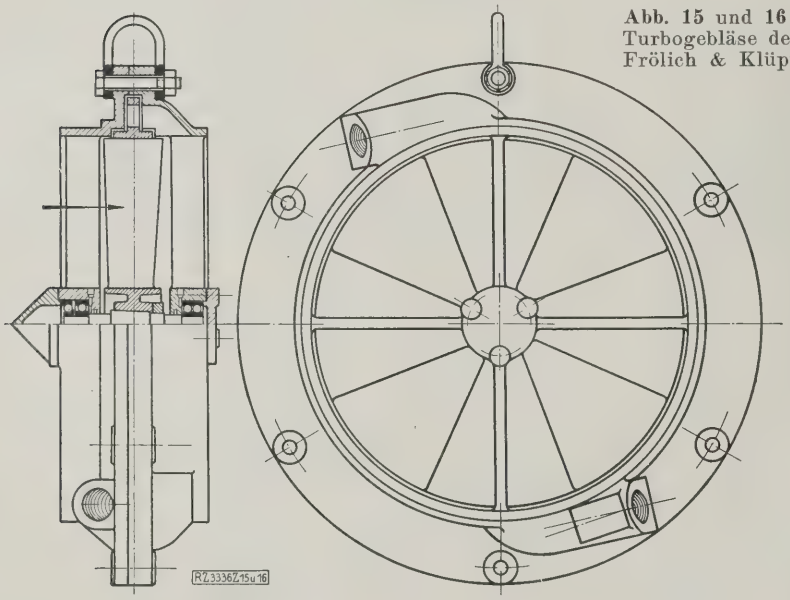
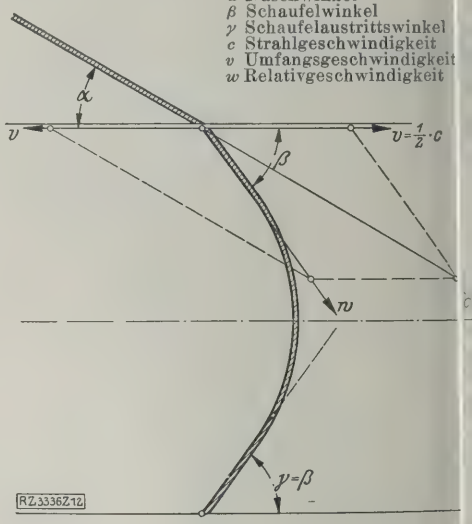



Abb. 15 und 16
Turbogebläse der Maschinenfabrik Frölich & Klüpfel, Barmen.

Abb. 22
Düse und Schaufel

α Düsenwinkel
β Schaufelwinkel
γ Schaufelaustrittswinkel
c Strahlgeschwindigkeit
v Umfangsgeschwindigkeit
w Relativgeschwindigkeit



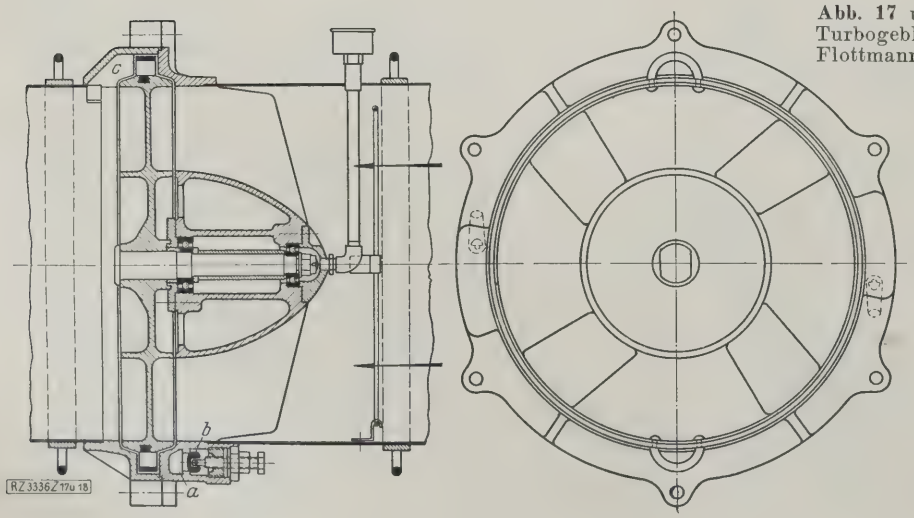




Abb. 17 und 18
Turbogebläse der Maschinenfabrik Flottmann A.-G., Herne.

a Luftkanal
b Ventil
c Ausströmöffnung der verbrauchten Luft

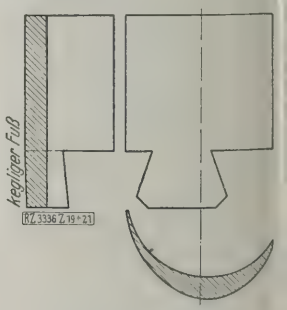



Abb. 19 bis 21
Schaufelform der Luftturbine.

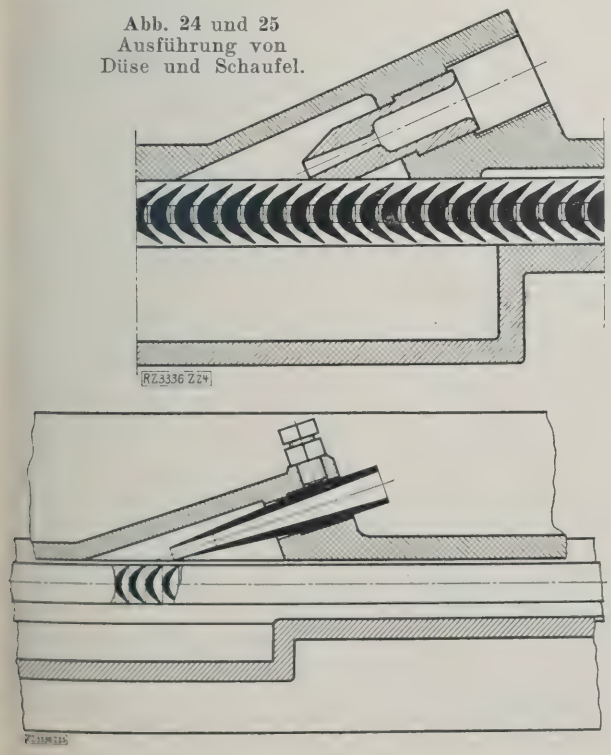
Dieses Gebläse vermochte aber nur einen ganz geringen Gegendruck zu überwinden, so daß die Bauart alsbald wieder verschwand.

Das Schaufelrad wird von zwei einander gegenübersitzenden Düsen beaufschlagt. Das Neue dieser Düsen ist die Regelung der Druckluftmenge. Die Regeldüse, Abb. 10, besteht aus dem Gehäuse *a*, der Regelschraube *b*, der Einstellmutter *c* und der Sicherung *g*. Die Druckluft strömt durch den Kanal *d*, in dem ein Nippel für den Schlauchanschluß eingeschraubt ist. Bei Rechtsdrehung der Schraube wird die Wetterleistung verringert, eine Viertelumdrehung führt schon eine bedeutende Leistungsänderung herbei. Die Düse kann man nur mittels eines besonderen Schlüssels regeln, der ausschließlich im Besitz des Wettersteigers ist.

Das Turbogebläse der Maschinenfabrik Korfmann, Witten, Abb. 13 und 14, zeigt auch wieder den ganzen Nabenkörper als Stromlinienkörper. Die Stromlinienform ist durch beiderseitig aufgesetzte Kugelhaubenteile erreicht. Die Kugellager sind auf beiden Seiten zweireihig. Ein besonderes Kugellager nimmt den Axialschub des Rades auf. Die Flügelradnabe ist auf einer Welle festgekeilt, und diese dreht sich in den Naben der Armsterne, die vor und hinter dem Rad als Leitschaufeln ausgebildet sind. Jede Düse hat eine besondere Anschlußleitung und einen besonderen Absperrhahn. Vier breite Flügel bilden die Schraubenflächen.

Das Schaufelrad, Abb. 15 und 16, des Turbogebläses der Maschinenfabrik Frölich & Klüpfel, Barmen, sitzt mit kegliger Nabenbohrung auf der Welle. Die Welle zeigt rechts ein zweireihiges Kugellager, links ein einreihiges. Das zweite Kugellager auf der linken Seite dient zur Aufnahme der Axialbelastung des Rades. Der Nabenkörper des vorderen Armsterns ist kegelförmig zugespitzt, während der des hinteren Armsterns stumpf abschließt. Die Armsterne des hinteren Nabenkörpers sind als schräge Leitschaufeln ausgebildet, sie fangen den heraustretenden Wetterstrom schräg auf und leiten ihn axial ab. Versuche mit und ohne Leitschaufeln brachten den Beweis, daß die Leitschaufel sehr wirksam die Widerstandsüberwindung erhöht, d. h. das Rad mit Leitschaufeln kann gegen größere Widerstände arbeiten als das Rad ohne Leitschaufeln. Das Rad hat auch wieder vier Flügel, diese haben aber geringere Breite wie die vorherigen Ausführungen. Zwei einander gegenüber am Umfang sitzende Düsen beaufschlagen das Schaufelrad axial.

Abb. 24 und 25
Ausführung von
Düse und Schaufel.



In Abb. 17 und 18 ist das Turbogebläse der Maschinenfabrik Flottmann A.-G., Herne, dargestellt. Es hat auf der Einströmseite besonders breit ausgebildete Leitflügel, die den Wirkungsgrad wesentlich erhöht haben. Das Schaufelrad ist fliegend aufgesetzt. Die Radwelle ist verhältnismäßig lang ausgebildet und läuft in zwei kräftigen Kugellagern. Die Nabe des Leitflügelsterns ist als Stromlinienkörper ausgebildet. Hinter dem Laufrad ist auf eine Stromlinienführung verzichtet. Die verbrauchte Druckluft strömt bei *c*, Abb. 17, in den Wetterstrom. Auf der Eintrittseite verhindert ein Drahtmaschennetz das Eindringen von Fremdkörpern. Am Turbinengehäuse, Abb. 17, rechts unten, ist ein Luftkanal *a* eingegossen, der zwei Düsen so miteinander verbindet, daß eine Düse durch ein einfaches in den Kanal eingebautes Ventil *b* abgesperrt werden kann. Daher ist nur ein einziger Absperrhahn für den Anschluß an die Druckluftleitung notwendig. Rohrleitungsverbindungen, die zwischen den Düsen liegen und zu Luftverlusten Veranlassung geben können, sind dadurch vermieden. Das Rad zeigt vier sehr breite Schaufelflächen. Abb. 19 bis 21 zeigen die Schaufelform der Luftturbine. Die Schaufeln werden aus gezogener Hartbronze hergestellt. Sie werden mittels eines schwalbenschwanzförmigen Fußes in eine entsprechende Eindrehung des Laufradkranzes eingesetzt und mittels eines Schrumpfringes außen gehalten. Der Schaufelfuß ist am Rücken schwach kegelig.

### Düse und Schaufel

Düse und Schaufel müssen gegeneinander richtige Winkelstellung haben. In Abb. 22 bedeutet *a* den Düsenwinkel, der Druckluftstrahl trifft unter diesem Winkel mit der Geschwindigkeit *c* auf die Laufschaufel. Das Rad arbeitet als einkränziges Geschwindigkeitsrad; die beste Umfangsgeschwindigkeit ist gleich der halben Strahlgeschwindigkeit, im Geschwindigkeitsparallelogramm ist daher

$$v = \frac{1}{2} c$$

gemacht. Trägt man die Umfangsgeschwindigkeit in entgegengesetzter Richtung an und konstruiert aus $-v$ und *c* das Geschwindigkeitsparallelogramm, so ist die Diagonale die Relativgeschwindigkeit *w*, d. h. in dieser Richtung muß die erste Schaufeltangente liegen. Man erhält daraus den Schaufelwinkel $\beta$, der größer ist als der Düsenwinkel $\alpha$.

Der Düsenwinkel $\alpha$ soll möglichst klein sein, um so besser wird die Ausnutzung der kinetischen Energie des Luftstrahls. Man findet meistens Winkel von 18° bis 25°.

Die Schaufelform kann symmetrisch zur Schaufelmittellinie sein oder unsymmetrisch. Abb. 22 zeigt die symmetrische Form. Sie hat den Vorzug, daß dann die axialen Druckkomponenten einander aufheben, das Schaufelrad also keine einseitige Axialbelastung erhält. Bei symmetrischer Schaufelform ist der Austrittswinkel der Schaufel gleich dem Eintrittswinkel, d. h. es ist

$$\sphericalangle \gamma = \beta .$$

Abb. 23 zeigt eine praktische Ausführung von Düse und Schaufel. Düsenwinkel $\alpha$ und Schaufelwinkel $\beta$ haben hier gleiche Größe. Auch ist die Schaufel nicht symmetrisch, sondern unsymmetrisch, indem der Schaufelaustrittswinkel $\gamma$ kleiner gemacht ist als $\beta$. Dadurch entsteht nach der Austrittseite hin eine axiale Belastung des Schaufelrades. Das ist aber nicht ungünstig, da diese axiale Belastung entgegengesetzt wirkt der axialen Belastung, die das Schraubenrad erzeugt. Es wird also der Druckring, der den Axialschub des Gebläses aufzunehmen hat, entlastet. Die Düse zeigt auf der Eintrittseite eine Einschnürung und erweitert sich dann stetig. Die Kegelform hat das Verhältnis 1 : 20.

Eine andre Ausführung von Schaufel und Düse zeigt Abb. 24. Die Schaufel zeigt symmetrische Form. Der Schaufelwinkel ist größer als der Düsenwinkel. Die Düse hat ebenfalls eine starke Einschnürung und erweitert sich dann kegelförmig. In Abb. 25 ist die Düsenform eine ganz andre. Die Düse verjüngt sich nach dem

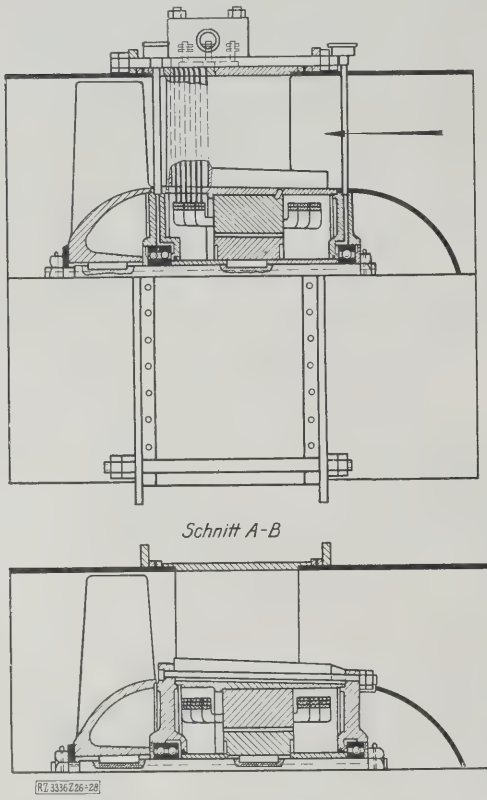
Austritt hin und verläuft im letzten Teil zylindrisch. Die Schaufeln haben symmetrische Form und einen Schaufelwinkel, der größer ist als der Düsenwinkel. Der Düsenwinkel beträgt etwa 20 °.

Bei der Ausführung der Maschinenfabrik W. Obertacke, Abb. 10, ist die Düse wieder anders. Ein zylindrisches Rohrstück ist nach dem Austritt hin scharf kegelförmig zusammengezogen und endigt wieder zylindrisch. Die Schaufeln haben eine ähnliche Form wie in Abb. 23.

Die beste Düsenform ist offenbar noch nicht gefunden; das zeigen die grundverschiedenen Ausführungen. Theoretisch soll sich in der Düse die Umsetzung von potentieller Energie in kinetische Energie so vollständig vollziehen, daß der Strahl mit Atmosphärenspannung ausströmt, damit er geschlossen bleibt. Strömte der Strahl mit höherem inneren Druck aus, so würde er sich ausbreiten und schlechter arbeiten.

**Ausführung des elektrisch angetriebenen Luttengebläses**

Eine Ausführung der Maschinenfabrik Obertacke, Sprockhövel, zeigt Abb. 26 bis 28. Das Schaufelrad hat vier breite Flügel. Es sitzt fliegend auf der in Kugellagern gestützten Welle. Zwischen den Kugellagern trägt die Welle den Läufer des Drehstrommotors. Der Axialschub des Schaufelrades wird durch einen Druckring auf der rechten Außenseite aufgenommen. Die Stromzuführung zum Ständer geschieht seitlich geschickt durch einen Arm der Ständernabe. Die Nabe des Schaufelrades zeigt die Form eines Stromlinienkörpers, dessen langer zylindrischer Teil von der Mantelfläche des Ständergehäuses und dessen vorderer kugelförmiger Teil durch einen besonders aufgesetzten Blechkörper gebildet wird. Das Ständergehäuse hat am ganzen Umfang axiale Kühlrippen, die von der Wettermenge bestrichen werden. Der Motor ist also vollkommen geschlossen und vor Verschmutzung geschützt. Diese Ausführung soll vollkommen schlagwettersicher sein. Als Werkstoff für das Gehäuse hat man eine besondere Aluminiumlegierung benutzt. [B 3336]



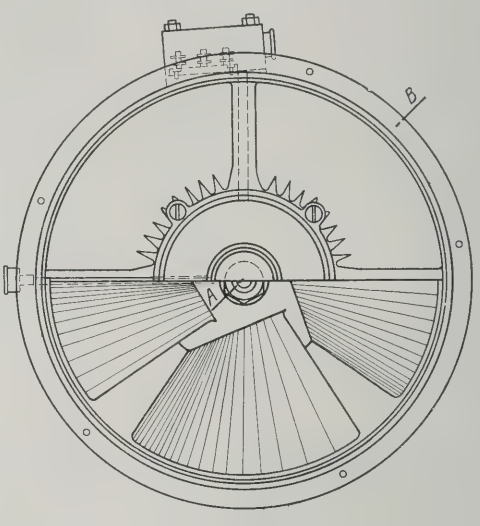




**Abb. 26 bis 28**
Elektrisch angetriebenes Luttengebläse der Maschinenfabrik Obertacke, Sprockhövel.

## Festigkeiten von Gußteilen

Sobald der Konstrukteur in die Lage versetzt wird, gegossene Metalle für den Aufbau seiner Maschinen zu verwenden und er die Bemessung der Teile lediglich aus Festigkeitsgründen vorzunehmen hat, wird er vor die schwierige Frage gestellt: Welche Beanspruchungen darf man zulassen? Die Festigkeiten sind so außerordentlich verschieden, nicht nur bei verschiedenen Güssen von demselben Metall und Modell, sondern auch an demselben Stück je nach der untersuchten Stelle. Selbst bei ganz einfachen Formen ist dies der Fall. So ergaben z. B. Versuche mit Probestäben aus Körpern, die ähnlich einer Lagerschale, also in ihrer Grundform als halbe Hohlzylinder mit einem den üblichen Probestäben entsprechenden Querschnitt, gestaltet waren, folgende Schwankungen der Festigkeitswerte. An einem Stahlgußstück, aus dem 14 Probestäbe genommen waren, betrug die kleinste Zugfestigkeit 34,7 kg/mm², die größte war 33 vH höher = 46,0 kg/mm². Bei drei Graugußstücken von derselben Form fand man folgende Zahlen: niedrigster Wert bei je 14 Probestäben 10,0, 13,4 und 9,0 kg/mm², höchster Wert 15,9, 16,9 und 19,4 kg/mm², mithin Schwankungen gegenüber dem niedrigsten Wert um 59, 16,9 und 116 vH. Auch bei Aluminiumlegierungen und Elektron zeigten sich ähnliche Verhältnisse.

Bei ortfesten Maschinen braucht man meist mit den Abmessungen nicht so ängstlich zu sein; wo man aber gezwungen ist, sorgsamst auf leichteste Konstruktionen hinzuarbeiten, wie z. B. für Luftfahrtzwecke, müßten Festigkeitsverhältnisse, wie oben ausgeführt, sehr ungünstig auf das Gewicht wirken. Eingehende Versuche, die von *G. Schreiber* und *H. Menking* in Bitterfeld vorgenommen wurden, haben nun erwiesen, daß sich, wenigstens soweit es das Metall Elektron betrifft, durch geeignete Maßnahmen wesentliche Verbesserungen hinsichtlich der Gleichmäßigkeit der Festigkeitswerte erreichen lassen[1]). Es spielen nicht nur die Lage des Modells im Formkasten, sondern auch die Art der Metallzuführung und die Ausbildung der Steiger sowie die Gießtemperatur eine große Rolle. Es muß darauf hingearbeitet werden, daß die unvermeidlichen Seigerstellen aus dem eigentlichen Gußstück heraus an Stellen verlegt werden, die später wegfallen. Die vielen planmäßig durchgeführten Versuche haben ergeben, daß man durch richtige Anordnung und Bemessung der Steiger in Höhe, Länge und Breite sowie durch ihre zweckentsprechende Gestaltung tatsächlich die Seigerstellen in die Steiger selbst verdrängen kann, und man hat schließlich erreicht, daß gerade da, wo vorher die Mindestfestigkeiten festgestellt wurden, nunmehr die Höchstwerte zu finden waren.

Die Erfahrungen, die auf diesem Sondergebiete gemacht wurden, werden sich natürlich nicht ohne weiteres auf andre Metalle übertragen lassen, aber es ist anzunehmen, daß auch bei ihnen Verbesserungen möglich sind und daß man es nicht als etwas Unabänderliches hinzunehmen braucht, daß man bei Gußteilen mit so großen Festigkeitsunterschieden rechnen muß. Eines dürfte wohl aber als feststehend zu betrachten sein, daß an Gußstücke angegossene Probestäbe leicht ein falsches Bild von den wirklich vorhandenen Festigkeiten ergeben können.

Die Kosten, die solche Vorversuche verursachen, werden sich natürlich im Preise des fertigen Gußstückes bemerkbar machen; es wird deshalb nicht immer möglich sein, namentlich bei Einzelausführungen, teuere Untersuchungen anzustellen. Aber bei Massenartikeln dürfte sich lohnen, auf dem angedeuteten Wege zu leichten Konstruktionen zu kommen. [N 3639] *Lu.*

[1]) Z. f. Metallk. Bd. 21 (1929) Nr. 9 S. 297; vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 33 S. 1175.

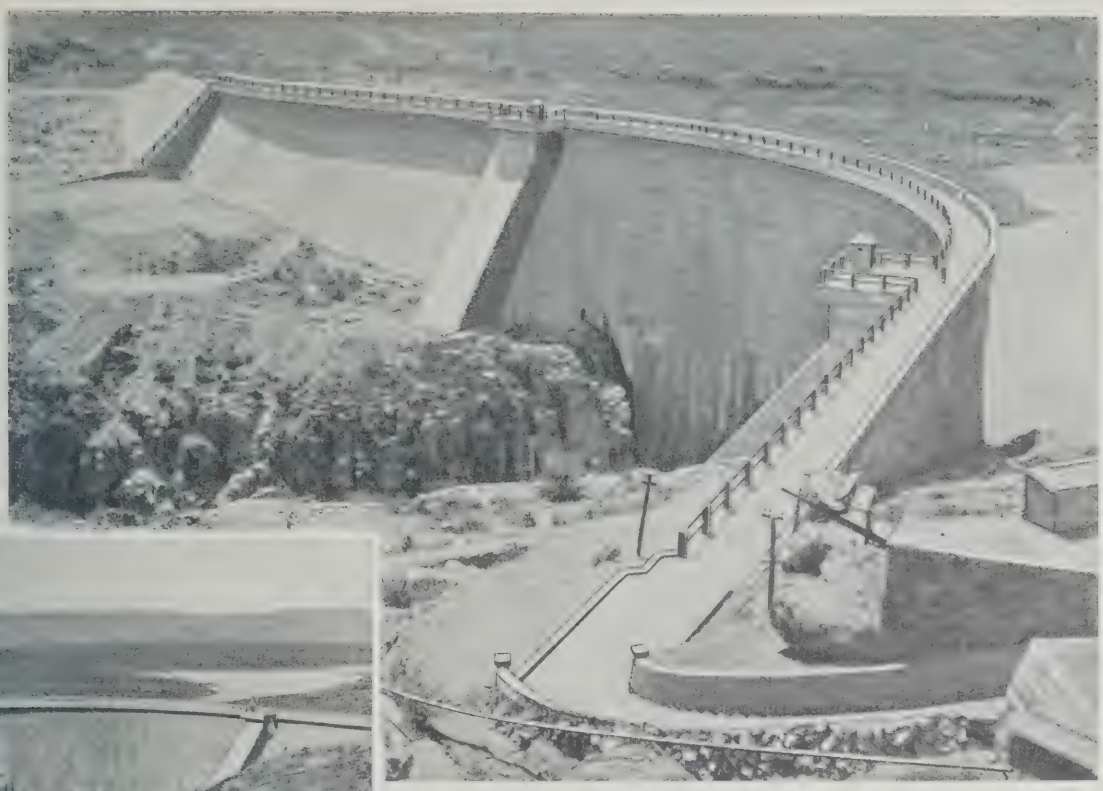
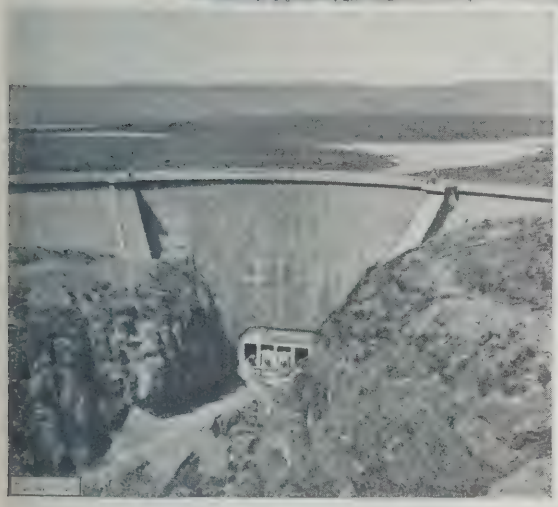


**Abb. 1 und 2.** Die Talsperre „Calles".
68 m Höhe, 310 m Kronenlänge, 1 Mill. m³ Nutzinhalt des Stausees.



# *R U N D S C H A U*

## *Aus dem Ausland*

### *Erd- und Wasserbau*

### Die Talsperre „Calles" in Mexiko

Die wasserwirtschaftlichen Verhältnisse von Nordmexiko stehen unter subtropischem Einfluß. Die Niederschläge häufen sich in den Monaten Juli bis Oktober zu täglichen, oft wolkenbruchartigen Regengüssen, der Rest des Jahres bleibt mit Ausnahme einer kurzen Regenzeit von etwa drei Wochen um die Wende Mai/Juni völlig regenlos. Über weite Teile des Landes erstreckt sich Hochgebirge mit verhältnismäßig wenig Waldbestand. Die Wirkung, die eine Ansammlung des Waldes in hydrologischer Beziehung auszuüben pflegt, fehlt also. Die Bergflüsse führen daher in Regenzeiten ein gefährliches Übermaß von Wasser, in regenlosen Zeiten aber so wenig, daß die kleineren Flüsse oft völlig versiegen. Für die landwirtschaftliche Ausnutzung des meist ausgezeichneten Bodens mit seiner vulkanischen Fruchtbarkeit sind diese starken Schwankungen natürlich sehr hinderlich.

Es ist ein großes Verdienst des früheren Präsidenten *Calles*, die dringende Notwendigkeit eines Ausgleichs erkannt und in dem Ausschuß für Bewässerung (Comision Nacional de Irrigación) eine Behörde geschaffen zu haben, die in allen Teilen der Republik auf Grund eingehender Beobachtungen den Ausgleich dieser hydrologischen Mißverhältnisse betreibt. So entstanden und sollen noch entstehen, die Talsperren, von denen die jüngst in ihrem Hauptteil fertiggestellte Talsperrenanlage „Calles", Abb. 1 und 2, besonders beachtenswert ist.

Sie liegt etwa 600 km nördlich der Hauptstadt zwischen Sierra Madre Occidental und Sierra Madre Central, hart am Fuße der ersteren, Abb. 3. Das Gebiet ist eine weite Hochebene in etwa 1800 m Seehöhe mit günstigstem Klima und ausgezeichnetem Boden. Bauherr ist der Staat, Bauleiter die Comision Nacional de Irrigación, bauausführende Firma die I. G. White Engineering Corp. S. en C.

Die ganze Talsperrenanlage umfaßt zwei große und drei kleinere Becken. Die Wasser der Flüsse Santiago, Pabellón, San Pedro, Chicalote und Morcinique werden aufgestaut. Fertig ist die Hauptsperre „Calles", Abb. 4, und die dazugehörige Verteilsperre im Cañon de Santiago. Die Wasser dieser Sperren genügen zum Bewässern eines Landgebiets von 35 000 ha, einer Fläche von etwa 40 km Länge und 6 bis 12 km Breite, nördlich der Stadt Aguascalientes.

Die Presa „Calles" faßt 350 Mill. m³ Wasser. Infolge der Wasserarmut des Santiago in der Trockenzeit braucht man drei Jahre zum Füllen des Beckens. Die zum Bewässern verfügbare Abflußmenge beträgt im Mittel 22 650 l/s, das ist z. Z. mehr, als nötig ist.

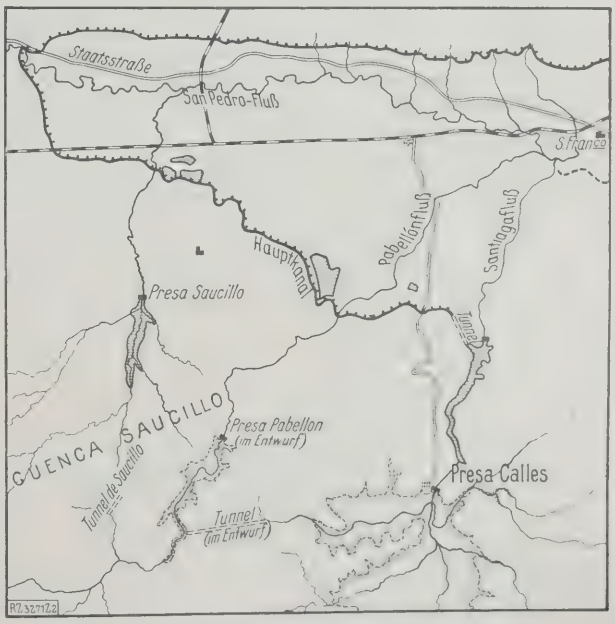



**Abb. 3.** Lage der Talsperren und Bewässerungskanäle im nördlichen Mexiko.

Die Anlage der Sperrmauer war durch die Natur begünstigt, Abb. 2. Man brauchte nur den Mund der Barranca (Schlucht) del Santiago, durch die der Fluß abströmt, zu schließen. Der Damm ist 300 m lang und besteht aus zwei Teilen, einem gebogenen Teil vor der Schluchtöffnung von etwa 250 m Bogenlänge und dem 59 m langen Überfall. Der höchste Punkt der Sperrmauer liegt 68 m über Flußspiegel, die Oberkante des Überfalls 5 m unter Hochwasserspiegel im Becken.

Als Baustoff dient bewehrter Beton und Bruchsteinmauerwerk in Zementmörtel; die Steine hat man an Ort und Stelle gewonnen. Man brauchte über 12 000 t Zement; der Gesamtinhalt der Hauptsperrmauer beträgt etwa 50 000 m³. Man hat den Bau im Mai des Jahres 1927 begonnen und wird ihn im Dezember 1929 beenden. Die 6,5 km unterhalb gelegene Verteilsperre, die auch in dieser Bauzeit errichtet wird, hat eine Mauer von 43 m Höhe und 90 m Länge mit rd. 22 000 m³ Mauermasse. Diese Sperre dient dazu, das Wasser so zu heben, daß es in den Hauptkanal einfließen kann. Dieser Kanal ist durch einen 1320 m langen Tunnel mit dem Sperrenspiegel verbunden und hat ein Gefälle von 20 cm/km. Seine Durchflußwassermenge beträgt 13 300 l/s. Der fertige Kanal, der jetzt zu etwa zwei Drittel im Betrieb steht, erhält rd. 60 km Länge und erfordert rd. 550 000 m³ Erdbewegung. Vom Hauptkanal zweigen Seitenkanäle ab, die das Wasser den einzelnen Verbrauchstellen zuführen. Diese Kanäle sind ungefähr ebensolang wie der Hauptkanal und erfordern rd. 180 000 m³ Erdbewegung. Ihre Durchflußwassermenge beträgt 2700 l/s.

Die zur Stauanlage gehörigen kleineren Sperren Morcinique und Pabellón sind noch nicht in Arbeit genommen. Die erstere faßt rd. 70 000 m³, die letztere rd. 15 000 m³ Wasser. Bemerkenswert ist die vorgesehene Anlage eines Tunnels von über 3 km Länge. Er soll die Wassermassen der Presa Pabellón, die aus den gefährlichen Wildwassern niederschlagreicher Felsberge gespeist werden, dem Becken der Presa „Calles“ zuführen, um ein übermäßiges Aufstauen der kleinen Pabellónsperre zu verhindern. Wenn man diese beiden Talsperren fertiggestellt hat, kann man die zu bewässernde Anbaufläche um rd. 10 000 ha vergrößern.

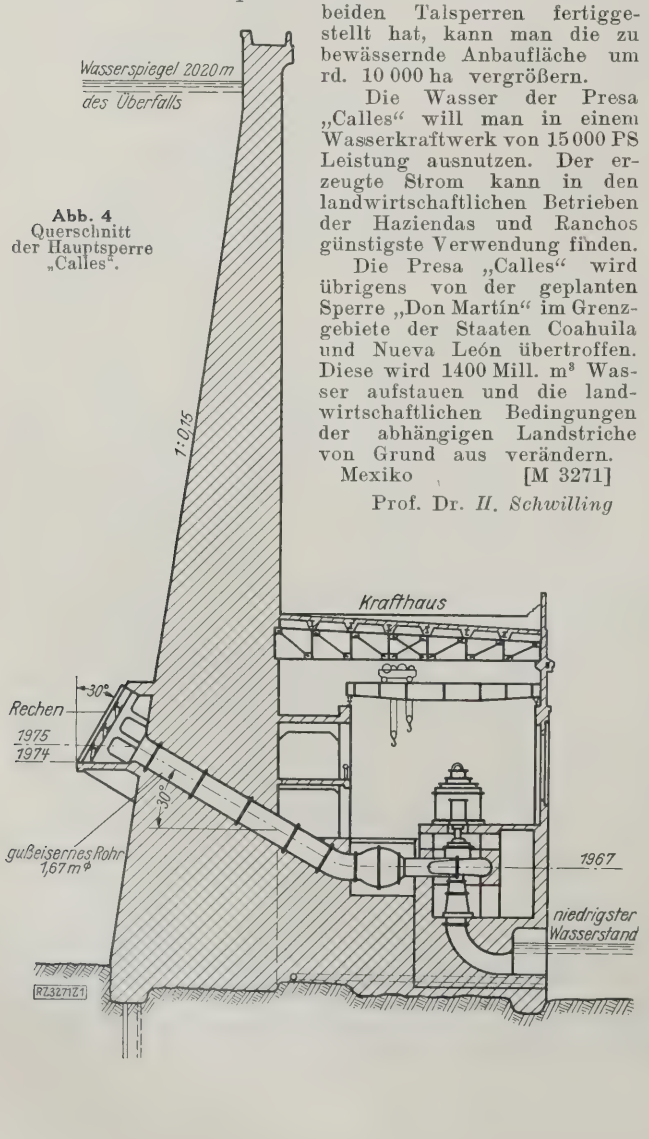



**Abb. 4** Querschnitt der Hauptsperre „Calles“.

Die Wasser der Presa „Calles“ will man in einem Wasserkraftwerk von 15 000 PS Leistung ausnutzen. Der erzeugte Strom kann in den landwirtschaftlichen Betrieben der Haziendas und Ranchos günstigste Verwendung finden.

Die Presa „Calles“ wird übrigens von der geplanten Sperre „Don Martín“ im Grenzgebiete der Staaten Coahuila und Nueva León übertroffen. Diese wird 1400 Mill. m³ Wasser aufstauen und die landwirtschaftlichen Bedingungen der abhängigen Landstriche von Grund aus verändern.

Mexiko [M 3271]

Prof. Dr. *H. Schwilling*

# *Eisenbahnwesen*

## Neue Wagen der Untergrundbahn in Philadelphia

Die von der Untergrundbahn in Philadelphia in Dienst gestellten neuen Gleichstrom-Triebwagen bieten beim Vergleich mit den für den elektrischen Betrieb auf den Berliner Stadt-, Ring- und Vorortbahnen verwendeten Gleichstrom-Triebwagen manches Beachtenswerte. Die neuen Wagen wurden von der Waggonfabrik Brill erbaut. Aus Gründen der Wirtschaftlichkeit wurden die 20,6 m langen und 3050 mm breiten Wagen als Drehgestellwagen ausgeführt; sie wiegen mit vollständiger Ausrüstung 50 t. Die Kosten eines Wagens betrugen rd. 40 000 $. Das Gewicht liegt damit weit über den Wagen deutscher Bauart, ist jedoch dem Platzangebot entsprechend verhältnismäßig gering, da man zwecks Gewichtsverminderung Stahlgußteile weitgehend benutzt.

Die Grundrißanordnung zeigt beiderseits drei Doppelschiebetüren und dementsprechend im Wageninnern vier Sitzplatzräume. Die Stehplatzräume an den Eingangstüren werden dadurch erweitert, daß man hier nur kurze Längssitze vorgesehen hat. Von den 75 Sitzplätzen des Wagens entfallen 50 auf Quersitze, von denen fünf auf einer Querreihe mit einem 620 mm breiten Mitteldurchgang liegen. Nach den in Europa üblichen Abmessungen müssen also die Sitze mit rd. 440 mm Breite und nur 625 mm Tiefe als recht bescheiden bezeichnet werden. Einschließlich der Stehplätze beträgt das Fassungsvermögen 212 Personen, das sind fünf Reisende auf 1 m².

Die Führerstände liegen an beiden Wagenenden, nehmen nur ein Drittel der Wagenbreite ein und können, wenn sie nicht benutzt werden, so in einem kleinen Apparateschrank abgedeckt werden, daß keinerlei Sitzplätze für die Fahrgäste verloren gehen. Man hat zu diesem Zweck alle im Führerstand entbehrlichen Einrichtungen unter dem Wagen angebracht. Der Platzgewinn gegenüber der in Deutschland üblichen Bauart mit großen, die ganze Wagenbreite einnehmenden Führerräumen ist bedeutend. Diese Bauweise gestattet außerdem Übergänge zwischen den Wagen anzubringen, die 750 mm breit sind; zum Schutze der Reisenden sind in Gummi eingenähte Ketten und Scherengitter angebracht. Die Türen, aus Leichtmetall, werden mittels Druckluft mit elektrischer Steuerung sowohl geöffnet wie auch geschlossen, und zwar kann jeder Wagen auch einzeln von dem führenden Triebwagen aus gesteuert werden. Rote Lampen in den Führerständen zeigen an, daß sämtliche Türen geschlossen sind. Einzelne Türen können vom Bahnsteig aus von den Bahnsteigbediensteten mittels Druckknöpfen geschlossen werden. Beim Überfahren eines Bahnsteiges kann der Führer die Türen der Wagen gegen selbsttätiges Öffnen verriegeln; schließlich kann vom Wageninnern aus der Führer durch eine elektrische Klingel, deren Druckknöpfe unter Glas mit einem kleinen Hammer daneben im Wagen angeordnet sind, zum Öffnen der Türen aufgefordert werden. Zum Lüften der Wagen dienen die Oberlichter und außerdem eine elektrisch betriebene Lüfterumwälzung. Die elektrische Heizung wird selbsttätig mittels eines Thermostaten geregelt, der beim Anfahren jeweils zur Verringerung der Spitzenlast die Heizung ausschaltet.

Die Bauart des Wagenkastens in Stahl mit tragenden Seitenwänden entspricht in den Grundzügen der deutschen; entsprechend den amerikanischen Gepflogenheiten wird jedoch in sehr hohem Maße von Stahlguß Gebrauch gemacht, insbesondere für die Verstärkungen im Untergestell, und außerdem von Leichtmetall für das Dach. Die Seitenwandbleche sind 3,2 mm dick. Die *van Dorn*-Kupplung kuppelt die Wagen mechanisch, außerdem die Luftleitung und 22 elektrische Dauerleitungen. Der Rahmen der Drehgestelle mit Schwanenhalsträgern und Schraubenfedern besteht aus einem Stahlgußstück. Bei sechs Wagen sind versuchsweise Rollenlager eingebaut, im übrigen Gleitlager. An den Schwanenhalsträgern sind die Stromabnehmer für die dritte Schiene befestigt. Diese Lösung, die die Verwendung querliegender Doppel-Elliptikfedern für die Wagenabfederung sowie die Anordnung einer richtigen Wiege mit seitlichem Kastenausschlag gestattet, darf als geschickt und glücklich bezeichnet werden. Das Motordrehgestell enthält zwei Westinghouse-Gleichstrommotoren von je 210 PS Leistung bei 600 V, die in Tatzenlageraufhängung auf die außen liegenden Triebachsen arbeiten. Bei leerem Wagen wird auf der Ebene eine Geschwindigkeit von 75 km/h, bei besetztem Zuge von 39 km/h auf einer Steigung von 3 vH erreicht. Die Steuerung ist eine elektro-pneumatische Vielfachsteuerung. Die Westinghouse-Bremse kann mit Druckluft und elektrisch gesteuert werden. [N 2856] *Gr.*

# Dampfkraftanlagen

## Druckölsteuerung für Dampfmaschinen

### Arbeitsweise

Abb. 5 zeigt schematisch den Druckölantrieb, Bauart *Meier-Mattern*[1]), für die Ein- und Auslaßsteuerung von Dampfmaschinen. Das Ventil *a* ist gekuppelt mit dem Hubkolben *b*, der beim Hingang des Steuerkolbens *c* mittels der zwischen beiden Kolben eingeschlossenen Flüssigkeitssäule das Ventil öffnet, während beim Nachlassen des Öldrucks auf den Kolben *b*, die Feder *d* das Ventil schließt, da die Schlitze *e* die Öffnungen *f* im Zylinder des Steuerkolbens freilegen und das Öl zum Ausgleichgefäß *g* abfließen kann. Damit die Flüssigkeitsäule bei jedem Hub unabhängig von Temperaturschwankungen oder Undichtheiten gleichbleibt, legt der Steuerkolben *c* am Ende seines Hubes die Öffnungen *f* frei, so daß der Raum zwischen beiden Kolben mit Öl aus dem Ausgleichgefäß *g* gefüllt wird.

Der Steuerkolben wird von einem Exzenter mit unveränderlichem Voreilwinkel angetrieben. Zum Regeln der Maschine dient die besondre Form der Schlitze *e*, indem der Steuerkolben mittels der Vierkantbüchse *h* vom Regler um seine Achse gedreht wird und beim Hingang die Steuerkante *i* der Schlitze *e* früher oder später den Ölaustritt freigibt. Dadurch wird die Dauer der Ventileröffnung und somit die Füllung geregelt. Ebenso kann man beim Verdrehen des Steuerkolbens mittels seiner Vorderseite den Zeitpunkt des Ventilöffnens ändern. Bei der größten Verdrehung werden die Öffnungen *f* während des ganzen Hubes vom Steuerkolben überhaupt nicht ganz geschlossen, so daß das Ventil dauernd auf seinem Sitz bleibt. Schließt der Steuerkolben beim Rückgang die Öffnungen *f*, so fließt Öl aus dem Ausgleichgefäß durch die Rückschlagventile *k* nach. Gleichzeitig findet auf diese Weise ein Ölumlauf statt, so daß das Öl außerdem entlüftet wird.

Bei der Druckölsteuerung wird die volle Hubhöhe in sehr kurzer Zeit und deshalb auch bei den kleinsten Füllungen erreicht. Zu diesem Zweck sind in der Wand des Hubkolbenzylinders Öffnungen *l* angebracht, die beim Erreichen der vollen Hubhöhe vom Hubkolben freigegeben werden, so daß das weiter zufließende Drucköl nach dem Ausgleichgefäß abfließt. Mit dem Hubkolben und dem Ventil ist unmittelbar der Bremskolben *m* verbunden, der infolge der besonders geformten Schlitze das Aufschlagen des Ventils auf den Sitz verhindert.

Auf der gleichen Stange wie *c* ist auch der Steuerkolben *p* für die beiden Auslaßventile der Zylinder befestigt, die dem Ventil *a* entsprechen. Dieses Auslaßventil wird daher auf gleiche Weise mit dem Ventil *a* geöffnet, bis die Schlitze *n* die Öffnungen *o* erreicht haben. Im übrigen arbeitet dieser Steuerkolben genau wie der Kolben *c*.

### Anwendung für Schiffsmaschinen

Bei Schiffsmaschinen kann man, wenn man die doppeltwirkenden Steuerkolben für Einlaß und für Auslaß auf einer gemeinsamen Kolbenstange anbringt, durch Einschalten eines Wechselhahnes in die Leitung zum Hubkolben die Drehrichtung leicht ändern. Im allgemeinen muß man sowohl die Einlaßventile als auch die Auslaßventile nahe am Todpunkt öffnen. Deshalb ist es erforderlich, daß die Steuerkolben schon vor dem Erreichen des Todpunktes Öl zuführen, so daß die Ventile in diesen Punkten schon ihren Hub beginnen. Zu diesem Zweck erhält das Exzenter einen bestimmten Voreilwinkel.

Es ist möglich, den Voreilwinkel jedes Exzenters gegenüber der zugehörigen Kurbel für Vorwärtsfahrt so zu bestimmen, daß dieses Exzenter für eine andre Kurbel gleichzeitig den geeigneten Voreilwinkel für die Rückwärtsfahrt ergibt, also die Steuerkolben bei der Rückwärtsfahrt die Ventile des zu dieser Kurbel gehörenden Zylinders betätigen können. Mittels eines Umkehrhahnes in den Leitungen zu den Ventilen der beiden Zylinder wird der Gang der Maschine gewechselt. Die Zahl der Steuerkolbenpaare stimmt dann mit der Anzahl der Kolben überein. Das Umsteuergestänge wird also gespart.

Bei Stillstand der Maschine ist kein Öldruck vorhanden, so daß alle Ventile geschlossen sind. Zum Anheben der Ventile dient eine Pumpe, die mittels der Anlaßschieber den Ventilen, die geöffnet werden müssen, Drucköl zuführt, während bei denen, die geschlossen bleiben müssen, ein Abfluß nach dem Sammelgefäß frei ist. Auf diese Weise sind auch beim Anlassen die Ventile voll geöffnet, so daß die Maschine in jeder Stellung anläuft.

Zum Bedienen der Maschine braucht man nur zwei Hebel, der eine verdreht die Steuerkolben zum Regeln, der andre dient zum Umsteuern. Mit dem Regelhebel kann man auch die Maschine stillsetzen, indem man ihn auf Nullfüllung stellt, wobei die Einlaßventile nicht mehr angehoben werden. Das Abschlußventil in der Dampfzuleitung braucht man während des Manövrierens nicht zu schließen.

Als erste Anlage wurde die Maschine des Dampfers „Moena“ auf Druckölsteuerung umgebaut. Die Dreifach-Expansionsmaschine hat 813, 1320 und 2235 mm Zyl.-Dmr. bei 1372 mm Hub und 85 U/min. Der Anfangsdruck beträgt 13,5 at. Die alte Dampfsteuerung bestand aus Schieber und Stephenson-Kulissen. Beim Umbau wurden die Zylinder durch neue mit angegossenen Gehäusen für die Ein- und Auslaßventile ersetzt. Der ND-Zylinder erhielt zwei Einlaßventile auf jeder Seite und zur Vergrößerung des Auslasses wurde auf die Auslaßventile je ein zweites Ventil aufgesetzt.

Das Gehäuse der Steuerkolben für den Druckölantrieb wurde aus einem Stück Stahl hergestellt. Darin sind die Steuerkolben, die Umkehrhähne und die Anlaßschieber untergebracht. Drei Exzenter auf der Welle treiben die drei Paare vom Steuerkolben an. Da die Kurbeln unter 120° stehen, konnte man in diesem Fall als Voreilwinkel der Exzenter 30° wählen. Indem nun bei Vorwärtsfahrt die Hochdruckkurbel der Niederdruckkurbel um 120° voreilte, konnte man den Steuerzylinder für die Deckelventile des Hochdruckzylinders bei Vorwärtsfahrt zur Bedienung der Bodenventile des Niederdruckzylinders verwenden. Die Umsteuermaschine wurde mit der Anlaßölpumpe gekuppelt.

Abb. 6 zeigt die Dampfdiagramme vor und nach dem Umbau. Um die gleiche Dampfmenge in den Zylinder einzulassen, wie früher bei 70 vH Füllung, braucht man nur

[1]) Vergl. „The Engineer“ Bd. 165 (1928) S. 137.

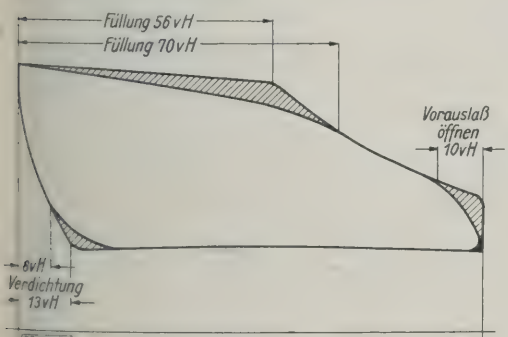



**Abb. 6**
Dampfdiagramm vor und nach dem Umbau.

Zu Abb. 5:
*a* Ventil
*b* Hubkolben
*c* Steuerkolben
*d* Feder
*e* Schlitze
*f* Öffnungen im Zylinder des Steuerkolbens
*g* Ausgleichgefäß
*h* Vierkantbüchse
*i* Steuerkante
*k* Rückschlagventil
*l* Öffnungen in der Wand des Hubkolbenzylinders
*m* Bremskolben
*n* Schlitze
*o* Öffnungen im Zylinder
*p* Steuerkolben für das Auslaßventil

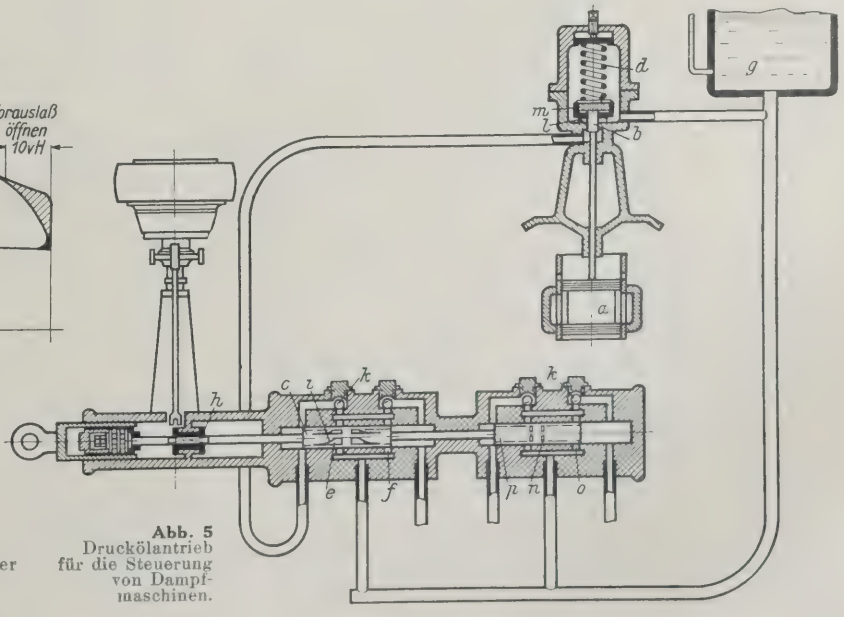



**Abb. 5**
Druckölantrieb für die Steuerung von Dampfmaschinen.

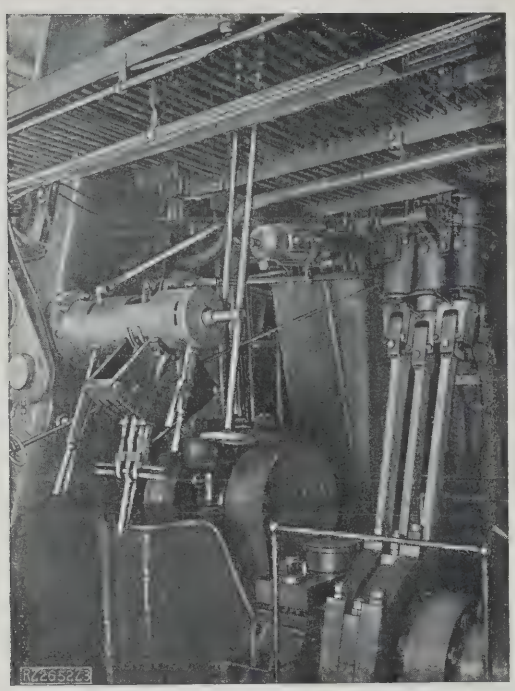


**Abb. 7** Bedienungsstand des Dampfers „Borneo".

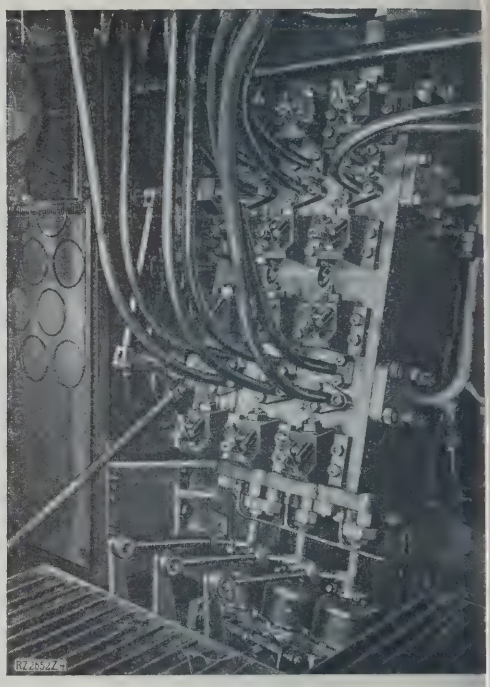


**Abb. 8** Gehäuse der Steuerkolben mit Füllungsregelantrieb und Umsteuerhähne für den Dampfer „Borneo".

56 vH Füllung zu geben, da sich der Druckabfall von 3,5 auf 0,7 at verringert hat. Dagegen mußte man die Verdichtung von 8 vH auf 13 vH steigern, um auf den gleichen Enddruck zu gelangen, da die Schiebersteuerung den Auspuff stärker drosselt. Aus demselben Grunde ist für den Schieber 10 vH Voröffnen notwendig, während die Druckölsteuerung ungefähr im Totpunkt öffnet und trotzdem gleicher Gegendruck erreicht wird.

Die schraffierten Flächen stellen die Mehrleistung dar, die durch den Umbau erzielt wurde.

Ein weiterer Umbau der Maschinenanlage auf dem Dampfer „Borneo" ist deswegen bemerkenswert, weil die Maschine außer der Druckölsteuerung auch auf 35 at erhöhten Dampfdruck erhalten hat. Da die Hilfsmaschinen nicht für diesen Druck geeignet sind, wird ein Teil des Abdampfes aus dem Hochdruckzylinder in einen Dampfsammler geführt, der die Hilfsmaschinen speist. Damit man den Verbrauch und die Leistung der Hauptmaschine ändern kann, ohne den Dampfdruck im Sammler zu beeinflussen, regelt man die Füllungen der einzelnen Zylinder gesondert. Zu diesem Zweck hat jeder Zylinder seinen Regelhebel, während beim Manövrieren die drei Hebel gekuppelt werden können, s. Abb. 7 und 8. [M 2652]

Winterthur Dipl.-Ing. *E. Luchsinger*

## *Elektrotechnik*

### Kühlung von großen Stromerzeugern

Lüfter in Form von Flügelrädern kühlen die beiden 94 200 kVA-Stromerzeuger des Hellgate-Kraftwerks[1]). Sie sind so angeordnet, daß die Kühlluft im Kreislauf vom Lüfter durch den Stromerzeuger und durch den Luftkühler

[1]) „Power" Bd. 70 (1929) Nr. 4 S. 127.

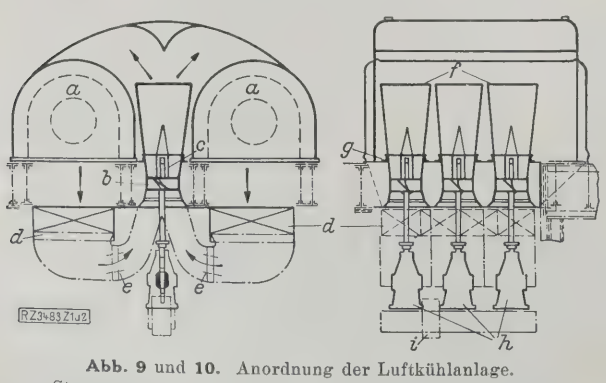



**Abb. 9 und 10.** Anordnung der Luftkühlanlage.
*a* Stromerzeuger *b* Flügelrad *c* Leitbleche *d* Luftkühler *e* Luftschieber *f* Diffusoren *g* Korfund-Platten als nachgiebige Unterlage *h* Lüftermotoren *i* Ölsammelbehälter

streicht und von hier in besonderen Kanälen zum Lüfter zurückgeführt wird. Die Gesamtanordnung zeigen Abb. 9 und 10. Auffallend ist die raumsparende Zusammendrängung der Einrichtungen und die Verwendung von drei Flügelrädern mit senkrechter Welle statt der üblichen Gebläse. Die Luft verteilt sich gleichmäßig nach den beiden Maschinen, die gleiche Luftwege und Widerstände aufweisen. In den Stromerzeuger selbst tritt die Luft aus dem Sammelraum von oben durch die im Kreisumfang vorgesehenen Aussparungen ein, bewegt sich radial zwischen den zu kühlenden Teilen hindurch zur Welle und von dort auf getrenntem Wege wieder zum Kreisumfang zurück. Hier sammelt sie sich in besonderen Auslaßkammern und wird aus den unten befindlichen Auslaßöffnungen dem Kühler zugeführt.

Die Flügelräder sitzen auf der Verlängerung einer senkrechten Motorwelle und laufen in der Regel mit 3250 U/min. Bemerkenswert ist die Einfachheit, mit der sie hergestellt sind. Geschmiedete Scheiben aus Nickelstahl mit 5 vH Nickelgehalt, warm bearbeitet, sind zu einem Kreisring ausgeschnitten und dann in Segmente von genauer abgewickelter Flügelform geteilt. Die gebogenen Schraubenflügel sind, um 180 ° versetzt, auf der Nabe aufgeschweißt. Die Flügel haben Querschnitt gleicher Festigkeit und sind so kräftig gehalten, daß die zulässige Beanspruchung bei 4320 U/min nicht überschritten wird. Jedes Flügelrad wird durch einen senkrecht stehenden Käfigmotor angetrieben, der bei dreiphasigem Wechselstrom von 2300 V, 60 Per. und 3520 U/min rd. 300 PS leistet. Das Gehäuse, in dem das Flügelrad läuft, ist mit Leitblechen versehen und als Schweißkonstruktion ausgeführt. [M 3483]

*Stegemann*

## *Lager- und Ladevorrichtungen*

### Die Kohlenlöschanlage für das neue Großkraftwerk in Buenos-Aires

Für das neue Großkraftwerk in Buenos-Aires, über das in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 26 S. 938 bereits kurz berichtet wurde, hat die MAN am Ufer des Rio de la Plata im neuen Hafen mehrere Entlader aufgestellt, die vor kurzem in Betrieb genommen werden konnten, Abb. 11 bis 13. Sie überspannen bei 20 m lichter Höhe brückenartig den etwa 25 m breiten Kai mit den Gleisanlagen und dienen zum Umschlagen der Kohlen aus dem Schiff über Wiegebunker auf parallel zum Ufer laufende Förderbänder, die die Kohlen zum Lagerplatz oder zu den Mahlanlagen für die Kohlenstaubfeuerung befördern.

Jeder Entlader ist ausgerüstet mit einer am Obergurt des Brückenträgers hängenden Greifer-Drehlaufkatze von 6500 kg Tragkraft und 4,5 m Ausladung, Abb. 11. Die Hubhöhe beträgt 36 m. Die Katze kann über die wasserseitige Pendelstütze hinaus auf den Untergurt des einziehbaren Auslegers fahren und noch in etwa 19 m Entfernung von der Kaikante arbeiten. Die Kohlen werden mittels eines Grei

**Abb. 13.** Die Uferkrane im Greiferbetrieb
Normalleistung 200 t/h, Höchstleistung 300 t/h.

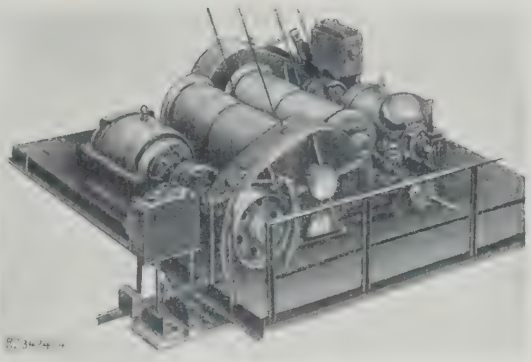


**Abb. 14**
MAN-Zweimotoren-Greiferhubwerk mit mechanisch nicht gekuppelten Trommeln.
Bedienung mittels Einhebel-Schlitzsteuerung.
Bemerkenswert ist die gute Platzausnutzung.

fers von 4 m³ Inhalt aus dem Schiff in einen auf dem Untergurt des Brückenträgers fahrbaren Einschütttrichters *b* gefördert, der zur Bekämpfung des in dieser heißen Zone sehr lästigen Kohlenstaubes mit einer Berieselungsanlage versehen ist. Dieser in der Stütze auf der Wasserseite blockierte Bunker schüttet die Kohlen auf ein zwischen den Stützen laufendes verschaltes, schräges Förderband *c*, das sie in einen auf der Landseite angebrachten Wiegebunker *d* wirft. Die Zwischenschaltung des Förderbandes ermöglicht es, den Fahrweg der Katze gering zu halten.

Zum Verladen schwerer Stückgüter bis zu 30 t Gewicht dient eine mit der Greiferkatze auf gleicher Bahn laufende Hilfskatze *e*. Bei Benutzung der Stückgutkatze wird die Greiferkatze an die feste Stütze herangefahren, wo sie gleichzeitig als Gegengewicht dient. Die Hilfskatze wird zu diesem Zwecke durch eine Hubvorrichtung angehoben und nach Durchfahrt der Drehlaufkatze wieder auf die Fahrbahn herabgelassen. Der Bandförderer wird um ein Gelenk abgeklappt und der Einschütttrichter nach der festen Stütze gebracht, so daß die Durchfahrt durch die Pendelstütze für die Hilfskatze mit Last frei ist.

Zwei Entlader leisten bei Förderung von Kohlen mit dem Greifer von 4 m³ Inhalt vom Schiff in den Schütttrichter und von hier mit dem Bandförderer über die Wiegevorrichtung zu den landseitig sich anschließenden Förderbändern i. M. 200 t/h. Diese Leistung kann unter günstigen Verhältnissen bis auf 300 t/h gesteigert werden. Ferner wird der volle Greifer mit 100 m/min gehoben, die Drehlaufkatze fährt mit 120 m/min und dreht sich mit 90 m/min.

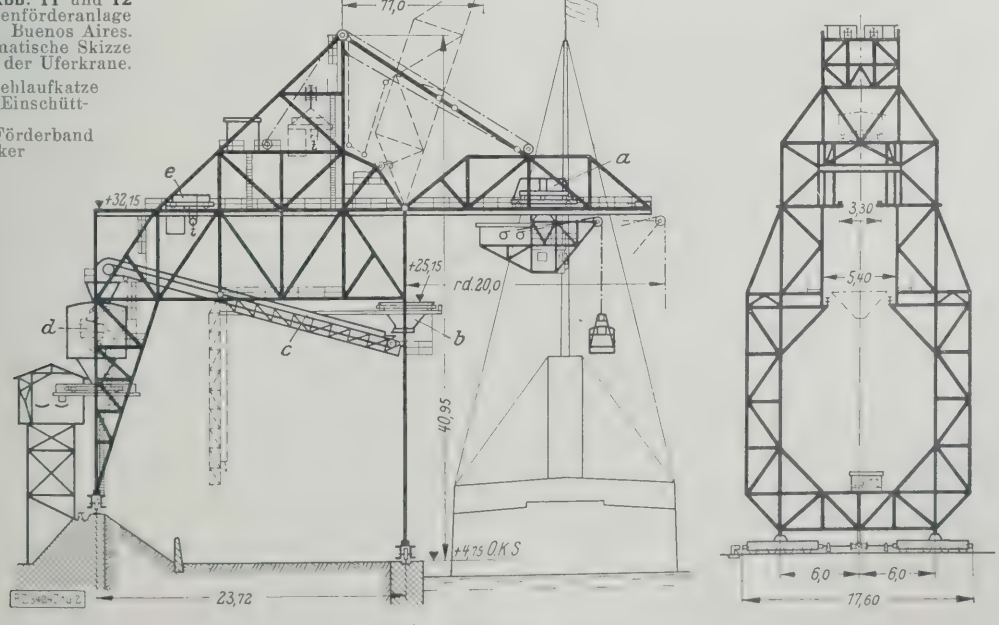
Hierfür stehen insgesamt rd. 250 PS auf der Katze zur Verfügung; für das Verfahren des Entladers und das Einziehen des Auslegers außerdem noch 60 PS. Der elektrische Strom wird einem Drehstromnetz von 500 V entnommen.

Das Hubwerk der Greiferkatze ist als Zweimotorenwinde mit mechanisch nicht gekuppelten Trommeln ausgebildet, Abb. 14. Die Hubleistung verteilt sich gleichmäßig auf die beiden Hubmotoren. Ihr Zusammenarbeiten wird durch eine elektrische Sonderschaltung der MAN erreicht. Der mechanische Aufbau der beiden einander gleichen Windwerke, die das Hubwerk bilden, ist sehr einfach. Jeder Motor arbeitet mittels elastischer Kupplung über die in einem ölgefüllten Gußkasten vereinigten Motor- und Trommelvorgelege auf die zu ihm gehörende Trommel. Das Schließen und Öffnen des Greifers geschieht durch Betätigen eines der beiden Hubmotoren. Zur Steuerung dient ein in einer Kulisse geführter leicht beweglicher Hebel

Nürnberg [M 3424] Ing. *Peter Frenzen*

**Abb. 11 und 12**
Neue Kohlenförderanlage im Hafen von Buenos Aires.
Schematische Skizze der Uferkrane.

*a* Greifer-Drehlaufkatze
*b* fahrbarer Einschütttrichter
*c* schräges Förderband
*d* Wiegebunker
*e* Hilfskatze



# Kleine Mitteilungen

### Große Turbokompressoren

Durch die Aufstellung eines Turbokompressors für 11 000 kW Leistung, des größten Turbokompresssors, der bisher überhaupt gebaut wurde, haben die Druckluft-Verteilanlagen der Victoria Falls and Transvaal Power Co. im Witwatersrand[1]) eine Gesamtleistung von beinahe 60 000 kW erlangt. Zu den 12 Turbokompressoren von je 3000 kW, die im Jahre 1911 teils von der AEG, teils von der Gutehoffnungshütte für die Werke Rosherville und Robinson geliefert wurden, kamen im Jahre 1914 drei AEG-Turbokompressoren von je 7000 kW, die im Werke Rosherville aufgestellt wurden. Den 11 000 kW-Kompressor, der in diesem Jahre gleichfalls im Rosherville-Werk in Betrieb gekommen ist, hat die Firma Brown, Boveri & Cie. geliefert. Er unterscheidet sich von den zuletzt aufgestellten Turbokompressoren mit drei Gehäusen und innerer Kühlung dadurch, daß er nur zwei Gehäuse und statt gekühlter Gehäuse und Zwischenwände je vier außenliegende Zwischenkühler hat; durch je zwei dieser Zwischenkühler wird die Druckluft geleitet, nachdem sie in je drei Laufrädern der Hochdruckstufe verdichtet worden ist. Insgesamt sind acht Laufräder in der Hochdruckstufe vorhanden. Als Vorteil dieser Bauart wird die größere Zugänglichkeit der Zwischenkühler bezeichnet. („Engineering“ 11. Oktober 1929 S. 479/81*) [N 3659 a] *H.*

[1]) Vergl. *Klingenberg*, Z. Bd. 57 (1913) S. 4.

### Grimselwerk

Der Stand der Arbeiten am Kraftwerk Oberhasli war Ende August folgender: Der Gelmersee ist seit Mitte August bis zum Überlauf gefüllt. Zur Zeit werden die Baueinrichtungen und Baumaschinen weggeschafft. Bei der Wasserzuleitung vom Gelmersee zum Krafthaus Handeck waren die Nacharbeiten im untern Teil des Schrägschachtes anfangs August so weit fertiggestellt, daß vom 10. bis 22. August die Druckproben durchgeführt werden konnten. Diese hatten ein gutes Ergebnis, so daß Aussicht besteht, den Betrieb über den Winter durchführen zu können; das Grimselwerk könnte also über die größte Energieknappheit hinweghelfen. Wenn dann die Niederdruckwerke im Frühling mit voller Leistung arbeiten, will man nochmals eine Nachprüfung durchführen, und, soweit es nötig sein wird, beschädigte Teile der Stahlrohrleitung und der entsprechenden Hinterfüllung im Schrägschacht ersetzen.

Zwei von den großen Maschinensätzen des Kraftwerkes Handeck und ihre Übertragungsleitungen nach Innertkirchen zu den dortigen Schalt- und Transformatorenanlagen sind fertig aufgestellt; der dritte Satz wird zusammengebaut. Die dem Eigenbedarf und der örtlichen Versorgung dienenden kleinen Turbinendynamos sind dem Betrieb übergeben.

Die beiden Talsperren auf der Grimsel, die große Sperre in der Spitallamm und die Nebelsperre auf der Seeuferegg sind nahezu bis zu ihrer halben Höhe ausgeführt. („Schweizerischer Energie-Konsument“ 15. September 1929 S. 20) [N 3659 b] *Ls.*

### Senkung der Betriebskosten durch Umstellen auf Hochdruckdampfbetrieb

Bei Ausbau der Fabrik der Rhinelander Paper Co. genügten die vorhandenen fünf Dampfkessel für 10,5 at und drei Dampfkessel für 14 at den erhöhten Anforderungen nicht mehr. Die neue Papiermaschine steigerte den Bedarf an Dampf in 24 h von 880 auf rd. 1000 t und den an elektrischer Leistung von 3000 auf 4200 kW. Man untersuchte vier Möglichkeiten, um diesen Bedarf zu befriedigen: 1. Ausnutzung der vorhandenen Anlage bis zur Grenze ihrer Leistungsfähigkeit und Deckung des restlichen Kraftbedarfes durch Fremdstrom; 2. Ausbau der vorhandenen 14 at-Anlage durch weitere 14 at-Kessel und eine Kondensationsturbine; 3. Hochdruckkessel mit einer Gegendruckturbine, die mit der vorhandenen von 2000 kW Leistung zusammenarbeitet; 4. Hochdruckkessel mit Kondensationsturbine für zwei Anzapfstellen.

Die jährlichen Betriebskosten hätten in den beiden ersten Fällen 1 830 000 und 1 400 000 *RM* betragen. Zur Zeit der Untersuchung hatte man keine ausreichenden Erfahrungen mit Dampfdrücken von mehr als 28 at. Man wählte deshalb 28 at Dampfdruck und mit Rücksicht auf die vorhandene Einrichtung 288 ° Dampftemperatur. Beim Vergleich einer 4000 kW-Kondensationsturbine mit Anzapfstellen bei 8,8 und 1,4 at und einer 2000 kW-Gegendruckturbine für 10,5 at Gegendruck zeigte sich, daß der Dampfverbrauch der Gegendruckturbine und der alten 2000 kW-Turbine um 1350 kg/h höher war als der der Anzapfturbine. Da die jährlichen Betriebskosten im Vergleich zu d andern untersuchten Fällen gleichfalls günstig (1 130 000 *R* waren, entschied man sich für die Anzapfturbine. I beiden neuen Kessel von je 775 m² Heizfläche mit Stok feuerung wurden vorerst einige Monate mit 14 at betriebe schon die Verringerung der Dampfkosten in dieser Z entsprach einer jährlichen Ersparnis von 335 000 420 000 *RM*. („Power“ 1. Oktober 1929 S. 514*) [N 3659 c] *Le.*

### Maschineller Gleisumbau

Um ohne wesentliche Betriebstörung und in kurz Zeit 48 km Gleis, Schwellen und Schotter der Hauptbah strecke Paris – Chantilly zu erneuern, hat man sich ins einzelne der maschinellen Arbeit bedient. Ein fah barer Kran auf dem Nachbargleis hebt die alten Gleisjoc aus und verlädt sie auf Wagen; ihm folgt der Schott reiniger mit Eimerbagger, der den Schotter an Ort u Stelle zur Wiederverwertung reinigt. Ein zweiter Kr verlegt dann die auf einer besonderen Baustelle hergeste ten und auf Wagen bereitstehenden neuen Gleisjoche. U den infolge von Verschleiß ausgefallenen Schotter zu ergänzen, verteilt man einige Wagen mit Schotter in lan samer Fahrt längs des Umbaugleises. Die Schwellen werd mittels Maschinen unterstopft. Als Kraftquelle für die ele trisch betriebenen Arbeitsmaschinen dient eine fahrba Dampfanlage mit Stromerzeuger, außerdem ein Benzi motor. Auf einem besonderen Wagen wird Wasser m geführt. Im vorliegenden Fall wurden in einer Nac schicht mit 125 Mann in 6 h rd. 600 m Gleis so weit neuert, daß die Züge mit 30 km/h die neue Strecke befahr konnten. („Revue Générale des Chemins de Fer“ Oktob 1929 S. 295*) [N 3659 e] *Ro.*

### Hauptschmierpumpe

Die Pumpe wird je nach der Anzahl der Schmi stellen aus gleichen Ringen zusammengebaut, von den jeder radial angeordnet zwei kleine Schmierpump trägt; an den Enden werden ein Ring mit dem Antrieb, e Ring mit Ölbehälter und Schauglas und zwei Abschlu deckel angesetzt. Das Ganze wird mittels eines in d Achse durchgehenden Bolzens festgezogen. Die Kolben d Schmierpumpen werden von einer hohlen Nockenwelle g steuert, die auf diesem Mittelbolzen läuft und von ein Schnecke angetrieben wird. Auf diese Weise kann man zu 20 Ölpumpen zusammenbauen. Der Öldruck kann zu 210 at betragen. Bei einem größten Hub von 4 m liefert eine Pumpe bei jedem Hub 0,08 cm³ oder etwa vi Tropfen Öl. Die Ölmenge kann man mittels des Hubes u der Drehzahl in den Grenzen von null bis achtzig Tropf in 1 min regeln. („Engineering“ 11. Oktober 1929 S. 478 [N 3659 d] *Schr.*

### Schneller Bau einer Klappbrücke in Chikag

Gleich nach Beginn des Baues einer neuen zweiflüglig Klappbrücke von 74,5 m Länge und 11,5 m Fahrbahnbrei über den Chikago-Fluß wurde die alte Drehbrücke, d noch bis zur Fertigstellung der neuen Brücke in Betri bleiben sollte, durch einen Dampfer schwer beschädigt. I die Ausbesserung der alten Brücke zuviel Mühe und Z beansprucht hätte, entschloß man sich, die neue möglich schnell fertigzustellen. In 47 Arbeitstagen wurden m 100 Mann Belegschaft, die täglich 12 Stunden arbeitete Bauteile im Gesamtgewicht von 1800 t zusammengebaut u vernietet, der Anstrich aufgetragen, die Fahrbahn eingeba und gepflastert sowie rd. 490 m³ Beton für die Gege gewichte verarbeitet. Außerdem wurde die alte Brücke en fernt. Für die Decken der Rampen wurde Beton vergosse der nach 24 Stunden gebrauchsfertig war.

Da in der Nähe der Brücke kein größerer Raum zu Lagern der Bauteile vorhanden war, mußten die Liefe zeiten der einzelnen Teile genau mit dem Arbeitsgang Einklang gebracht werden. Die Eisenteile und die M schinenanlage wurden in Eisenbahnwagen bis zur Umlad stelle der Erie-Eisenbahn gebracht; dort wurden die Wag auf Fährschiffe übergeleitet. Zum Zusammenbau die ten auf jedem Ufer ein 50 t-Kran sowie ein kleiner Schwimmkran. („Engineering News-Record“ 3. Oktober 19 S. 527*) [N 3659 f] *Sd.*

### Schiffslieferung nach Innerafrika

Für den Dienst auf dem Albertsee hat eine englisch Werft den Zweischrauben-Fracht- und Fahrgastdampf „Robert Coryndon“ gebaut. Dieser See ist 1600 km vo nächsten ostafrikanischen Hafen Mombas entfernt; die Rei von der Küste muß über Land erfolgen. Nach Fertigstellun in Southampton wird das Schiff auseinandergebaut und na

Mombas verfrachtet. Von hier wird es mit der Eisenbahn befördert, wobei die Einzelteile nicht mehr als 4½ t wiegen und als Höchstabmessungen 9,1 m × 28 m × 1,8 m haben dürfen. Am Bestimmungsort wird das Schiff unter Aufsicht der Werft wieder zusammengebaut.

„Robert Coryndon" hat 36 m Länge, 9,4 m Breite, 2,8 m Seitenhöhe und 280 t Tragfähigkeit. Über dem durchlaufenden Hauptdeck liegen zwei Aufbaudecks; die Einrichtung für 18 Fahrgäste erster und 16 zweiter Klasse ist geräumig und geschmackvoll. Zum Antrieb des Schiffes dienen zwei Dreifach-Expansionsmaschinen, die den Dampf von 13 at aus zwei Babcock & Wilcox-Wasserrohrkesseln erhalten. („The Shipbuilder" Oktober 1929 S. 758*) [N 3659 g] *Bl.*

**Prüfung von Heliumgasbehältern**

Auf Veranlassung des Behälterausschusses der American Railway Association, des Luftfahrtausschusses der amerikanischen Kriegsmarine, der Ingenieure des amerikanischen Heeres, der Goodyear-Zeppelin Corp. und verschiedener andrer wissenschaftlichen Gesellschaften hat man eine geschweißte Stahlkugel von 1829 mm innerem Durchmesser bei 38,1 mm Wanddicke auf ihre Festigkeit geprüft. In ähnlichen Behältern soll Heliumgas bei 140 at Druck auf Eisenbahnwagen befördert werden. Die aus zwei Hälften zusammengeschweißte Stahlkugel wurde mit Luft von 88 at gefüllt, zwischen zwei insgesamt 6,6 t wiegenden Stahlzylindermänteln auf einem Eisenbahnwagen befestigt, und der Eisenbahnwagen wurde mit hoher Geschwindigkeit einen rd. 7,6 m hohen Eisenbahndamm herabgestoßen. Der Wagen zerbrach, die Stahlkugel blieb unbeschädigt. Dann wurde die Stahlkugel einer Wasserdruckprüfung unterworfen. Bei 228 at Druck hatte der Umfang der Kugel um 432 mm zugenommen; bei 317 at Druck zerbrach die Kugel in neun Segmente; die Schweißnaht wurde nicht beschädigt. („The Iron Age" 26. September 1929 S. 840*)
[N 3659 i] *Gw.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Die Maschinenelemente.** Von *Felix Rötscher.* 2. Bd.: Berlin 1926, Julius Springer. S. 601 bis 1354 m. Abb. 1043 bis 2296. Preis 48 *RM.*

In Fortsetzung des ersten Teiles werden im 2. Band die Kurbelgetriebe, Zapfen, Kreuzköpfe, Achsen und Wellen, Exzenter, Kupplungen, Lager, Führungen, Maschinenrahmen und -gestelle, Zylinder, Laufräder, Zahnräder, Riemen-, Stahlband- und Seiltriebe, Kettentriebe, Schwungräder und im letzten Abschnitt Schaufeln, Trommeln, Scheiben und Räder an umlaufenden Kraft- und Arbeitsmaschinen behandelt. Der Verfasser hat, ebenso wie im ersten Teil, versucht, den konstruktiven Forderungen gerecht zu werden. An zahlreichen Beispielen, auch von schwierigen Maschinenelementen, gelang es ihm sehr gut, das Ineinandergreifen der Forderungen der eine Konstruktion beeinflussenden Faktoren klarzulegen.

Im einzelnen gefallen die gestellten Aufgaben und die zur Verdeutlichung des Textes und der Rechnungen gebrachten graphischen Darstellungen und perspektivischen Skizzen. Im Abschnitt „Schubstangen" ist die Veranschaulichung einer versuchsmäßigen Ermittlung der Spannungsverteilung an Stangenköpfen bemerkenswert.

Bei einer neuen Bearbeitung des 2. Bandes wäre es empfehlenswert, vorhandene Unstimmigkeiten zwischen Text und Bild, auch kleine Zeichnungsfehler herauszubringen. Wo mehrere Ausführungen einer Aufgabe veranschaulicht werden, scheint ein eingehenderer, konstruktiver Vergleich notwendig. Wenn möglich, sollte auch über Betriebserfahrungen usw. hierbei etwas mehr gesagt werden. Mehrfach ist von Herstellen und Bearbeiten die Rede. Es ist besser, von Herstellen durch spanlose bzw. spangebende Formung zu sprechen. Angaben wie Flußstahl oder Eisen sollten durch genormte Bezeichnungen ersetzt werden.

Unbeschadet der vorgebrachten, geringfügigen Einwendungen ist das Werk, als Ganzes gesehen, die zur Zeit beste Darstellung der Maschinenelemente. Vom Verlage gut ausgestattet, mit einem umfangreichen Verzeichnis des einschlägigen Schrifttums versehen, kann es sowohl den Studierenden als auch dem Praktiker nicht warm genug empfohlen werden. [E 3558] *Erkens*

**„Hütte". Bootsbau, Praktischer Schiffbau (Brix).** 7. Aufl. Bearb. von *A. Neesen.* Herausgegeben vom Akademischen Verein Hütte, e. V. Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 394 S. m. 494 Abb. Preis 30 *RM.*

Die Einteilung der Neuauflage in Beschreibung, Bau, Maschinenanlage, Entwerfen und Unterbringung von Booten ist entsprechend der letzten Auflage beibehalten, der Inhalt aber wesentlich verändert worden. Bei der Beschreibung von Booten hat man die Fahrzeuge der Reichsmarine nur so weit behandelt, als sie heute tatsächlich in Gebrauch sind; bei der Reichsmarine sind die Handelsschiffsnormen berücksichtigt. Der Abschnitt „Bau von Booten", den man nach der praktischen Seite stark ergänzt hat, enthält viele Gewichts- und Festigkeitsangaben für den Gebrauch im Konstruktionsbureau. Sehr ausführlich ist die Frage der Maschinenanlage erörtert, wobei man auf die Konstruktion der Motoren nur so weit eingegangen ist, wie die Kenntnisse des Bootskonstrukteurs reichen sollten. Am Schluß des Werkes findet sich ein Verzeichnis englisch-deutscher Fachausdrücke. Der Wert der Neuauflage besteht vornehmlich darin, daß der Abbildungsstoff und die Tafeln über Verhältniswerte ausgeführter Boote fast ausschließlich neu gewählt sind.
[E 3524] *Brühl*

Die Wissenschaft, 81. Bd.: **Die neuere Entwicklung der Hochfrequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen.** Von *Erich Habann.* Braunschweig 1929, Friedr. Vieweg & Sohn. 167 S. m. 143 Abb. Preis 19,50 *RM.*

Der Verfasser hat uns Deutschen die Hochfrequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen beschert; er hat zunächst zusammen mit Prof. *Faßbender* gegen Ende des Weltkrieges Geräte für das Heer gebaut und sich später mit der Konstruktion von Geräten für die Verständigung von Überlandzentralen über Hochspannungsleitungen und für die Hochfrequenztelephonie und -telegraphie längs Postleitungen beschäftigt. Er ist demnach wie kein anderer dazu berufen, dieses etwas abseits liegende Gebiet zu behandeln. Das vorliegende Buch, m. W. bisher das einzige seiner Art, dürfte bei den Interessenten viel Freunde finden, zumal Dr. *Habann* keineswegs einseitig nur sein System, sondern auch in objektiver Weise die übrigen Anordnungen behandelt.
[E 3534] Dr. *F. Noack*

Arbeiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung in Mülheim a. d. Ruhr. **Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle.** Herausgeg. von *Franz Fischer.* 8. Bd. (1924 bis 1927). Berlin 1929, Gebr. Borntträger. 790 S. m. zahlr. Abb. Preis 74 *RM.*

Dieser achte Band enthält den größten Teil der in den Jahren 1924 bis 1927 abgeschlossenen Forschungsarbeiten des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Kohlenforschung in Mülheim a. d. Ruhr. Die auf sorgfältiger wissenschaftlicher Grundlage durchgeführten experimentellen Arbeiten behandeln die Bestandteile der Kohlen, die Veränderungsprodukte der Kohlen und die Veränderung der Kohlen selbst. Die synthetischen Arbeiten befassen sich mit der Reinigung von Gasen, der Benzinsynthese, dem Motorbetriebstoff Synthol, der Zersetzung und Umsetzung des Methans. Gasanalysen, sonstige Arbeiten, Zusammenstellungen des Schrifttums, Vorträge und Aufsätze allgemeinen Inhalts bilden den Abschluß des 68 Abschnitte enthaltenden Bandes.

In einem Anhang sind 43 in den Jahren 1922 und 1923 veröffentlichte Aufsätze wiedergegeben, da sie im siebenten Bande nur als Referate gebracht worden waren. Die in den Forschungsergebnissen niedergelegten Erkenntnisse sind für alle an der Kohlenforschung Beteiligten äußerst wertvoll. [E 3548] *Gw.*

**Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung.** Von *John R. Carson.* Erweiterte deutsche Bearb. von *F. Ollendorff* und *K. Pohlhausen.* Berlin 1929, Julius Springer. 186 S. m. 39 Abb. u. 1 Taf. Preis 18 *RM.*

In diesem Werk wird ein Verfahren zur Lösung von Differentialgleichungen beschrieben, das von *Heaviside* herrührt. Dieser ersetzt den Differentialoperator $\frac{d}{dt}$ durch das Symbol $p$ und die Integration $\int dt$ durch $\frac{1}{p}$. Damit geht die Differentialgleichung in eine algebraische über, deren allgemeine Lösung man in der Form $h = \frac{1}{H(p)}$ schrei-

ben kann, wobei $h$ die *Heavisidesche* Funktion und $H(p)$ die allgemeine Stammfunktion ist. Die Gleichung $h = \frac{1}{H(p)}$ ist nur ein Symbol, dessen Sinn aus dem Vergleich mit den zugehörigen Integralgleichungen hervorgeht. Dabei ergeben sich die Rechenregeln für die Operatorenrechnung. Da diese von *Heaviside* selbst nicht mathematisch einwandfrei begründet worden sind, hat sich *J. R. Carson* dieser Arbeit unterzogen. Er gibt eine Einführung in dieses Rechenverfahren und im zweiten Abschnitt eine Erweiterung desselben. Das Verfahren wird im vorliegenden Werk auf die elektrischen Schaltungen angewandt, kann aber natürlich auch zur Lösung anderer physikalischer Aufgaben dienen. Das *Carsonsche* Werk haben *Ollendorf* und *Pohlhausen* für den deutschen Ingenieur und Physiker weiter bearbeitet. [E 3573] *W. S.*

**Technische Enzyklopädie.** Herausgeg. von *Martens, Wolfsohn, Weiß, Kusminski.* Moskau 1929, Selbstverlag. Bd. 1 bis 7 mit je rd. 1000 S. u. zahlr. Abb. Preis je Bd. 15 *RM.*

Erschienen sind bis jetzt die Bände mit den ersten sieben Buchstaben des russischen Alphabetes. Dank Verwendung sehr guten dünnen Papieres bei kleinem, aber sehr deutlichem Druck sind die Bände jedoch handlich geblieben. Die zahlreichen Abbildungen sind deutlich und der äußere Eindruck der Enzyklopädie ist würdig und gefällig. Der Inhalt beschränkt sich neben der ausführlich dargestellten Technik auf die kürzer behandelten Grundlagen: Physik und Chemie. Diese weise Beschränkung hätte auch in manchen Darstellungen walten sollen, weil eine Enzyklopädie kein Lehrbuch sein soll, sondern die Aufgabe hat, zu beschreiben und zu erläutern. Der Umfang des ganzen Werkes hätte sich dann merklich vermindern lassen. Dagegen scheint es mir, als ob die wirtschaftlichen Grundlagen der verschiedenen Bauarten und Verfahren noch mehr hätten hervorgehoben werden können. Die geschichtliche Entwicklung ist gebührend beachtet und der Stand der neuesten Zeit dargestellt; bei der schnellen technischen Entwicklung ist das Veralten leider ein unvermeidbares Verhängnis. Auch das Schrifttum und die Ausführungen des Auslandes sind ihrer Bedeutung entsprechend berücksichtigt, so daß die russische technische Enzyklopädie einen guten Überblick über den heutigen Stand der Technik bietet. Wenn sie erst vollendet vorliegt, können die Herausgeber mit Stolz auf dieses Werk blicken. [E 3608] *F. Meineke*

**Jaeger-Ulrichs, Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel.** Nachtrag zur 5. Aufl., bearb. von *A. Rühl* und *O. Ulrichs.* Berlin 1929, Carl Heymanns Verlag. 266 S. m. Abb. Preis 12 *RM.*

Der Nachtrag zur 5. Auflage des bekannten Kommentars von Jaeger-Ulrichs bringt in den ersten Abschnitten Wortlaut und Erläuterungen der Werkstoff- und Bauvorschriften für Land- und Schiffsdampfkessel nach dem heutigen Stande[1]). Daran schließen sich die Abänderungen der Allgemeinen polizeilichen Bestimmungen, die inzwischen in Kraft getreten sind, vor allem die neuen Verfügungen über den Wasserdruckversuch. Den Schluß bildet eine mit großer Sachkenntnis und Sorgfalt getroffene Auswahl von allgemeingültigen Erlassen. Diese Sammlung wird begrüßt werden, da die Erlasse meist nicht allgemein zugänglich sind und doch in manchen Zweifelsfällen wertvolle Auskunft geben können. [E 3537] *Hö.*

[1]) Vergl. a. Ausgabe September 1929, Beuth-Verlag, Berlin.

**Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen** 7 Bd.: **Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen.** Von *Landsberg.* Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 207 S. m. 80 Abb. Preis 14,50 *RM.*

**Die Gestaltung und Berechnung von Rauchgasvorwärmern** (Economisern). Von *Lothar Possner.* Berlin 1929, Julius Springer. 152 S. m. 117 Abb. Preis 16 *RM.*

**Einführung in die komplexe Behandlung von Wechselstromaufgaben.** Von *Ludwig Casper.* Berlin 1929, Julius Springer. 121 S. m. 42 Abb. Preis 6,60 *RM.*

**Die Eigenschaften des Hartmessings.** Von *O. Bauer* und *K. Memmler.* Berlin 1929, Julius Springer. 58 S. m. 76 Abb. Preis 15,50 *RM.*

**Einflüsse auf Beton.** 3. Aufl. 3. Lfg. Herausgeg. von *A. Kleinlogel.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 193 bis 288 mit Abb. Preis 6 *RM.*

**Handbuch für Eisenbetonbau, 4. Aufl. 1. Bd.: Geschichtliche Entwicklung, Versuche, Theorie.** Herausgeg. von *F. Emperger.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 2. Lfg. S. 97 bis 192 m. Abb. 108 bis 412. Preis 6,80 *RM.* 3. Lfg. S. 193 bis 228 m. Abb. 413 bis 514 und 1 bis 35. Preis 6,80 *RM.*

**Handbuch der Mineralchemie.** Herausgeg. von *C. Doelter* und *H. Leitmeier.* 4. Bd. 16. Lfg. Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 160 S. m. Abb. Preis 8 *RM.*

**Chemische Technologie der Neuzeit.** Herausgeg. von *Ottos Dammer.* 2. Aufl. von *Franz Peters.* Stuttgart 1929, Ferdinand Enke. 10. Lfg.: 192 S. m. Abb. Preis 15,60 *RM.* 11. Lfg.: 192 S. m. Abb. Preis 14,40 *RM.*

**Handbuch der physikalischen und technischen Mechanik.** Herausgeg. von *F. Auerbach* und *W. Hort.* 1. Bd. 3. Lfg. Leipzig 1929, Joh. Ambros. Barth. S. 695 bis 787 m. Abb. 424 bis 523. Preis 12,50 *RM.*

**Die Emailfabrikation.** Von *Ludwig Stuckert.* Berlin 1929, Julius Springer. 276 S. m. 37 Abb. Preis 29 *RM.*

**Die Photographie in Wissenschaft und Praxis.** Deutsche Ausgabe von *Alfred Hay.* Leipzig und Wien 1929, Franz Deuticke. 532 S. m. 192 Abb. Preis 35 *RM.*

**Der Kosteningenieur.** Entwurf zu einem Grundplan des industriellen Rechnungswesens. Von *F. Zeidler.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 179 S. m. 69 Abb. Preis 10 *RM* für Mitglieder des V. d. I. 9 *RM.* (Über den Inhalt vergl. S. 1537 dieses Heftes.)

**System der Markt-Analyse.** Von *Armin Kiehl.* Lübeck 1929, Charles Colemann. 192 S. Preis 15 *RM.*

**Die Heizerschule.** Von *F. O. Morgner.* 5. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 171 S. m. 169 Abb. Preis 5,10 *RM.*

**Zehn Jahre Eisen- und Stahlwaren-Industriebund.** Elberfeld 15. Juni 1929. 99 S. m. Abb.

**Der Benzol-Verband.** Von *Herbert Lüthgen.* Halle a. Saale 1929, Wilhelm Knapp. 135 S. Preis 8 *RM.*

**Fünfundzwanzig Jahre Technische Hochschule Danzig, 1904 bis 1929.** Herausgeg. von *H. Kindermann, O. Kloeppel, E. Schmidt, J. Sommer.* Danzig 1929, A. W. Kafemann. 344 S. m. Abb. Preis 8 *RM.*

**Die Deutsche Eisenbahn-Signalordnung in Wort und Bild.** Herausgeg. von *Fritz Schneider* und *Karl Gotter.* 3. T. Die Signale auf den Bahnhöfen. Berlin 1929, Verkehrswissenschaftliche Lehrmittelgesellschaft bei der Deutschen Reichsbahn. 50 S. m. Abb. Preis 1,50 *RM.*

Sammlung Göschen 499. Bd.: **Das autogene Schweiß- und Schneidverfahren.** Von *Hans Niese,* unter Mitarbeit von *Hch. Krökel.* 4. Aufl. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 141 S. m. 49 Abb. Preis 1.50 *RM.*

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Gaskompressoren für die Ammoniaksynthese. Von *V. Fischer* | 1533 |
| Der Zinsenaufwand in der Fertigung | 1537 |
| Langlochfräsen in Holz. Von *G. Harnisch* | 1538 |
| Englische Verkehrs- und Kriegsflugzeuge auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung London 1929. Von *F. Isermann* | 1541 |
| Neuartige Schwimmkrane im Hamburger Hafen. Von *O. Wundram* | 1547 |
| Technik in der Forstwirtschaft | 1548 |
| Die Streckenbewetterung durch Lutten mit selbsttätigem Bewetterungsantrieb. Von *J. Maercks* | 1549 |
| Festigkeiten von Gußteilen | 1556 |
| Rundschau: Die Talsperre „Calles" in Mexiko — Neue Wagen der Untergrundbahn in Philadelphia — Druckölsteuerung für Dampfmaschinen — Kühlung von großen Stromerzeugern — Die Kohlenlöschanlage für das neue Großkraftwerk in Buenos-Aires — Kleine Mitteilungen | 155 |
| Bücherschau: Die Maschinenelemente. Von *F. Rötscher* — „Hütte". Bootsbau, Praktischer Schiffbau (Brix). Von *A. Neesen* — Die neuere Entwicklung der Hochfrequenztelephonie und -telegraphie auf Leitungen. Von *E. Habann* — Gesammelte Abhandlungen zur Kenntnis der Kohle. Von *F. Fischer* — Elektrische Ausgleichsvorgänge und Operatorenrechnung. Von *J. R. Carson* — Technische Enzyklopädie. Von *Martens, Wolfsohn, Weiß, Kusminski* — Bestimmungen über Anlegung und Betrieb der Dampfkessel. Von *A. Rühl* und *O. Ulrichs* — Eingänge | 156 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß,* in Vertr. *K. Meyer,* Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★

Bd. 73 SONNABEND, 2. NOVEMBER 1929 Nr. 44

# Die Kräfte in der Werkzeugmaschine

*Von GEORG SCHLESINGER, Charlottenburg*

*Vorgetragen auf dem diesjährigen Welt-Ingenieurkongreß in Tokio*

*Die hohen Anforderungen, die an die Arbeitsgenauigkeit neuzeitlicher Werkzeugmaschinen gestellt werden, bedingen scharfe Abnahmeprüfungen auf Grund von allgemein gültigen Prüfvorschriften. Die großen Leistungen, die man von den Maschinen fordert, verlangen zu deren richtiger Durchbildung die genaue Kenntnis der beim Arbeiten auftretenden Kräfte. Die vom Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen an der Technischen Hochschule zu Berlin geschaffenen Einrichtungen zur Kraftmessung an der Drehbank, Bohrmaschine, Fräsmaschine, Schleifmaschine werden gezeigt und Ergebnisse dieser Messungen in Schaubildern wiedergegeben.*

Austauschbau und Fließfertigung beruhen auf der Leistungsfähigkeit der Werkzeugmaschinen, die vor allem so genau arbeiten müssen, daß die auf ihnen hergestellten Teile die Vorschriften über die Sitzart (Bewegungssitz oder Ruhesitz) und über den Gütegrad der Passung (Edel-, Fein-, Schlicht- oder Grobpassung) so vollständig erfüllen, daß alle Stücke maschinenfertig und austauschbar sind.

Um diese schwerste Aufgabe der Fertigung zu erfüllen, gleichgültig, ob es sich um eine einfache zylindrische Welle oder ein schwieriges großes Dieselmotorgehäuse handelt, müssen die Werkzeugmaschinen heute überaus scharfe Abnahmebedingungen erfüllen, für die als Beispiel die Prüfvorschrift für ein Riesenbohrwerk gegeben ist, Abb. 1 und 2.

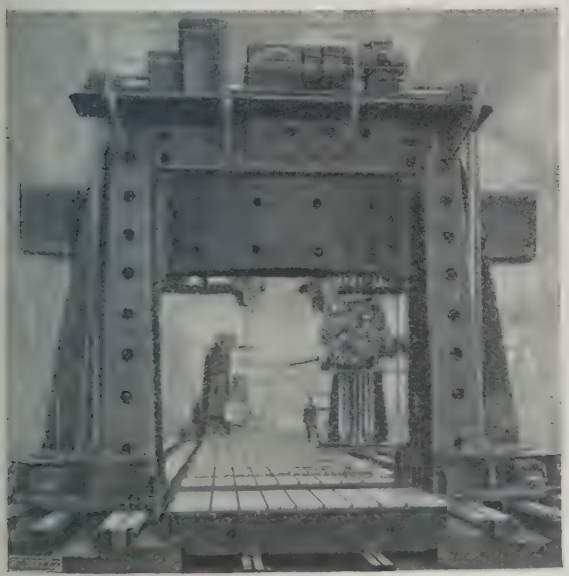
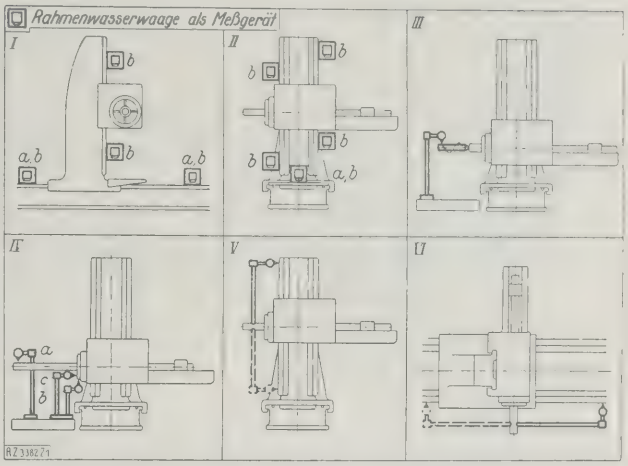


Abb. 2. Riesenbohr- und Fräswerk, an dem die Genauigkeitsmessungen vorgenommen worden sind.




| Gegenstand der Messung | Prüf-Bild | Zulässige Fehler | Festgestellte Fehler |
|---|---|---|---|
| **Bett und Ständer:** | | | |
| Bettführungen eben in Längsrichtung | I a | ± 0,03 auf 1000 mm | ± 0,03 auf 1000 mm |
| Desgleichen in Querrichtung | II a | ± 0,03 auf 1000 mm | ± 0,03 auf 1000 mm |
| Ständerführung senkrecht zum Bett in der Bohrspindelebene | II b | ± 0,04 auf 1000 mm | ± 0,025 auf 1000 mm |
| Desgleichen in der Ebene senkrecht dazu | I b | ± 0,04 auf 1000 mm | ± 0,02 auf 1000 mm |
| **Spindelstock:** | | | |
| Kegel der Bohrspindel auf Schlag; max. Schlag, am 300 mm langen Dorn gemessen (Messung bei zurückgezogener Spindel) | III | 0,03 mm | 0,01 auf 800 mm |
| Bohrspindel auf Schlag (Bohrspindel um 500 mm vorgeschoben) | IV a | 0,05 mm | 0,025 auf 700 mm |
| Planscheibe und Hohlspindel auf Rundlauf | IV b | 0,03 mm | — |
| Planscheibe und Hohlspindel auf axial schiebende Bewegung | IV c | 0,02 mm | — |
| Bohrspindel senkrecht zum Ständer (Umschlag; Spindel nur steigend) | V | 0,03 auf 1000 mm | 0,018 auf 1000 mm |
| Bohrspindel senkrecht zum Bett (Umschlag) | VI | 0,03 auf 1000 mm | 0,015 auf 1000 mm |

**Abb. 1.** Ausgefüllte Prüfkarte nach *G. Schlesinger* für ein Riesenbohr- und Fräswerk.

Die zu Abb. 1 gehörige Zahlentafel zeigt, daß es sich überall um wenige Hundertstel Millimeter handelt, die in den Führungen, Lagern usw. eingehalten werden müssen, wenn eine hochwertige Werkzeugmaschine genau genug arbeiten soll.

Diese Abnahmebedingungen werden stets bei der unbelasteten Maschine nachgeprüft. Man nimmt eben an und muß annehmen, daß eine erstklassige Maschine so kräftig ausgeführt ist, daß sie auch unter voller Ausnutzung des Antriebmotors niemals so angestrengt wird, daß Lager, Führungen, Räder, Wellen usw. etwa überbeansprucht werden, durch die zu starke Anstrengung ihre Genauigkeit verlieren und die Maschine minderwertig oder gar unbrauchbar machen.

Um die Maschine stark genug zu bemessen, müssen wir vor allem die Kräfte kennen, die beim Drehen,

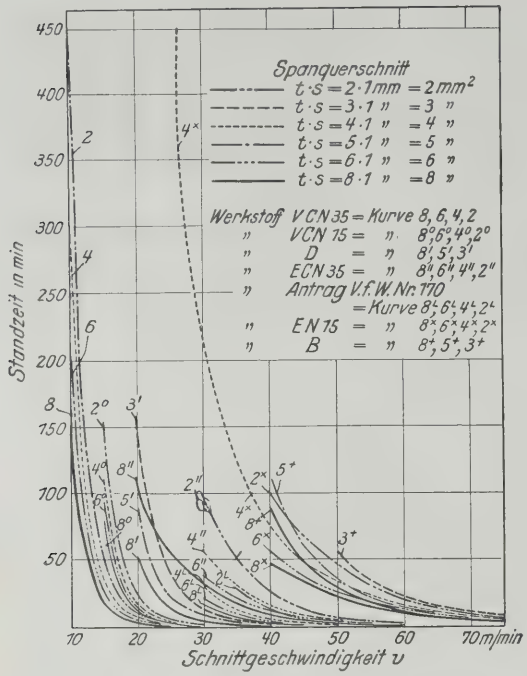



Abb. 3. Standzeitkurven von Drehstählen aus Schnellstahl.

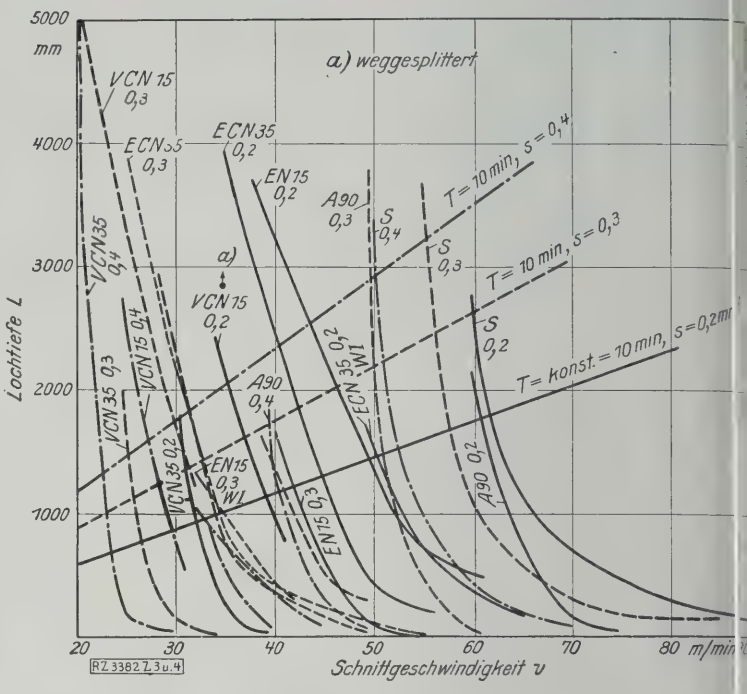



Abb. 4. Standzeitkurven von Bohrern aus Schnellstahl, gemessen in Lochtiefen.

Die Zahlen an den Standzeitkurven (0,2, 0,3, 0,4) bedeuten die Vorschübe a... in mm/U. Vergl. „Werkstattstechnik" Bd. 23 (1929) Nr. 1 S. 8.

**Zahlentafel 1.** Analysen und Festigkeitswerte der untersuchten Werkstoffe.

| Stahlbezeichnung | Siemens-Martin-Stahl | | Nickel-Einsatzstahl | | Chrom-Nickel-Einsatzstahl | | Chrom-Nickel-Vergütungsstahl | | | Chrom-Nickel-Vergütungsstahl | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | B | D | EN 15 | | ECN 35 | | VCN 15 | | VCN 15 k (kleine Welle) | VCN 35 | | VCN (kle Wel |
| Bestandteile | Analysenergebnis | Analysenergebnis | Normvorschrift | Analysenergebnis | Normvorschrift | Analysenergebnis | Normvorschrift | Analysenergebnis | Analysenergebnis | Normvorschrift | Analysenergebnis | An lyse ergeb |
| C ..... vH | 0,17 | 0,42 | 0,09—0,18 | 0,15 | 0,09—0,18 | 0,14 | 0,25—0,40 | 0,35 | 0,32 | 0,25—0,40 | 0,36 | 0,3 |
| Mn ..... " | 0,56 | 0,89 | ≦ 0,50 | 0,53 | ≦ 0,50 | 0,51 | 0,4 —0,8 | 0,72 | 0,71 | 0,4 —0,8 | 0,59 | 0,6 |
| Si ..... " | 0,01 | 0,28 | ≦ 0,35 | 0,27 | ≦ 0,35 | 0,33 | ≦0,35 | 0,38 | 0,32 | ≦0,35 | 0,38 | 0,3 |
| S ..... " | 0,110 | 0,032 | ≦ 0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,025 | ≦ 0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,030 | ≦0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,025 | 0,025 | ≦0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,031 | 0,0 |
| P ..... " | 0,085 | 0,03 | ≦ 0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,015 | ≦ 0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,015 | ≦0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,02 | 0,025 | ≦0,035 S + P ≦ 0,06 | 0,02 | 0,0 |
| Ni ..... " | Spur. | Spur. | 1,5 ± 0,25 | 1,51 | 3,5 ± 0,25 | 3,60 | 1,5 ± 0,25 | 1,36 | 1,38 | 3,5 ± 0,25 | 3,18 | 3,1 |
| Wo ..... " | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | | 0,0 | | 0,0 | 0,0 | | 0,0 | 0,0 |
| Cr ..... " | 0,0 | 0,0 | ≦0,30 | 0,32 | 0,75 ± 0,20 | 0,89 | 0,5 ± 0,20 | 0,70 | 0,69 | 0,75 ± 0,20 | 0,89 | 0,9 |
| Brinellhärte | $H_B$ = 115 | $H_B$ = 172,8 | geglüht höchstens $H_B$ = 162 | $H_B$ = 115,2 | geglüht höchstens $H_B$ = 206 | $H_B$ = 146 | geglüht höchstens $H_B$ = 206 | $H_B$ = 201,7 | $H_B$ = 207 | geglüht höchstens $H_B$ = 236 | $H_B$ = 242 | $H_B$ = 2 |
| Brinellfestigkeit kg/mm² | 40 | 60 | geglüht höchstens 55 | 40 | geglüht höchstens 70 | 51 | geglüht höchstens 70 | 70 | 72 | geglüht höchstens 80 | 84 | 86 |

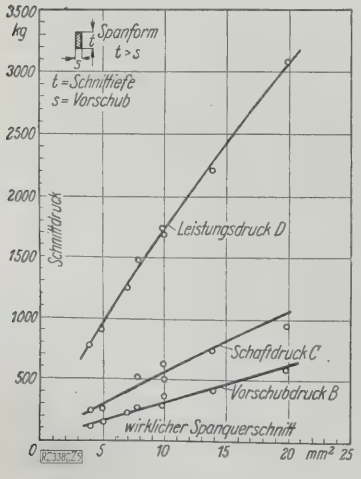



Abb. 5
Schnittdrücke beim Drehen von Stahl von 45 kg/mm² Festigkeit bei $v = 12$ m/min

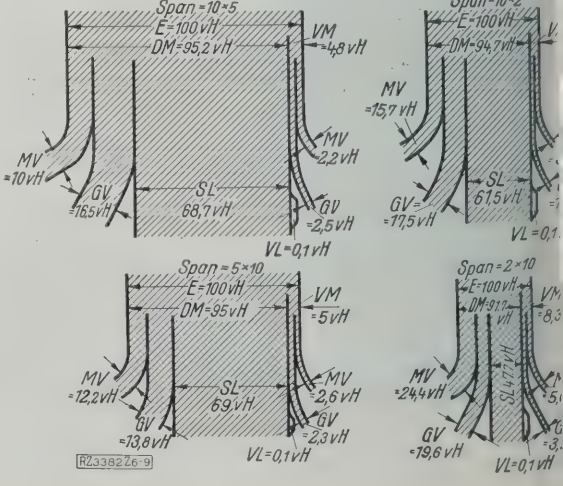



Abb. 6 bis 9
*Sankey*-Schaubilder, Brutto- und Nettoleistungen bei reziproken Spanquerschnitten für $v = 12$ m/min beim Drehen von Stahl von 45 kg/mm² Festigkeit.

*E* gesamte zugeführte Energie
*DM* dem Drehbankmotor zugeführte elektrische Energie
*VM* dem Vorschubmotor zugeführte elektrische Energie
*MV* Motorverluste
*GV* Getriebeverluste
*SL* reine Schnittleistung
*VL* „ Vorschubleistung

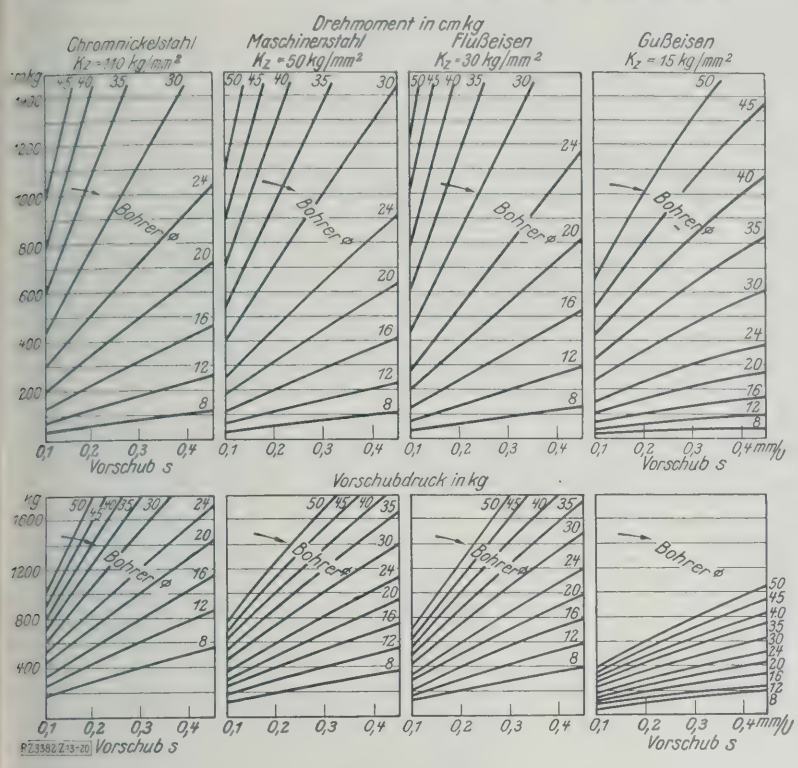



**Abb. 12 bis 19**
Drehmomente und Bohrdrücke für verschiedene Werkstoffe und Bohrdurchmesser.

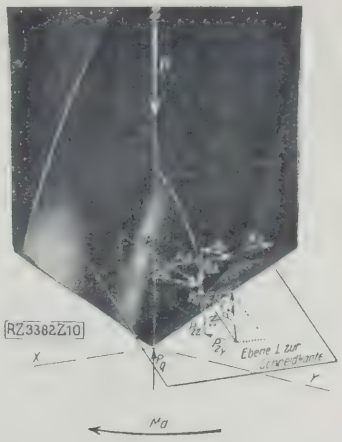
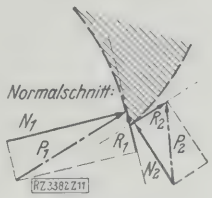



**Abb. 10 und 11**
Die äußeren Kräfte am Spiralbohrer.




$P$ gemessene Vorschubkraft
$M_d$ gemessenes Drehmoment
$N_1$ Normalkraft zur Brustfläche
$N_2$ „ „ Rückenfläche
$R_1$ Reibungskraft in der Brustfläche
$R_2$ „ „ „ Rückenfläche
$R_3$ „ „ „ Fasenfläche
$P_q$ Axialkraft der Querschneide

Bohren, Fräsen, Schleifen, Hobeln usw. auftreten, und zwar bei den heute üblichen mittleren Spanquerschnitten, um die bei der Spanarbeit beanspruchten Teile berechnen zu können.

Kennt man den Energieverbrauch einer Maschine, so gilt allgemein die Gleichung $E = P\,v$, in der $P$ die Zerspanungskraft je nach dem Werkstoff des Werkzeuges (Schnellstahl, Stellit, Wolframkarbid, Carboloy, Widia) und des Werkstückes (Elektron, Aluminium, Messing, Bronze, Gußeisen, SM-Stahl, Chromnickelstahl) darstellt. Die Zerspanungskraft $P$ hängt nur ab von dem Spanquerschnitt $q = ts$ (Spantiefe mal Vorschub) und dem Werkstoff, wenn man ein Werkzeug zweckmäßigster, aber gleicher Form anwendet.

Die wechselnde Schnittgeschwindigkeit $v$ hat keinen Einfluß auf die Kräfte, die sich aus Spanquerschnitt und Werkstoffziffer ergeben, deren Größe aber von entscheidender Bedeutung für die Bemessung der Werkzeugmaschine ist.

Im Charlottenburger Versuchsfeld für Werkzeugmaschinen sind im Laufe von 25 Jahren Einrichtungen entwickelt worden, die gestatten, die Kräfte am Werkzeug unmittelbar während der Arbeit zu messen, und damit die Grundlage für eine planmäßige Berechnung der Werkzeugmaschine auf fester wissenschaftlicher Grundlage geben. Der Inhalt dieser Arbeit ist, die Kraftmessung an vier Hauptmaschinen der Fertigung, Drehbank, Bohrmaschine, Fräsmaschine, Schleifmaschine, zu schildern. Dazu müssen bekannt sein: das Werkzeug, die Kräfte am Werkzeug, das Kraftmeßgerät, die Kraftgröße, die Lebensdauer des Werkzeugs bei gewählten Schnittgeschwindigkeiten und festem Querschnitt. Aus solchen Untersuchungen ergeben sich vorweg die überaus wichtigen Beziehungen zwischen den Eigenschaften des zu bearbeitenden Baustoffes, der besten Schnittgeschwindigkeit und der Lebensdauer des Werkzeuges. Diese Beziehungen ersieht man am einfachsten für den Werkstattgebrauch aus den Standzeitkurven, von denen in Abb. 3 eine Charakteristik der Bearbeitung durch Drehen, in Abb. 4 eine solche durch Bohren gezeigt wird[1]).

[1]) Vergl. „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) S. 628.

Die Analysen der bearbeiteten Stücke, bestehend aus den verschiedensten Stahlsorten, sowohl für Bohren als auch für Drehen, sind in Zahlentafel 1 dargestellt.

### Kraftmessung der Drehbank

Verwendet wurde eine schwere Versuchsdrehbank[2]). Das Werkstück wird in üblicher Weise zwischen Spitzen aufgenommen und mit einem praktisch starren Mitnehmer mitgenommen. Das Werkzeug ruht auf einer hydraulischen Dreikomponentenwaage[3]); die drei Komponenten: Leistungsdruck $D$ senkrecht nach unten, Schaftdruck $C$ und Vorschubdruck $B$ werden einzeln während der Arbeit gemessen. Abb. 5 zeigt eine Zusammenstellung der bei wechselndem Spanquerschnitt des gleichen zu bearbeitenden Werkstoffs auftretenden Bearbeitungskräfte beim Abdrehen. Die Reichweite der Versuche bestreicht alle Querschnitte von $4 \times 1$ bis $16 \times 8\,\mathrm{mm}^2$ längs- und querliegend (reziproke Querschnitte), von denen in Abb. 5 nur die Versuchswerte für $4 \times 1$ und $4 \times 2$ bis $10 \times 2\,\mathrm{mm}^2$ eingetragen sind, und gestattet, nach getroffener Wahl des Höchstwertes für die Spangröße, die auftretenden Kräfte abzulesen und nunmehr die Maschine zu berechnen.

Die Verteilung des Energieverlaufes auf die Teile des Triebwerkes für Schnitt, Vorschub, Motor bei verschieden großen Spänen von $10 \times 5$ und $10 \times 2\,\mathrm{mm}^2$ und reziproken Spanquerschnitten von $5 \times 10$ und $2 \times 10\,\mathrm{mm}^2$ zeigt Abb. 6 bis 9.

### Kraftmessung an der Bohrmaschine

Der Spiralbohrer ist ein Werkzeug, das fertig gehärtet in unveränderlicher Gestalt, von dem veränderlichen Spitzenschliff sei abgesehen, in der Werkstatt verbraucht wird. Das ist ein wesentlicher Unterschied gegenüber dem Drehstahl, der häufig neu gehärtet und je nach dem Werkstoff mit verändertem Anschliff benutzt wird.

Bei der Arbeit des Bohrers wirken: 1. eine senkrechte Kraft $P$ in der Bohrerachse und 2. ein Drehmoment $Md$ an den äußersten Schneidkanten, Abb. 10 und 11. Beide Kräftegruppen werden mittels hydrau-

[2]) Vergl. „Werkstattstechnik" Bd. 20 (1926) Heft 21 S. 640.
[3]) Vergl. „Werkstattstechnik" Bd. 20 (1926) Heft 21 S. 639.

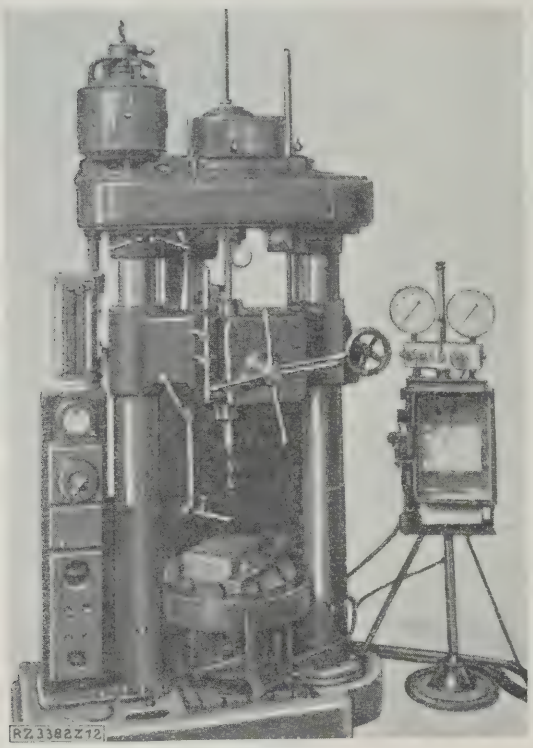



**Abb. 27**
Bohrpresse mit Meßeinrichtung.

lischen Meßtisches gemessen[4]), auf dessen oberer Tischplatte das Werkstück aufgespannt ist, während das Werkzeug, der Bohrer, ohne jede Änderung in der Arbeitspindel mit dem Morsekegel gehalten wird. Das ist eine wesentliche Abänderung im Vergleich zur Drehbank. Abb. 12 bis 19 geben eine Übersicht über die gemessenen Drehmomente und Bohrdrücke für verschiedene Werkstoffe und Bohrdurchmesser in Abhängigkeit vom Vorschub.

Die Energieverteilung auf Verlust im Antriebmotor, in der Bohrmaschine, Vorschub- und Drehmomentleistung zeigen die *Sankey*-Diagramme, Abb. 20 bis 26. Abb. 27 zeigt die benutzte Zweisäulenbohrmaschine mit der gesamten Meßeinrichtung.

### Kraftmessung an der Fräsmaschine

Der Fräser ähnelt grundsätzlich dem Spiralbohrer insofern, als er ebenfalls fertig gehärtet in unveränderlicher Form benutzt und durch Schleifen nach dem

[4]) Vergl. „Werkstattstechnik" Bd. 20 (1926) Heft 21 S. 642.

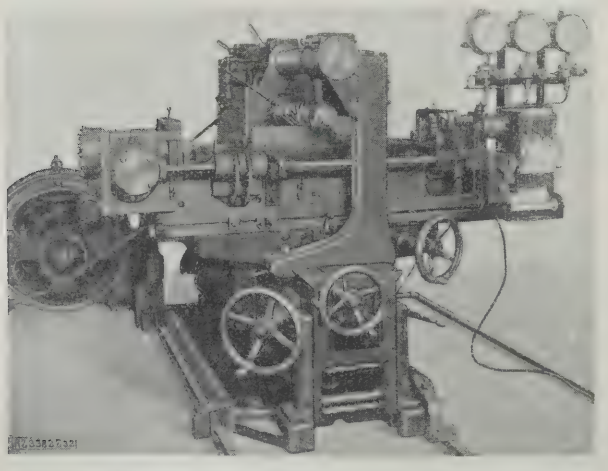


**Abb. 32.** Fräsmaschine mit Meßtisch zur Ermittlung der Frädrücke.

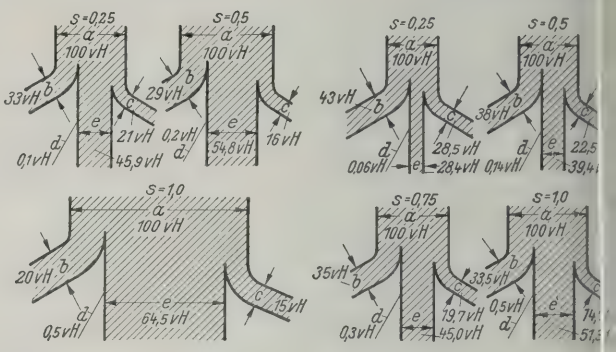
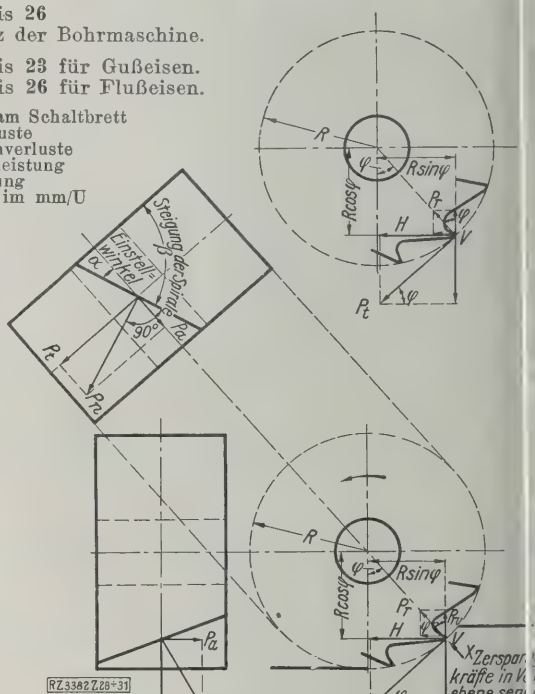



**Abb. 20 bis 26**
Die Bilanz der Bohrmaschine.

**Abb. 20 bis 23** für Gußeisen.
**Abb. 24 bis 26** für Flußeisen.

*a* Leistung am Schaltbrett
*b* Motorverluste
*c* Maschinenverluste
*d* Vorschubleistung
*e* Drehleistung
*s* Vorschub im mm/U



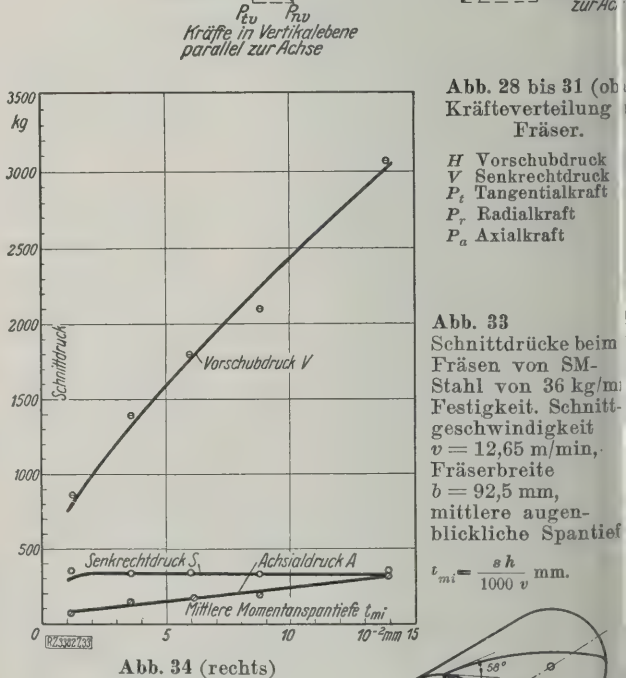




**Abb. 28 bis 31** (ob...
Kräfteverteilung ...
Fräser.

*H* Vorschubdruck
*V* Senkrechtdruck
$P_t$ Tangentialkraft
$P_r$ Radialkraft
$P_a$ Axialkraft

**Abb. 33**
Schnittdrücke beim Fräsen von SM-Stahl von 36 kg/m... Festigkeit. Schnittgeschwindigkeit $v = 12{,}65$ m/min, Fräserbreite $b = 92{,}5$ mm, mittlere augenblickliche Spantief...

$$t_{mi} = \frac{s\,h}{1000\,v}\ \text{mm}.$$

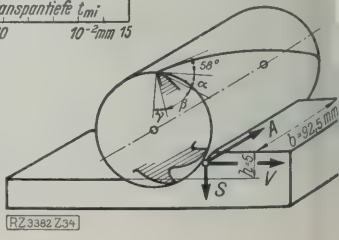



**Abb. 34** (rechts)
Versuchsfräser.

*V* Vorschubdruck
*S* Senkrechtdruck
*A* Axialdruck in Richtung der Fräserachse
Zu beachten ist, daß diese Bezeichnungen, von denen in Abb. 28 bis 31 abweichen.

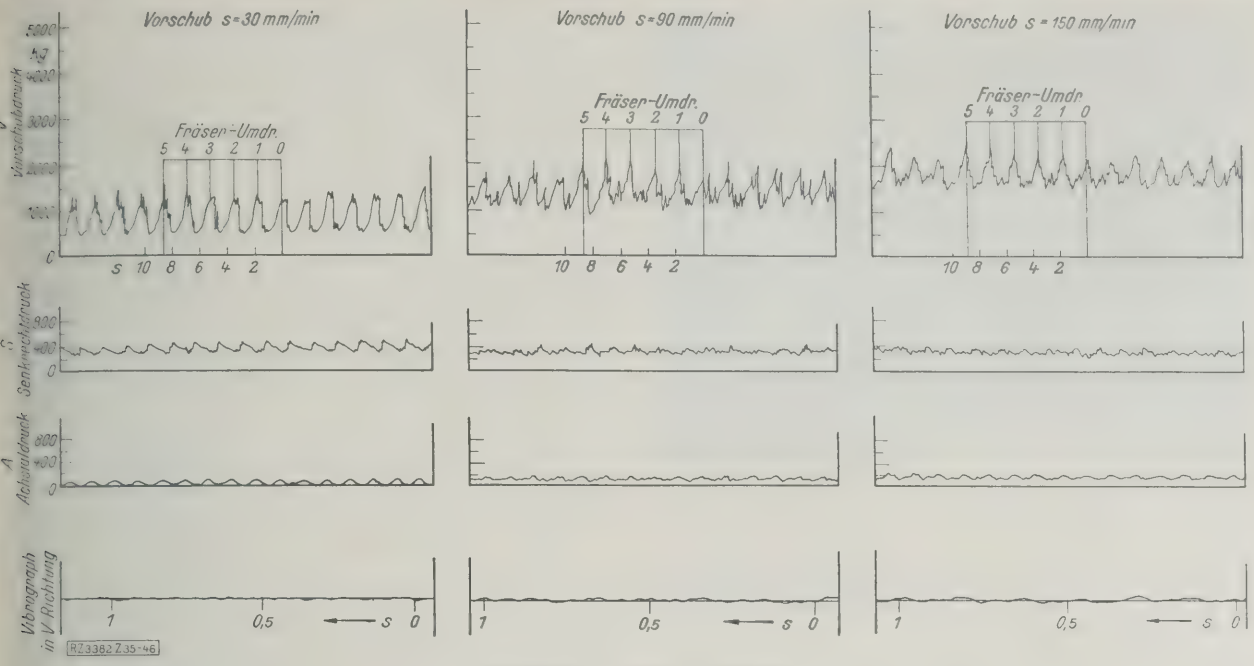
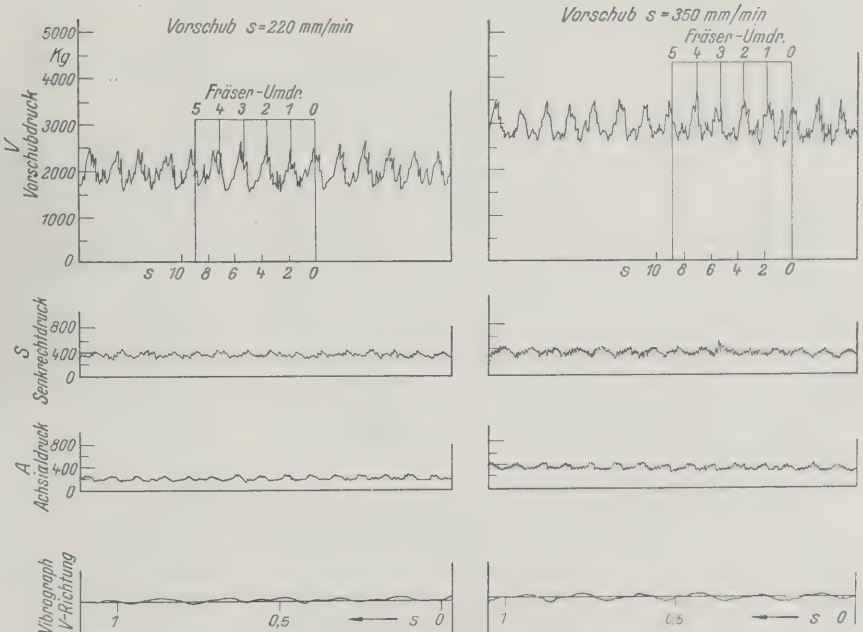



**Abb. 35 bis 54**
Schnittdruckdiagramme für Fräsen.

Fräserdurchmesser $D = 120$ mm
Fräserzähnezahl $Z = 10$
Spiralsteigung 58°
$\alpha = 5°$, $\beta = 57° 15'$, $\gamma = 27° 45'$
Fräserdrehzahl $n = 33{,}5$ U/min
Frästiefe $h = 5$ mm
Fräserbreite $b = 92{,}5$ mm
Werkstoff SM-Stahl von 36 kg/mm² Festigkeit




Stumpfwerden wieder instand gesetzt wird. Seine Arbeitsweise aber besteht in der Regel durch Drehung am Ort, während das festgespannte Werkstück den Vorschub erhält. Diese scheinbar geringfügige Änderung gegenüber dem Spiralbohrer ändert die Meßeinrichtung sehr tiefgehend und hat ihre Durchbildung bis zur Hergabe wirklich brauchbarer Messungen sehr langwierig gemacht. Die Messungen sind erst im Frühjahr 1929 voll geglückt.

Abb. 28 bis 31 stellt die Kräfteverteilung am Fräser dar, Abb. 32 den sehr großen Meßtisch, der an einer Winkeltisch-Starrfräsmaschine angebracht ist. Entschei-

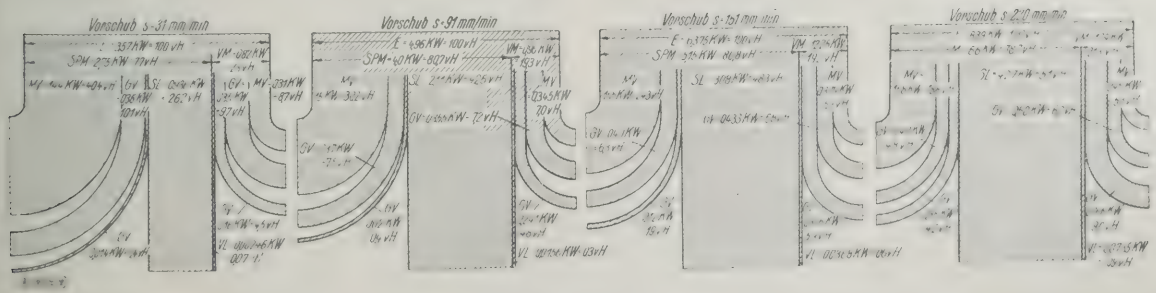


**Abb. 55 bis 58**
Bilanz einer Fräsmaschine.

*Fräser:* Zähnezahl $Z = 10$, Spiralsteigung 48°, $\alpha = 10° 10'$, $\beta = 70° 20'$, $\gamma = 9° 30'$, Dmr. = 130 mm.
*Arbeit:* Frästiefe $h = 5$ mm, Fräserbreite $b = 92{,}5$ mm, Schnittgeschwindigkeit $v = 13{,}3$ m/min.
*Werkstoff:* SM-Stahl von 60 bis 70 kg/mm² Festigkeit.

*E* Gesamte zugeführte elektrische Leistung
*SPM* Leistung des Spindelmotors
*VM* Leistung des Vorschubmotors
*MV* Motorverluste
*GV* Getriebeverluste
*SL* Spindelleistung
*VL* Vorschubleistung

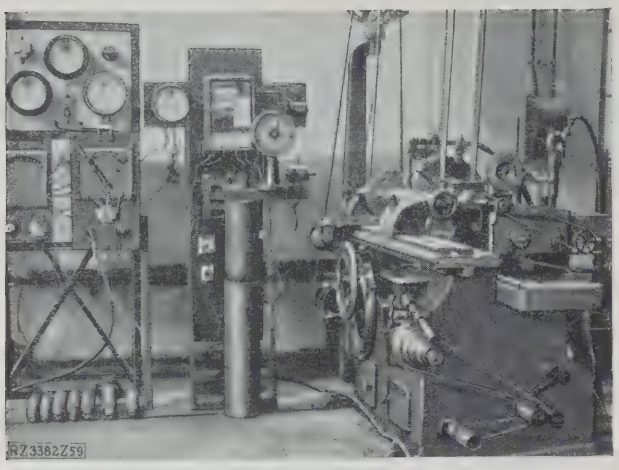


Abb. 59
Rundschleifmaschine mit Meßeinrichtung.

dend ist die Form der Fräserzähne, für die heute beim Walzenfräser wohl nur noch Schraubenzähne mit Neigungen zwischen 30° und 60° verwendet werden. Die Hauptkraft tritt als Vorschubkraft waagerecht in der Tischlängsachse auf; verhältnismäßig klein ist der senkrechte Druck nach unten, auch die Axialkraft am Werkzeug bleibt in mäßigen Grenzen.

Abb. 33 und 34 zeigen die nach den drei Richtungen gemessenen Schnittdrücke. Abb. 35 bis 54 sind Schaubilder, die das Gerät nach den drei Richtungen unter Obhut des Vibrographen aufgeschrieben hat. Die Schwankungen der Schaulinien bedeuten, wie die gerade und erzitterungsfreie Linie des Vibrographen beweist, keine Erschütterungen, sondern Querschnittsunterschiede, die sich aus dem dauernd veränderten sogenannten „Momentanquerschnitt" naturgemäß ergeben müssen, wo bald zwei, bald drei Zähne mit veränderlicher Gesamtspangröße im Schnitt sind.

Die Bilanz der Fräsmaschine ergibt sich, wenn man die Verluste im Spindelmotor, im Spindelgetriebe, im Vorschubmotor und im Vorschubgetriebe für sich ermittelt und von der Gesamtleistung 100 vH des Spindelmotors und Vorschubmotors absetzt, Abb. 55 bis 58.

Die Bilanzen sind in Form von *Sankey*-Diagrammen für verschiedene Belastungen der Maschine, die im vorliegenden Falle von 3,57 kW bis 8,39 kW stiegen, aufgestellt. Entscheidend ist bei gleichem Spanquerschnitt von 5 mm Tiefe und 92,5 mm Breite der Vorschub. Der Vorschub wird in dem dargestellten Beispiel von 31 mm in 1 min auf 91, auf 151 und schließlich auf 220 mm gesteigert.

Ähnliche Arbeiten sind seit etwa drei Jahren an der Schleifmaschine in vollem Gange, sind aber noch nicht so weit beendet, daß sich eine volle Bilanz ziehen läßt. Immerhin sei es gestattet, in Abb. 59 die Meßeinrichtung an einer neuzeitlichen Rundschleifmaschine für die Schnitt- und Vorschubarbeit zu zeigen. [B 3382]

## Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1928[1])

Im Berichtjahr war die Reichsanstalt an drei internationalen Tagungen beteiligt: an dem 2. internationalen Radiologen-Kongreß in Stockholm, an der Tagung der internationalen Beleuchtungskommission in den Vereinigten Staaten und an der Konferenz über die internationale Normung des Aluminiums (IEC) sowie der elektrischen Einheiten in Paris.

### Arbeiten der Präsidialabteilung

Im Laboratorium des Präsidenten wurden die spektralanalytischen Arbeiten fortgesetzt und ein neues Verfahren der Versilberung von Glas- und Quarzplatten für interferometrische Zwecke durch Verdampfen im äußersten Vakuum ausgearbeitet.

Das Laboratorium für Radioaktivität stellte mit ein und derselben Versuchsanordnung Atomzertrümmerungsversuche an und untersuchte die durch $\alpha$-Strahlen erregten Röntgenstrahlen näher; ferner machte man Versuche mit dem *H*-Strahlenzähler nach *Geiger* und *Klemperer* und verbesserte ihn. Über die bei Kaliumsalzen gefundene neuartige, besonders harte $\gamma$-Strahlung wurden in einem Schacht der Preußischen Bergwerks- und Hütten-A.-G. in Staßfurt Messungen vorgenommen.

Das chemische Laboratorium führte auf Anregung der Deutschen Glastechnischen Gesellschaft eine planmäßige Untersuchung an ungekühlten Apparatgläsern durch, nach der das Glas auf Grund der in Wasser gelösten Bestandteile bei fünfstündiger Extraktion in fünf Klassen geteilt werden konnte. Die Untersuchungen an Rhenium wurden fortgesetzt. 1,2 g Rhenium wurden rein dargestellt; man maß sein Atomgewicht und untersuchte zehn seiner Verbindungen.

Die Hauptarbeit des Laboratoriums für Feinmechanik und Akustik galt der Durchführung der vom Röhren-Verband beantragten Prüfung kegeliger Röhrengewinde nach den Normen des American Petroleum Institute. Das Laboratorium erprobte die hierfür bestimmten Meßeinrichtungen an Normalgewinden von 2″, 5¾″ und 16″.

Im photochemischen Laboratorium war man u. a. mit Arbeiten über die Röntgenspektroskopie des Rheniums beschäftigt.

Die Einrichtungen des Kältelaboratoriums wurden so verbessert, daß man nun bereits in zwei Stunden flüssigen Stickstoff und in anderthalb Stunden flüssige Luft erzeugen kann. Im Berichtjahr wurden 7700 l flüssiger Stickstoff und Sauerstoff hergestellt und 807 l flüssiger Wasserstoff, wovon 208 l nach auswärts abgegeben wurden. Man verbesserte metallene Vakuummantelgefäße von 10 l Inhalt, insbesondere durch Verkupfern und Versilbern der inneren Oberfläche, so weit, daß darin stündlich nur noch 15 g flüssiger Wasserstoff verdampfen. 937 l Helium wurden neu gewonnen, so daß der Vorrat jetzt 7500 l beträgt. Die spezifische Wärme des gasförmigen Heliums wurde bei — 269° bestimmt, der elektrische Widerstand von fünfzehn bei tiefer Temperatur noch nicht untersuchten Metallen gemessen, von denen sich nur Tantal als supraleitend erwies. Die Präsidial-Abteilung erledigte ferner 700 Prüfaufträge.

### Arbeiten der Abteilung I für Maß und Gewicht

Das Laboratorium für Längenmessungen befaßte sich mit der Untersuchung und Zulassung verschiedener Längen- und Flächenmeßmaschinen und mit Prüfungen von Spritzgußstücken auf Formbeständigkeit. Es setzte die Längenmessungen nach dem Interferenzverfahren fort und betrieb weiterhin die Arbeiten für die Ausbildung des Interferenzkomparators für lange Endmaße und für die Ausmessung des Krypton-Spektrums; zum ersten Male wurden ferner Krypton-Normalröhren für Interferenz-Längenmessungen amtlich beglaubigt; zum Betrieb der Krypton-Röhren wurde ein Gleichrichtergerät entwickelt. Spektral-Röhren, die mit flüssiger Luft oder Wasserstoff wirksam gekühlt werden können, füllte man mit reinem Krypton; man hofft damit die Interferenzfähigkeit des Krypton-Lichtes so weit zu steigern, daß Endmaße bis 1 m Länge in einem Arbeitsgang ausgemessen werden können. Das Verfahren der Versilberung durch Kathoden-Zerstäubung wurde wesentlich verbessert.

In den Laboratorien für Wägungen wurden u. a. Prüfverfahren für Waagen mit Neigungsgewichtseinrichtungen weiter ausgebildet mit dem Ergebnis, daß allein 32 Bauarten endgültig und 45 probeweise zur Eichung zugelassen wurden. Die Ausbildung von Prüfverfahren für Gleiswaagen ohne Gleisunterbrechung[2]) für Höchstlasten von mehr als 50 t machte große Fortschritte.

Im Laboratorium für Gas- und Flüssigkeitsmesser standen die System- und Konstruktionsprüfungen von Gasmessern, sowie von Meßgeräten für Mineralöle und für Milch an erster Stelle. Die Zahl der von der Abteilung I bearbeiteten Prüfanträge betrug nahezu 2400.

[1]) Auszug aus dem Tätigkeitsbericht in Z. f. Instrumentenkunde Bd. 49 (1929) Nr. 4 S. 157, Nr. 5 S. 213 u. Nr. 6 S. 265. Frühere Tätigkeitsberichte s. Z. Bd. 71 (1927) S. 1406, Bd. 72 (1928) S. 1551.

[2]) s. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 1019.

### Arbeiten der Abteilung II für Elektrizität und Magnetismus

Kurvenformen, Wirkungsgrad und Durchschlagsicherheit verschiedener Typen von Trockenplatten-Gleichrichtern wurden untersucht. Ein elektrischer Ofen, dessen Kern aus einem Nickelvollzylinder besteht, wurde zum Zweck von Metalluntersuchungen für rasche Kühlung eingerichtet, indem der Block durchbohrt wurde; durch die Bohrung wird kalte Luft gesogen. Untersuchungen der Allotropie von Metallen ergaben, daß Wismut weder bei 75 ° — wie behauptet worden war — noch bei höherer Temperatur einen Umwandlungspunkt hat. Der Bereich zwischen 160 und 220 °, in dem ein Umwandlungspunkt des Zinnes liegen soll, wurde hierfür als zu groß festgestellt. Nach den Ermittelungen der Abteilung II liegt dieser zwischen 205 und 210 °. Der Einfluß der Temperatur auf die Elastizitätskonstanten wurde an Kristallstäben von Gold und Aluminium untersucht, außerdem die Gesetzmäßigkeit hochfrequenter elastischer Schwingungen an Quarzstäben. Von den sechs Elastizitätszahlen des Quarzes ließen sich durch piezoelektrisch angeregte Schwingungen vier bestimmen.

Die internationalen elektrischen Frequenzmessungen mit piezoelektrischen Oszillatoren des Bureau of Standards und Leuchtresonatoren der Reichsanstalt haben ergeben, daß die Frequenzskalen der fünf beteiligten Länder (Amerika, Deutschland, England, Frankreich und Italien) auf $\pm 4 \cdot 10^{-5}$ übereinstimmen.

Die Entwicklung des Rundfunks hat bewirkt, daß man neuerdings immer genauere Frequenzmessungen braucht. Die in den Jahren 1920 bis 1923 aufgestellte Frequenzskala der Reichsanstalt war auf $1 \cdot 10^{-4}$ bis $2 \cdot 10^{-4}$ genau, was damals mehr als ausreichend war. Heute ist die zehnfache Genauigkeit erforderlich und, besonders mit piezoelektrischen Resonatoren, auch erreichbar. Die Reichsanstalt stellt zur Zeit eine neue Frequenzskala auf, die folgendermaßen festgelegt wird:

1. durch einen Fundamentalpunkt nicht sehr hoher Frequenz (1560 Hertz) auf Grund von Zeitmessungen mit Chronographen;

2. durch leuchtende Quarzresonatoren vom Frequenzbereich $10^3$ bis $10^7$ Hertz, die mit Hilfe von harmonischen Oberschwingungen auf den Fundamentalpunkt bezogen werden;

3. durch den bisherigen, aus Schwingungskreisen bestehenden Normalfrequenzmesser mit kontinuierlicher Skala, der unmittelbar und über Quarzresonatoren an den Fundamentalpunkt angeschlossen wird. Ein dafür bestimmter, von der Temperatur fast ganz unabhängiger Stimmgabelsender nach *Karolus*[3]) hat bisher nur Abweichungen von weniger als $2 \cdot 10^{-6}$ von der Normalfrequenz ergeben, was schon an der Unsicherheit der Zeitmessungen (0,2 s/Tag) liegen kann. Nahezu ebenso unveränderlich sind nach mehrjährigen Erfahrungen die piezoelektrischen längsschwingenden Leuchtresonatoren und nach den bisherigen kurzen Erfahrungen auch die querschwingenden Resonatoren für das Frequenzgebiet von $10^3$ bis $3 \cdot 10^4$ Hertz, das mit Längsschwingungen nicht erreichbar ist. Der Einfluß der Temperatur ist bei Leuchtresonatoren 20- bis 100mal kleiner als bei gewöhnlichen Stimmgabeln. Die in Amerika bevorzugten Quarz-Oszillatoren (Quarzresonatoren in Selbsterregerschaltung mit Verstärkerröhren) haben eine zehnmal größere Abhängigkeit von der Temperatur als die Resonatoren der Reichsanstalt.

Isolierstoffe mit möglichst geringen elektrischen Verlusten sind zum Bau von Kondensatoren und Hochspannungsmeßgeräten von großer Bedeutung. Nur wenige Stoffe eignen sich dafür, in erster Linie Quarzglas und Preßbernstein. Da für diese neuerdings hohe Verluste angegeben worden waren, wurden Messungen angestellt; dabei bestätigten sich diese Angaben keineswegs.

Für die Durchschlagfestigkeit von Transformatorenölen erhielt man bei Messungen nach den Vorschriften des Verbandes Deutscher Elektrotechniker durch verschiedene Stellen (Reichsanstalt und drei elektrische Prüfämter) sehr verschiedene Werte; die Bedeutung der Zahlenwerte der Durchschlagfestigkeit ist also gering. Vor allem scheint die Art, wie man das Öl filtriert, diese Werte stark zu beeinflussen. Für Durchschlagmessungen bei tiefen Temperaturen (bis — 40 °) wurde ein aus konzentrischen Glasröhren bestehendes Gerät gebaut, dessen Inneres durch eingespritzten flüssigen Stickstoff gekühlt wird.

Für elektrische Hochspannungszwecke ist ein Neubau geplant mit einer Halle von $30 \cdot 40\,m^2$ Grundfläche und 20 m Höhe, in dem Transformatoren für 1000 kV und 500 kVA aufgestellt werden sollen.

Das Endergebnis der Reise von Dr. *Behnken* von der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt nach den Vereinigten Staaten läßt sich dahin zusammenfassen, daß zwischen den Röntgendosiseinheiten der Harvard-Universität und der Reichsanstalt kein Unterschied festzustellen, daß aber die Einheit der Cleveland-Klinik um 4 vH kleiner ist. Auf dem Internationalen Kongreß für Radiologie in Stockholm wurde einstimmig die Annahme einer internationalen Dosiseinheit für Röntgenstrahlen beschlossen, deren Definition im wesentlichen dem deutschen Vorbild folgt und nur eine andre Bezugstemperatur der Luft (0 ° statt 18 °) festlegt. Auch die Reichsanstalt eicht jetzt nur noch in diesem internationalen Maß. Weitere Messungen betrafen die Verhütung von Schädigungen durch Röntgenstrahlen; dabei wurden durch Schutzvorrichtungen hindurchdringende Röntgenstrahlen mit einem sehr empfindlichen Dosismesser bestimmt, der bis herab zu $10^{-5}$ Einheiten/s zu messen gestattet.

Da die Internationale Elektrotechnische Kommission (IEC) die Vielgestaltigkeit der Vorschriften für Elektrizitätszähler zu beseitigen wünscht, untersuchte die Abteilung II eingehend amerikanische, englische und australische Zähler und nahm hiernach zu den amerikanischen Vorschriften Stellung.

Möglichst reine Töne wurden mit einem Überlagerungstonsender und einem großen Kondensatortelephon hergestellt; dabei ließ man 20 Versuchspersonen ein Urteil abgeben, welchen Vokalen die Töne verschiedener Frequenz am nächsten liegen. *Stumpfs* Angaben über den Zusammenhang zwischen Schwingungszahl und Vokalcharakter wurden dadurch teils bestätigt, teils berichtigt. Ein andrer statistischer akustischer Versuch bestand darin, Grammophonplatten entweder mit sinnvollem Text oder mit Silben in sinnloser Reihenfolge zu besprechen und dann Versuchspersonen vorzuführen. Die Hörfehler beliefen sich im ersten Fall auf 2 vH, im letzten Fall auf 43 vH.

Zur Klärung der Frage, wie der Ölfilm im Lager beim An- und Auslauf entsteht und verschwindet, wurde seine Dicke elektrisch gemessen, indem der bei konstanter Wechselspannung hindurchgehende Strom oszillographisch aufgenommen wurde. Die Messungen ergaben z. B., daß sich auch bei Kugellagern ein Ölfilm bildet. Beim An- und Auslauf bilden die Gleitflächen eines Gleitlagers ein Thermoelement, dessen elektromotorische Kraft, durch die beim Verschleiß erzeugte Wärme hervorgerufen, ein Maß für den Verschleiß ist. Die Drehzahl, bei der die Schmierung einsetzt, läßt sich bestimmen, da hierbei die thermoelektrische Wirkung gleich null wird. Zur Messung von Voreilwinkeln bei Maschinensätzen wurde ein stroboskopisches Verfahren ausgebildet, bei dem der Verdrehungswinkel der umlaufenden Teile durch optische Täuschung in scheinbarer Ruhe und gleichzeitig vergrößert betrachtet werden kann. Die Vergrößerung betrug bei einer Ausführung das 50fache, so daß noch 4 bis 5 Winkelminuten meßbar waren.

Von den magnetischen Untersuchungen sei nur die über Fe-Ni-Mn-Legierungen mit hoher Anfangspermeabilität erwähnt. Der Höchstwert der Anfangspermeabilität, der bei Fe-Ni-Legierungen mit einem Gehalt von 78 vH Ni und 22 vH Fe liegt, wird durch Manganzusatz so verschoben, als ob Mangan das Eisen ersetzte. Die Eigenschaften dieser Legierungen versprechen deren Anwendung in der Technik. Auch Legierungen mit anfänglich hoher und dann wenig veränderlicher Permeabilität sind technisch (für Schwachstromzwecke) wichtig. Diese Eigenschaft kann man erreichen, indem man entweder Kobalt zu der Legierung hinzugibt oder verfestigten Werkstoff durch Glühen entfestigt. Auch über den Zusammenhang der Koerzitivkraft mit der mechanischen Härte ist eine Untersuchung durchgeführt worden.

Die Prüfungen der Abteilung erstreckten sich auf über 5200 Gegenstände, die der acht elektrischen Prüfämter auf 251 700 Gegenstände.

### Arbeiten der Abteilung III für Wärme und Druck

Seit dem 1. Juli 1928 gilt in Deutschland diejenige Temperaturskala, welche zwischen dem amerikanischen Bureau of Standards, dem englischen National Physical Laboratory und der Reichsanstalt vereinbart und von der Conférence Générale in Paris angenommen worden ist. Die Änderungen gegenüber der bisherigen deutschen Skala sind geringfügig. Zwischen den genannten Instituten werden Thermoelemente, Platinwiderstandsthermometer und optische Pyrometer zu Vergleichszwecken ausgetauscht. Auch ein Vergleich der optischen Temperaturskalen der Reichsanstalt und der amerikanischen General Electric Company ist in Gang.

Als Nullpunkt der gesetzlichen Temperaturskala gilt der normale Eisschmelzpunkt, der mit einer Genauigkeit von einigen tausendsteln Grad hergestellt werden konnte. Der Tripelpunkt des Wassers, d. i. der Punkt, bei dem,

[3]) Vergl. Telefunken-Zeitung Bd. 10 Nr. 51 S. 19.

unter Ausschluß fremder Stoffe, Wasser, Eis und Wasserdampf nebeneinander bestehen, konnte in der Reichsanstalt mit einer Genauigkeit von $\pm 0{,}5 \cdot 10^{-4}$ Grad in einem Raum von 10 cm³ immer wieder hergestellt werden. Diese Temperatur wurde zu + 0,0098 ° festgestellt. Man könnte demnach zweckmäßig den Nullpunkt der Temperaturskala als 0,01 ° unter dem Tripelpunkt liegend, also auf diesen als genauer darstellbaren Festpunkt gestützt, schärfer und weniger veränderlich als bisher definieren.

Die Temperaturmessungen mit Widerstandsthermometern zwischen — 210 ° und — 253 ° und bei hohen Temperaturen bis 1100 ° wurden fortgesetzt und verfeinert. Die optische Temperaturskala wird praktisch durch Pyrometerlampen und Wolframbandlampen dargestellt, deren Strahlung mit der eines schwarzen Körpers verglichen ist. Dieser Vergleich wird jetzt zur Sicherung der Temperaturskala häufiger vorgenommen, und zwar mit Hilfe eines kleinen Hohlkörpers aus *Marquardtscher* Masse, der in flüssiges Gold eingeführt wird. Zahlreiche Wolframbandlampen, die als pyrometrische Normale zweiter Ordnung dienen sollen, wurden geprüft; ihre Temperatur pflegt man zwischen 700 und 2100 ° abhängig von der Stromstärke festzulegen. Dabei zeigten sich zuweilen Helligkeitsänderungen, die Temperaturschwankungen von über 10 ° entsprachen. Bei der Benutzung solcher Lampen ist also Vorsicht angebracht. Das Verhältnis der Helligkeit eines schwarzen Strahlers zu der vor ihm schmelzenden blanken Platins wurde untersucht mit der Absicht, beliebige schwarze Strahler, wie Kohlen- oder Wolfram-Vakuumöfen, mit einem außerhalb des Ofens befindlichen Platinschmelzdraht genau auf den Platinschmelzpunkt einzustellen. Der Schmelzpunkt des Chroms wurde an drei Proben übereinstimmend zu etwa 1800 °C gemessen, während bisher höchstens 1700 ° beobachtet worden war; die Messungen sind aber noch nicht als endgültig zu betrachten. Messungen der Absorption der Strahlung von Kohlensäure sollen zunächst für die Bande ihres Spektrums bei 2,7 $\mu$ bis hinauf zu 1100 ° ausgeführt werden. Es ist dies eine vom Ausschuß für Wärmeforschung im Verein deutscher Ingenieure vor einigen Jahren angeregte, für die Beurteilung der Strahlung in technischen Feuerungen wichtige Aufgabe.

Bei — 253 ° wurden die Volumen aller aliphatischen Kohlenwasserstoffe vom Methan bis zum *n*-Nonan gemessen; sie sind durchweg kleiner als die aus den Volumen der Bestandteile berechneten Werte. Die Wärmeausdehnung von Eis wurde bis herab zu — 250 ° untersucht. Der lineare Ausdehnungskoeffizient nimmt von $5{,}27 \cdot 10^{-5}$ bei 0 ° beständig ab und wird unterhalb — 204 ° negativ. Daraus ließen sich Schlüsse auf die Anordnung der Eiskristalle ziehen. Die Messungen der Wärmeleitfähigkeit des Eises bis herab zu — 120 ° wurden fortgesetzt. Ihre Ergebnisse lassen darauf schließen, daß zusammengefrorene feste Körper nur mit einem ganz kleinen Teil der Berührungsfläche unmittelbar ineinander übergehen, bei dem größten Teil der Berührungsfläche äußerst dünne Zwischenräume bestehen. Als vorläufiges Ergebnis wird für die Wärmeleitzahl von Eis 2,0 kcal/mh Grad für — 10 ° angegeben, 2,75 für — 75 °, 3,5 für — 120 °.

Die Versuche zur Bestimmung der Verdampfungswärme des Wassers bis 210 ° (19,5 at) wurden im Berichtjahr veröffentlicht[4]); die mit einer neuen Einrichtung gewonnenen Versuchsergebnisse bis 250 ° (40,5 at) wurden bei der Dresdener Tagung des Ausschusses für Wärmeforschung[5]) bekanntgegeben. Der Bericht über die Messungen des Wärmeüberganges beim Kondensieren von Satt- und Heißdampf in einem senkrechten Rohr[6]) wurde zusammen mit dem Bericht über die Bestimmung der Verdampfungswärme veröffentlicht; Versuche am waagerechten Rohr sind begonnen[7])

Für Druckmessungen werden Einrichtungen getroffen, die für mehr als 2000 at benutzbar sind; eine Druckwaage für 5000 at wurde bereits beschafft. Für Aneroide mit Höhenskala, die bisher nur auf barometrische Angaben untersucht wurden, wurde im Benehmen mit den für Höhenmessungen zuständigen Laboratorien eine Höhenskala festgelegt. Der Dampfdruck wässeriger Lösungen von $CaCl_2$, $Ca(NO)_3$, NaCl und $PHO_3$ wurde bei verschiedenen Konzentrationen und Temperaturen gemessen.

[4]) Forschungsarbeiten, herausgeg. vom Verein deutscher Ingenieure, Nr. 310; Auszug s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 15 S. 504.
[5]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 19 S. 629.
[6]) Forschungsarbeiten, herausgeg. vom Verein deutscher Ingenieure, Nr. 310; Auszug s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 22 S. 761.
[7]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 42 S. 1517.

Mit dem Bureau of Standards tauschte die Re anstalt Normalöle für die Untersuchung von Zähigk messern aus. Die Messungen der deutschen Öle in Am haben befriedigende Übereinstimmung mit den Messu der Reichsanstalt ergeben. Die Untersuchung über Messung großer Gasmengen wurde veröffentlicht[8]).

Die Abteilung III hat, abgesehen von 504 000 Fi thermometern, 8300 Gegenstände, die Prüfanstalten technischer Oberaufsicht der Reichsanstalt haben 7300 ärztliche und 6 535 000 Fieberthermometer geprüft.

### Arbeiten der Abteilung IV für Optik

In der Beleuchtungsindustrie und Elektrotechnik nutzt man seit längerer Zeit Quecksilberlampen mit gasfüllung. Eine Untersuchung zeigte, daß solche La als spektroskopische Lichtquellen brauchbar und w der Einfachheit der Handhabung zu empfehlen sind.

Als Endergebnis der Messungen der Konstanten *Stefan-Boltzmannschen* Strahlungsgesetzes wird (5, 0,03) $10^{-12}$ W cm $^{-2}$ Grad$^{-4}$ angegeben.

Eine im Vorjahr entwickelte elektrometrische Regist vorrichtung hat sich als ein sehr genaues Meßgerät für schwache lichtelektrische Ströme, radioaktive Umwand gen und dergl. erwiesen. Die Fehler bei Strömen $10^{-12}$ A gehen nur bis 1,5 vT. Die registrierende S tralphotometrie wurde weiter fortgebildet, insbesondere das Gebiet des Ultraviolett. Für die Navigierung von fahrzeugen im Nebel sind Peilgeräte (hochempfindl Ultrarot-Meßgeräte) entwickelt worden[9]).

Für die Physiologie des Auges bemüht man sich langem vergeblich, die winzigen Blutdruckpulsationen Hornhaut aufzuzeichnen. Diese Aufgabe wurde durch Erfindung eines Hornhaut-Tripelspiegels gelöst, der u hängig von groben Bewegungen des Auges nur die nannten Pulsationen (Augenveränderungen infolge Du wölbung) wiedergibt und zu photographieren gestattet.

Mittels eines neuen Interferenzgerätes zur Prüfung Platten auf Planparallelität gelang es, die in Gläsern handene Spannung zahlenmäßig durch die Größe der Dop brechung auszudrücken.

Die internationalen Vergleichsmessungen für die F der gasgefüllten Nitralampen sind abgeschlossen und ha zu international vereinbarten Umrechnungsfaktoren für Lichteinheiten auch für andersfarbige Lampen geführt.

Die Prüftätigkeit der Abteilung IV erstreckte sich 1100 Gegenstände. Die dem Bericht der Reichsanstalt gegebene Liste der Veröffentlichungen aus ihrer Tätig umfaßt 126 Nummern. [N 3511] *Max Jako*

[8]) Forschungsarbeiten, herausgeg. vom Verein deutscher Ingenie Nr. 311; Auszug s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 26 S. 935.
[9]) Vergl. den in Kürze in dieser Zeitschrift erscheinenden Ber über eine Sitzung „Ultrarote Strahlen zur Signalgebung" im Ve deutscher Ingenieure.

## Ausbau des Kraftwerks Issy-les-Moulineaux[1])

Dieses Kraftwerk sollte erweitert werden, eine V größerung der Kühlanlagen für die Kondensation war doch nicht möglich. Die Höchstleistung der vorhande Kessel betrug 88 000 kW bei 14 at gegenüber 118 000 Höchstleistung der Turbinen. Man stellte sechs neue Kes von je 1800 m² und 44 at für Kohlenstaubfeuerung auf. verdampfen 600 t/h und versorgen eine neue Kondensatio turbine von 35 000 kW, die mit zwei von den alten Turbi die Kondensationsanlage voll ausnutzt, sowie zwei ne Gegendruckturbinen von je 11 000 kW. Mit dem Abdam von 16 at dieser Turbinen werden die beiden alten T binen gespeist, deren Leistung von je 35 000 bei 14 at E trittsspannung nun auf 40 000 kW gestiegen ist. Vier v handene Turbinen von 12 000 bis 15 000 kW hat man auf Betrieb gesetzt. Die Höchstleistung des Kraftwerkes trägt jetzt 137 000 kW.

Der Anbau an das Kraftwerk, in dem das Kesselha und die Zentralmahlanlage untergebracht sind, ist in Eise beton ausgeführt; gegenüber der Ausführung in Stahl s man dabei rd. 20 vH gespart haben. Hierin sind die vermi derten Erhaltungskosten noch nicht berücksichtigt. („ Génie Civil" 5. Oktober 1929 S. 313*) [N 3692 b] *Stg.*

[1]) s. a. S. 1594 dieses Heftes.

# Hochwertige Baustähle für den Großstahlbau

*Von Dr.-Ing. E. H. SCHULZ und*
*Dr.-Ing. H. BUCHHOLTZ, Dortmund*

***Die bisher in Deutschland und Amerika verwendeten Stähle für den Großstahlbau. Forderungen des Konstrukteurs. Gesichtspunkte und Legierungsmöglichkeiten für die Entwicklung neuer Baustähle. Neue hochwertige Baustähle: Union-Baustahl und seine Eigenschaften, gekupferter Stahl, Rostversuche, geschmiedeter Union-Baustahl für den Maschinenbau.***

Bis vor wenigen Jahren war der weiche Flußstahl St 37 der fast ausschließlich verwendete Werkstoff im Großstahlbau, worunter der Brücken-, Hallen- und Schiffbau in erster Linie verstanden sein mag. Auch im Kesselbau beherrschte er vorwiegend das Feld. Nur vereinzelt benutzte man härtere Stahlsorten, bei denen durch eine geringe Steigerung des Kohlenstoffgehaltes höhere Zugfestigkeiten erreicht wurden unter Hinnahme des unvermeidlichen Abfalls der Dehnung und insbesondere der Kerbzähigkeit. Im Großmaschinenbau werden diese mittelharten Kohlenstoffstähle in größeren Mengen benutzt, wobei aber auch die naturgegebene Einbuße an Dehnung und Kerbzähigkeit der Erhöhung der Festigkeit vielfach eine verhältnismäßig niedrige Grenze setzt.

Ziemlich streng davon geschieden bestand das Gebiet der legierten Baustähle, die vorzugsweise durch Zusatz von Nickel oder Nickel und Chrom erheblich höherwertige aber auch viel teurere Baustoffe darstellen; sie bedürfen außerdem zur vollen Ausnutzung ihrer Vorteile der Vergütung, also einer Wärmebehandlung, wie sie für viele Zwecke des Großstahlbaues nicht in Frage kommt. Die gesteigerten Ansprüche im Großstahlbau, die sich in der letzten Zeit nach verschiedenen Richtungen einstellten und denen die gewöhnlichen Kohlenstoffstähle nicht gewachsen sind, brachten somit dem Metallurgen eine neue Aufgabe: Schaffung von Stählen, die gegenüber den Kohlenstoffstählen eine entsprechende Überlegenheit zeigen, die aber anderseits nach Legierung und nach Herstellverfahren billiger sind als die Nickel- und Chrom-Nickel-Stähle.

Die Ansprüche der Konstrukteure steigerten und entwickelten sich vorzugsweise nach drei Richtungen:

1. Man wollte — beispielsweise im Brückenbau — die zulässigen statischen Beanspruchungen über das für den Stahl St 37 durch seine Festigkeitseigenschaften bedingte Maß hinaus steigern; dabei ging man gleichzeitig teilweise über zur Benutzung der Streckgrenze als Berechnungsgrundlage, so daß also die Forderung lautete: Stähle mit hoher Streckgrenze und mittlerer Zugfestigkeit — selbstverständlich unter Aufrechterhaltung guter Zähigkeit — und lieferbar zu erträglichen Preisen.
2. Gründe der Wirtschaftlichkeit und auch der Sicherheit ergaben eine eingehendere Beobachtung der Frage des Rostens. Die stetig wachsende Verwendung des Stahles zu Wasserbauten (eiserne Spundbohlen) schuf hier eine besondere Fragengruppe. Es ergab sich die Forderung nach Stählen mit geringerer Rostneigung.
3. Die Steigerung der Gebrauchstemperaturen in den Dampfkessel- und verwandten Betrieben ergab die Forderung nach Stählen, die auch bei erhöhten Temperaturen noch eine genügend hohe Festigkeit und Streckgrenze aufwiesen, um den gleichzeitig auftretenden hohen mechanischen Beanspruchungen gewachsen zu sein.

Die aus diesen Zusammenhängen sich ergebenden Aufgaben haben eine besondere Entwicklung in der Metallurgie bewirkt und bemerkenswerte Erfolge gezeitigt.

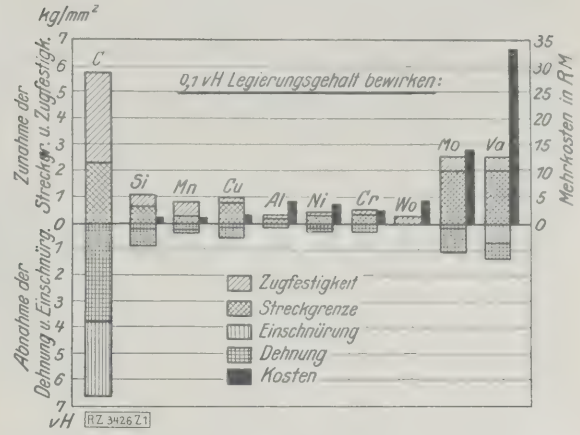



**Abb. 1**
Wirkung und Kosten von Legierungszusätzen in einem Baustahl mit 0,1 vH C.

### Entwicklung der Stähle für den Brückenbau

Ein sehr wesentlicher Anstoß zu der Entwicklung ging in Deutschland vom Brückenbau aus, und zwar insbesondere von der Deutschen Reichsbahn. Im Brükken- wie auch im Stahlhochbau kann das Baustoffproblem grundsätzlich auf die Form der Frage gebracht werden, mit welchem Stahl die größten Gewichts- und gleichzeitig Kostenersparnisse zu erreichen sind. Die Aufgabe vereinigte also in sich technische und wirtschaftliche Gesichtspunkte. Die Verwendung des weichen Flußstahls St 37 führt bei Bauten, die große Lasten aufnehmen oder erhebliche Spannweiten überbrücken sollen, sowohl zu konstruktiven Schwierigkeiten in der Ausbildung der Querschnitte und Verbindungen, wie auch zu einer unverhältnismäßig schnellen Steigerung der Eigengewichte[1]). Dadurch wird der Verwendung von St 37 eine technische Grenze gesetzt. Gleichzeitig sinkt mit dem Anwachsen der Brückengewichte die Wirtschaftlichkeit der Brücke sehr schnell. Diese Überlegungen führen mit zwingender Notwendigkeit zur Verwendung hochwertiger Stähle beim Bau großer Brücken und Hochbauten.

Die Baustahlfrage ist also im wesentlichen durch das Streben nach Erhöhung der zulässigen statischen Beanspruchung gekennzeichnet, wobei, wie bereits angedeutet, in Deutschland die Beurteilung des Stahles nebenher noch einen gewissen Wandel durch die Forderung einer verhältnismäßig hohen Streckgrenze bei guter Zähigkeit erfahren hat. Die gewissermaßen als Vorläufer der neuzeitlichen Entwicklung anzusprechenden bereits früher versuchten und benutzten härteren Stähle für den Großstahlbau sind z. T. in Zahlentafel 1 zusammengestellt, soweit Deutschland und Amerika in Frage kommen. Dabei sind für die einzelnen Stähle nicht nur die vorgeschriebenen Festigkeitswerte angegeben, sondern auch noch andre für die Beurteilung bedeutsame Zahlen — z. B. die Schwingungsfestigkeit; diese nicht vorgeschriebenen Werte sind in Klammern gesetzt. Auf weitere Einzelheiten kann verzichtet werden, da wir auf die vor einiger Zeit an dieser Stelle erschienenen entsprechenden Ausführungen von *Koppenberg*[2]) verweisen können.

In Deutschland wurde 1923 der Stahl St 48 als Baustoff für die Brückenbauten der Reichsbahn vorgeschlagen und in einer Reihe von Stahlbauwerken verwendet. Mit der dann weiterhin erfolgenden Einführung des

[1]) *Pohny*, Der hochwertige Stahl im Eisenbau. 2. Intern. Tagung für Brücken- und Hochbau, Wien, 1928. Vergl. „Bautechnik" Fd. 6 (1928) S. 722. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 3 S. 93.
[2]) *Koppenberg*, Zur Entwicklung des hochwertigen Baustahls. Z. Bd. 72 (1928) S. 1918.

Siliziumbaustahles tritt in den Kreisen der Konstrukteure immer stärker das Bestreben hervor, die ziffernmäßig bestimmte Streckgrenze den Berechnungen zugrunde zu legen. Nun sind allerdings die Ansichten über die praktische Bedeutung der Streckgrenze als Berechnungsgrundlage noch sehr geteilt. Ebenso ist der Wert der Streckgrenze als Gütemaßstab in der Abnahmeprüfung der Hochbaustähle umstritten. Anderseits sprechen sachliche Gründe für eine sinngemäß ausreichende Berücksichtigung der Streckgrenze. Schon der Umstand, daß sämtliche Konstruktionen im elastischen Gebiet des Werkstoffes beansprucht • werden, zwingt dazu, der wirklichen Belastungsgrenze erhöhte Beachtung zu schenken und diese statt der außerhalb der praktischen Beanspruchung stehenden Zugfestigkeit zur Berechnung heranzuziehen. Wie weit allerdings die im Zugversuch an Rundstäben ermittelte ziffernmäßige Streckgrenze eine auf praktische Konstruktionsglieder übertragbare sichere Größe darstellt, bedarf noch der Nachprüfung. Als sicher darf aber wohl angesehen werden, daß die im Zugversuch ermittelte o b e r e Streckgrenze keine durchaus geeignete Grundlage zur Berechnung von Bauwerken darstellt[3]).

Noch ein weiterer Grund läßt die Forderung der Konstrukteure nach Stählen mit höherer Streckgrenze als gerechtfertigt erscheinen. Wie entsprechende Messungen ergeben haben, wird bei den neuen sogenannten hochwertigen Baustählen ebenso wie die Streckgrenze auch die Proportionalitätsgrenze und die Schwingungsfestigkeit in stärkerem Maße erhöht, als der Zunahme der Zugfestigkeit entspricht. Das Verhältnis von Proportionalitätsgrenze zur Streckgrenze beträgt z. B. bei St 37 etwa 80 vH, bei dem weiter unten eingehend besprochenen Union-Baustahl mehr als 90, meist 95 vH. Das Gebiet, in dem der Stahl sich rein elastisch verhält, wird also nicht nur durch die erhöhte Streckgrenze, sondern auch durch diese Erscheinung wesentlich erweitert. Hierin ist offenbar auch die Ursache dafür zu suchen, daß die Schwingungsfestigkeit der hochwertigen Baustähle in stärkerem Maße als bei andern Stählen durch die Lage der Streckgrenze beeinflußt wird. So weisen z. B. der Siliziumbaustahl und der Union-Baustahl gegenüber dem Stahl St 48 trotz etwa gleicher Zugfestigkeit eine um 20 vH höhere Schwingungsfestigkeit auf. Dieser Zuwachs entspricht sehr genau der Steigerung der Streckgrenze.

Die Entwicklung der jüngsten Zeit hat nun weiter gezeigt, daß die Beurteilung der Hochbaustähle insofern einer gewissen Ergänzung bedarf, als neben günstigen mechanischen Eigenschaften bestimmte chemische Eigenschaften als für die praktische Verwendung wichtig zu berücksichtigen sind. So enthält der von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft vorgeschlagene Entwurf für die Lieferung des neuen Hochbaustahles St 52 außer den Bedingungen für die Festigkeitseigenschaften auch Forderungen hinsichtlich des Rostwiderstandes und der Schweißbarkeit. Die Forderung eines erhöh[ten] Widerstandes gegen Rostangriffe erscheint durch [fol]gende Überlegung gerechtfertigt: Da bei Verw[en]dung eines hochwertigen Stahles bei gleicher Spa[n]weite entsprechend dünnere Profile gewählt werd[en] könnte die Gefahr, daß durch Abrostung die Tragfäh[ig]keit des Bauwerkes verringert wird, sich entsprech[end] erhöhen, wenn die Abrostung in der gleichen Weise v[or] sich geht wie bei St 37. Daß die Forderung nach gu[ter] Schweißbarkeit begründet ist, bedarf angesichts [der] dauernd wachsenden Verwendung des Schweißens [als] Verbindungselement für Bauteile keiner weiteren B[e]gründung.

[3]) *Körber*, Die Streckgrenze als Güte- und Abnahmeprobe; Mitteilungen des Deutschen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik Nr. 8 S. 88 bis 95; vergl. Int. Kongreß für die Materialprüfungen der Technik, Amsterdam 1927, S. 39 bis 58. — *Moser*, Grundsätzliches zur Streckgrenze; Forsch.-Arb. a. d. Geb. Ing.-Wes. Nr. 295, Bachheft 1927, S. 74 bis 79. — *Kühnel*, Die Benutzung der Streckgrenze bei Berechnung und Abnahme, Z. Bd. 72 (1928) S. 1226, 1860. — *E. H. Schulz*, „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) S. 1265 bis 1268.

### Legierungsmöglichkeiten.

Die Erzeugung von Stählen mit hoher Streckgren[ze] und Zähigkeit mit erhöhtem Rostwiderstand und gu[ter] Schweißbarkeit zu tragbaren Preisen stellt nun aber e[ine] Aufgabe dar, zu deren Lösung dem Metallurgen verhä[lt]nismäßig wenig Mittel zur Verfügung stehen. Un[ter] den Legierungselementen steht der Kohlenstoff als b[il]ligstes und wirksamstes Mittel an erster Stelle. D[ie] durch Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes im Stahl [er]wirkte Steigerung der Zugfestigkeit ist jedoch nic[ht] von entsprechender Erhöhung der Streckgrenze begl[ei]tet, anderseits werden Dehnung und Kerbzähigkeit zie[m]lich erheblich vermindert und gleichzeitig führt die m[it] dem Kohlenstoffgehalt steigende Härtbarkeit zu Schw[ie]rigkeiten bei der Nietarbeit. Dies sind im wesentlich[en] die Gründe, die teilweise schon gegen die Verwendu[ng] von St 48, ganz sicher aber gegen die noch höher [ge]kohlter Baustähle sprechen.

Von den zahlreichen Elementen, die durch Misc[h]kristallbildung mit dem Eisen festigkeitsteigernd w[ir]ken, scheiden viele wegen zu hohen Preises oder zu g[e]ringer Wirkung aus. Abb. 1 zeigt eine Übersicht üb[er] die Wirkung und Kosten der wichtigsten Mischkrista[ll]bildner, wenn jeweils 0,1 vH des betreffenden Element[s] einem Stahl mit 0,1 vH Kohlenstoffgehalt zugefügt wi[r]den. Wie die Übersicht erkennen läßt, können na[ch] Maßgabe von Wirkung und Kosten nur die Elemen[te] Mangan, Silizium, Kupfer und Chrom in nähere E[r]wägung gezogen werden. Die Verwendung nur ein[es] dieser Elemente ist aber wegen der dann notwendig[en] ziemlich großen Mengen mit verschiedenen metallur[gi]schen Schwierigkeiten verbunden, weshalb man in le[tz]ter Zeit besonders zu komplexen Stählen übergegang[en] ist.

### Siliziumbaustahl

Das erste Beispiel für die Anwendung eines d[er] genannten Zusatzelemente ist der Siliziumbaustahl, d[er] als Sonderzusatz etwa 1 vH Silizium erhielt und b[e]kanntlich von der Deutschen Reichsbahn für Brücke[n]bauten eingeführt wurde unter Forderung der Festi[g]keitseigenschaften, wie sie in Zahlentafel 1 mitgete[ilt] sind. Die Einhaltung dieser Festigkeitseigenschafte[n] insbesondere der Streckgrenze machten aber gewis[se] Schwierigkeiten. Zwar waren die Werte bei klein[en] und mittleren Profilen zu erreichen, bei sehr groß[en] Profilen (z. B. Winkel über 140 · 140 · 15 mm hinaus u[nd] Universaleisen von mehr als 15 mm Dicke und 600 m[m] Breite) war die Streckgrenze von 36 und 35 kg/mm[²] aber praktisch tatsächlich nicht zu gewährleisten. Ebenfal[ls]

**Zahlentafel 1.** Entwicklung der Hochbaustähle in Deutschland und Amerika.

| Stahl | Jahr der Einführung | Deutschland | | | | Amerika | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Zugfestigkeit kg/mm² | Streckgr. mindest. kg/mm² | Dehnung mindest. vH | Schwingungsfestigkeit kg/mm² | Zugfestigkeit kg/mm² | Streckgr. mindest. kg/mm² | Dehnung mindest. vH | Schwingungsfestigkeit kg/mm² |
| Baustahl St 37 | vor 1900 | 37 bis 44 | (22) | 22 | (18) | — | — | — | — |
| Standard structural steel | — | — | — | — | — | 37 bis 44 | 22 | 22 | (18) |
| Nickelstahl | 1902 | — | — | — | — | 60 bis 70 | 34 bis 39 | 19 bis 15 | (30) |
| | 1908 | 56 bis 65 | 35 | 18 | (28) | — | — | — | — |
| C-Stahl | 1912 | 44 bis 51 | (30) | 20 | (23) | — | — | — | — |
| Mayari-Stahl | 1915 | — | — | — | — | 60 bis 70 | 38 | 16 | — |
| C-Stahl | 1915 | — | — | — | — | 46 bis 54 | 27 | 18 | (24) |
| High silicon steel | 1915 | — | — | — | — | 56 bis 66 | 31,5 | 19 bis 16 | (27) |
| Baustahl St 48 | 1923 | 48 bis 58 | (29) | 18 | (25) | — | — | — | — |
| Silizium-Baustahl | 1926 | 50 bis 62 | 36 | 20 | (30) | — | — | — | — |
| Vorschlag St 52 | 1928 | 52 bis 62 | 36 | 20 | (30) | — | — | — | — |
| Union-Baustahl II | 1928 | 56 bis 66 | 37 | 18 | (31) | — | — | — | — |

bei diesen größeren Walzabmessungen traten außerdem so starke Ausfälle infolge Mängel in der Oberflächenausbildung auf, daß technisch und wirtschaftlich bei diesen größeren Abmessungen der Siliziumstahl nicht als brauchbarer Werkstoff in Frage kam.

Es setzten infolgedessen auf verschiedenen Hüttenwerken sehr eingehende Bemühungen ein, Stähle zu entwickeln, die die von der Reichsbahn für Siliziumstahl vorgeschriebenen Festigkeitseigenschaften besaßen, bei denen aber diese Eigenschaften durch andre Legierungszusätze als den Siliziumgehalt von 1 vH erreicht wurden. Diese Arbeiten haben zu guten Erfolgen geführt. Gemeinsam zeigen diese Baustähle, soweit bisher bekannt geworden, einen unter 0,2 vH liegenden Kohlenstoffgehalt, während zur Erreichung der hohen Streckgrenze verschiedenartige Kombinationen im wesentlichen der obengenannten Elemente Mangan, Silizium, Kupfer und Chrom gewählt werden.

### Union-Baustahl

Nach allem, was bisher im Schrifttum mitgeteilt worden ist, liegen die meisten Erfahrungen vor über den von der Dortmunder Union gemeinsam mit dem Forschungsinstitut der Vereinigten Stahlwerke A.-G. entwickelten Union-Baustahl. Über die Eigenschaften dieses mit geringen Mengen Kupfer und Chrom legierten Stahles haben wir an andrer Stelle bereits eingehend berichtet[4]).

Danach weist der neue Baustahl die für Siliziumstahl von der Reichsbahn vorgeschriebenen Festigkeitseigenschaften auf und ermöglicht deren Einhaltung auch bei den größten Walzabmessungen. Als besonderer Vorteil ist noch der hohe Rostwiderstand infolge des hohen Kupfergehaltes (etwa 0,8 vH) zu nennen. Inzwischen hat die Erforschung und die praktische Erprobung des neuen Baustahls wesentliche Fortschritte gemacht. Mit gutem Erfolge ist der Union-Baustahl in der Tragkonstruktion mehrerer großer Brücken in erheblichen Mengen verwendet worden. Weiterhin kann auf Grund der Untersuchungen von rd. 200 Schmelzen aus großen basischen Siemens-Martin-Öfen erneut bestätigt werden, daß bei Erzeugung und Verarbeitung bis zu den größten Abmessungen irgendwelche besonderen Schwierigkeiten nicht aufgetreten sind. Auch bei breiten Universaleisen und dicken Blechen übersteigt der Ausschuß nicht das zulässige Maß. Durch diese Tatsache werden die gegenüber dem Silizium-Baustahl erhöhten Legierungskosten des Union-Baustahles wettgemacht.

*Buchholtz* hat vor einiger Zeit an andrer Stelle[5]) darauf hingewiesen, daß der Vorteil des geringeren Ausschusses bei der Herstellung und Verarbeitung eines Stahles auch dem Konstrukteur eine größere Sicherheit gibt. Diese Überlegung ist nicht unwidersprochen geblieben, sie sei daher hier begründet. Die Abnahmeprüfung, wie sie für Baustähle nicht anders durchführbar ist, ist eine Prüfung durch Stichprobe. An sich können also in einem Los oder in einer Schmelze, die auf Grund des Befundes der Stichprobe abgenommen ist, sehr wohl noch Stücke sein, die um einen allerdings wohl meist nicht sehr großen Betrag unter der vorgeschriebenen Zugfestigkeit, Streckgrenze und Dehnung bleiben. Bei einer Stahlsorte, bei der die Festigkeitseigenschaften von Schmelze zu Schmelze oder auch innerhalb einer Schmelze bei verschiedenen Walzabmessungen stark schwanken, ist danach wohl sicher die Gefahr des Vorkommens von Stücken mit Unterschreitung der Festigkeitswerte innerhalb einer durch den guten Befund der Stichprobe abgenommenen Menge größer, als wenn die Stahlsorte infolge ihrer metallurgischen Eigenart gleichmäßiger in den Eigenschaften ausfällt. Die Ansicht, daß ein in seinen Eigenschaften gleichmäßigerer und bei der Herstellung und Verarbeitung weniger Ausschuß ergebender Stahl auch für den Konstrukteur ein Mehr an Sicherheit bedeutet, kann daher doch wohl mit vollem Recht ausgesprochen werden.

[4]) *E. H. Schulz*, Zur Fortentwicklung des hochwertigen Baustahls, „Stahl u. Eisen" Bd. 48 (1928) S. 849. *H. Buchholtz*, Der Union-Baustahl, ein neuer, hochwertiger Baustahl, „Bautechnik", Bd. 7 (1929) S. 93.
[5]) „Bautechnik" Bd. 7 (1929) S. 93 bis 96.

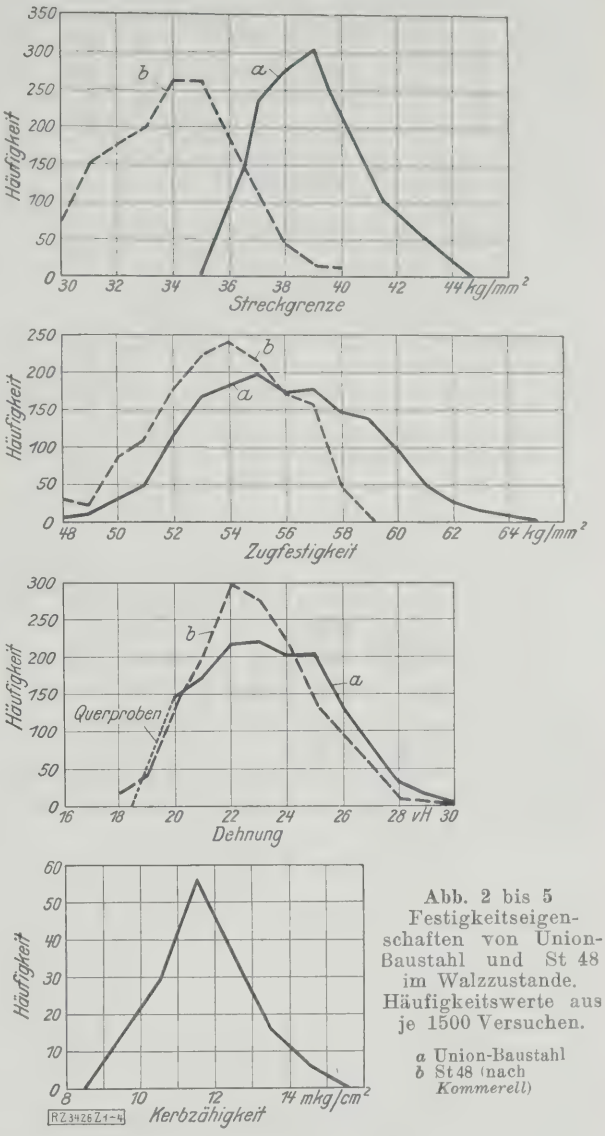



Abb. 2 bis 5 Festigkeitseigenschaften von Union-Baustahl und St 48 im Walzzustande. Häufigkeitswerte aus je 1500 Versuchen.
*a* Union-Baustahl
*b* St 48 (nach *Kommerell*)

### Festigkeitseigenschaften des Union-Baustahles

Der Union-Baustahl wird mit Rücksicht auf die praktischen Bedürfnisse in zwei Festigkeitsstufen hergestellt, und zwar als Union-Baustahl I entsprechend den Bedingungen der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft für St 52 mit mindestens 36 kg/mm² Streckgrenze, 52 bis 62 kg/mm² Zugfestigkeit, mindestens 20 vH Längs- und mindestens 18 vH Querdehnung und als Union-Baustahl II mit Rücksicht auf ausländische Verbraucher mit mindestens 37 kg/mm² Streckgrenze, 56 bis 66 kg/mm² Zugfestigkeit, mindestens 18 vH Längs- und mindestens 16 vH Querdehnung.

Bei der Biegeprobe bleiben die Proben unter Verwendung eines Dornes gleich der doppelten Probedicke bis 180° rißfrei. Außerdem wird für beide Festigkeitsgruppen eine Kerbzähigkeit von 10 mkg/cm² bei Verwendung der kleinen Kerbschlagprobe (10 · 10 · 60 mm mit 5 mm tiefem Rundkerb 2 mm Dmr.) gewährleistet. Bei Verwendung der großen Charpy-Probe (30 · 30 · 160 mm) werden die Kerbzähigkeitswerte naturgemäß um etwa 50 bis 60 vH höher ermittelt als bei der kleinen Probe.

Mit welcher Sicherheit die vorgenannten Festigkeitseigenschaften bei der praktischen Lieferung von Union-Baustahl erfüllt werden, zeigen die in Abb. 2 bis 5 wiedergegebenen Häufigkeitskurven von etwa 1500 Zugversuchen. In die Häufigkeitskurven sind die s. Z. von *Kommerell*[6]) mitgeteilten Ergebnisse von etwa 1500

[6]) *Kommerell*, Ein Jahr hochwertiger Baustahl, „Bauingenieur" Bd. 6 (1925) Nr. 28 und 29.

Abnahmeversuchen an St 48 mit aufgenommen worden, um den Fortschritt näher zu kennzeichnen. Bei Union-Baustahl wird die Streckgrenze im Mittel bei 38 bis 39, also um 4 bis 5 kg/mm² höher als bei St 48 gefunden. Die Zugfestigkeit umfaßt infolge der Lieferung in zwei Festigkeitsgruppen einen größeren Bereich als bei St 48. In der Mehrzahl der Fälle liegt sie bei Union-Baustahl zwischen 53 und 59 kg/mm², bei St 48 zwischen 51 und 57 kg/mm². Die Dehnung wird für beide Stähle etwa in der gleichen Höhe ermittelt, wobei allerdings bei der Beurteilung der für den Union-Baustahl wiedergegebenen Kurve zu berücksichtigen ist, daß auch eine große Zahl von Querproben mit ausgewertet wurde. Ein wesentlicher Fortschritt gegenüber St 48 liegt in der außerordentlich viel höheren Zähigkeit des Union-Baustahles. Gleiche Prüfbedingungen vorausgesetzt, wird bei St 48 die Kerbzähigkeit zu etwa 5 bis allerhöchstens 8 mkg/cm² ermittelt, während sie bei Union-Baustahl mindestens 10 kg/cm² beträgt und im Mittel bei 13 mkg/cm² liegt.

Bemerkenswert ist beim Union-Baustahl die außerordentlich geringe Abhängigkeit der Festigkeitseigenschaften, insbesondere der Streckgrenze von den Walzbedingungen. In Zahlentafel 2 sind die mittleren Festigkeitseigenschaften von drei wahllos herausgegriffenen Schmelzen von Union-Baustahl mitgeteilt, die auf die verschiedensten Profile und Universaleisen verwalzt worden sind. Wie die Werte erkennen lassen, weisen sehr starke Profile sowie breite und dicke Universaleisen mit geringem Durchwalzungsgrad praktisch die gleichen Festigkeitseigenschaften auf wie weit heruntergewalzte Winkel- und Rundeisen. Ähnliche Verhältnisse zeigen die in Abb. 6 bis 9 für einige aus der gleichen Schmelze stammende Universaleisen verschiedener Dicke wiedergegebenen Festigkeitseigenschaften.

Es wäre nun aber verfehlt und vom Standpunkt eines Metallurgen nicht zu verantworten, wenn ein Stahl in einer neuartigen Legierung angeboten würde und dabei lediglich zuvor festgestellt worden wäre, daß der Werkstoff den bei der Abnahme gestellten Anforderungen genügte. Es war daher eine Selbstverständlichkeit, daß der Chrom-Kupfer-Stahl vom Forschungsinst der Vereinigten Stahlwerke A.-G. auch nach all den Ri tungen geprüft wurde, die überhaupt für Konstruktio auch nur von Bedeutung sein konnten. Es handelte s dabei in erster Linie um die Untersuchung des Stah auf seinen Widerstand gegenüber Schwingungsbe spruchungen, sein Verhalten hinsichtlich der Ke zähigkeit und Alterung und endlich hinsichtlich sei Korrosionswiderstandes, welch letzterer allerdings zwischen auch eine mehr praktische Beachtung bere gefunden hat.

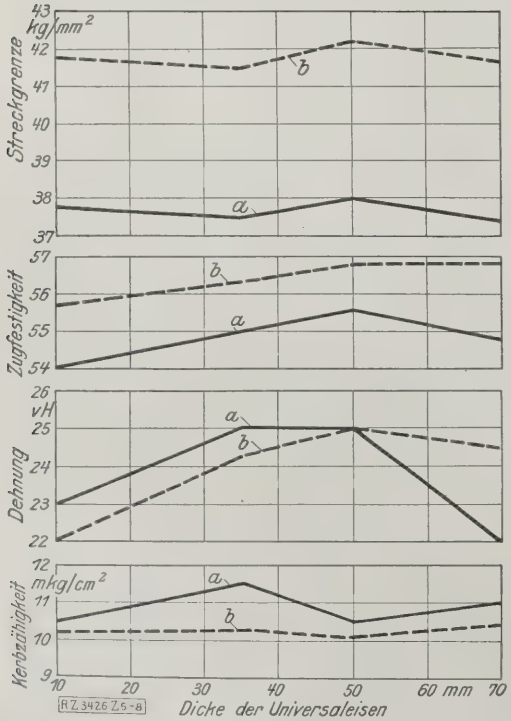



**Abb. 6 bis 9**
Festigkeitseigenschaften von Union-Baustahl im Walzzustande und nach normalisierender Glühung.
*a* Walzzustand *b* geglüht

### Die Schwingungsfestigkeit der Baustähle

Zur Frage der Schwingungsfestigkeit sei folgen vorausgeschickt: Bei statischer Belastung und bei anspruchungen, die zwischen dem Nullwert und ein oberen Grenzwert schwanken, gilt nach den Versuch von *Wöhler* und *Bauschinger* die untere Streckgrenze Stahles als Ursprungsfestigkeit, d. h. als die Gren bis zu der er äußersten Falles ohne Gefahr dauer beansprucht werden darf. In den seltensten Fällen lie jedoch bei Stahlbauwerken der theoretische Fall ruhenden oder der pulsierenden Belastung vor. Bes ders Brücken sind manchen Belastungsschwankung ausgesetzt, die unter gewissen Umständen bei der E stehung von Resonanzschwingungen auch mit einer Ä derung der Vorzeichen verbunden sein können. D Schwingungsfrage ist gerade bei Brücken aus hochw tigem Baustahl besondere Aufmerksamkeit zu schenk Einerseits führt dieser Umstand, daß für alle Stähle Elastizitätsmodul einen praktisch gleichen Wert a weist, bei Bauten aus hochwertigem Baustahl zu gr ßeren zulässigen Durchbiegungen als bei Bauwerk aus St 37. Anderseits werden die Schwingungsmöglic keiten bei Bauten aus hochwertigem Baustahl infol des geringeren Gesamtgewichtes und der erhöhten Nu last vergrößert sein[7]).

Für Wechselbeanspruchungen liegt die Belastung grenze beträchtlich unter der Streckgrenze, sie schei der 0,03 vH-Dehngrenze zu entsprechen. Doch besteh zwischen den Ergebnissen des Zugversuches und d Höhe der Schwingungsfestigkeit noch keine genüge sicheren und damit praktisch verwertbaren Beziehu gen[8]). Es ist deshalb zur Kennzeichnung eines neu Stahles notwendig, unmittelbar durch Schwingungsve suche seine Schwingungsfestigkeit und sein Dämpfung vermögen versuchsmäßig zu ermitteln. Bei den vorli genden Untersuchungen erfolgte die dynamische Pr fung der verschiedenen Baustähle auf der *Schenckschen* Dauerbiegemaschine. Bezüglich des Baues und der A beitsweise der Maschine sei auf die Arbeit von *Lehr* verwiesen. Das von *Lehr* vorgeschlagene Abkürzung verfahren wurde jedoch lediglich zur Bestimmung d Leistungskurve der Stähle verwendet, die Schwingung festigkeit wurde durch wirkliche Dauerversuche erm telt. Die nachstehend mitgeteilten Zahlen sind die Mi tel von mehreren Versuchsreihen an jeder Stahlgrupp

[7]) *Gehler*, Sicherheitsgrad und Beanspruchung. 2. Int. Tagung f Brücken- und Hochbau in Wien, September 1928 S. 122. Vergl. Bd. 73 (1929) S. 93.
[8]) *Houdremont* und *Mailänder*, Dauerbiegeversuche mit Stähle „Stahl u. Eisen" Bd. 49 (1929) S. 833.
[9]) *Lehr*, Die Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwingung festigkeit von Materialien; Dissertation Techn. Hochschule Stuttgart 19

**Zahlentafel 2.** Die Festigkeitseigenschaften verschie dener Walzquerschnitte aus Union-Baustahl.

| Schmelze | Walzabmessungen | Streckgrenze kg/mm² | Zugfestigkeit kg/mm² | Dehnung $\delta_{10}$ vH | Einschnürung vH | Kerbzähigkei mkg cm |
|---|---|---|---|---|---|---|
| I | Universaleisen 1200×18 mm | 37,7 | 53,6 | 22,3 | 50 | 10,6 |
| | I NP 45 | 38,6 | 53,9 | 24,1 | 47 | 10 |
| | ∠ 50×50×7 mm | 40,7 | 56,6 | 23,5 | 57 | — |
| II | Universaleisen 1060×18 mm | 38,5 | 58,8 | 22,3 | 48 | 11,2 |
| | ∠ 200×100×18 mm | 39,3 | 56,1 | 24 | 45 | 10,5 |
| | ● 18 mm Dmr. | 43 | 57,5 | 23 | 51 | 12,4 |
| III | Universaleisen 800×10 mm | 39,3 | 53,5 | 24 | 59 | 10,8 |
| | ⊔ 60×30×6 mm | 37,2 | 54,5 | 24 | 55 | — |
| | ● 20 mm Dmr. | 38,2 | 52,9 | 25 | 57 | 12,7 |

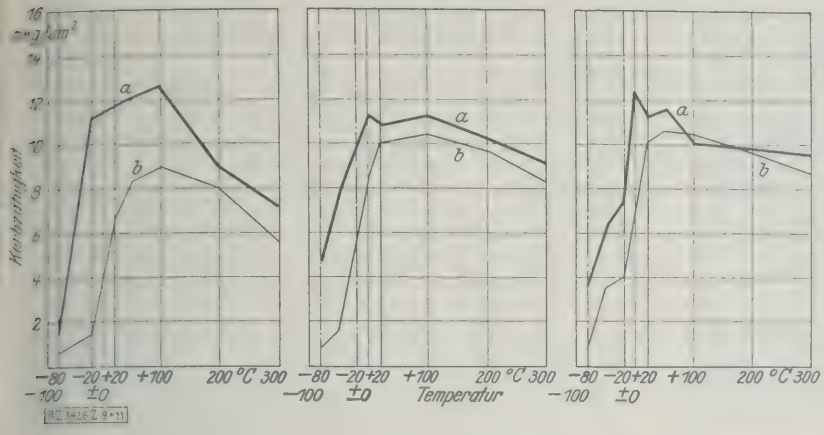



**Abb. 10 bis 12**
Kerbzähigkeit von Union-Baustahl vor und nach Alterungsbehandlung in Abhängigkeit von der Prüftemperatur.
*a* Walzzustand *b* Walzzustand, gealtert
Abb. 10. Schmelze A, 992 × 14 mm Dmr.
Abb. 11. „ B, I NP 28
Abb. 12. „ C, Knüppel 60 mm Dmr.

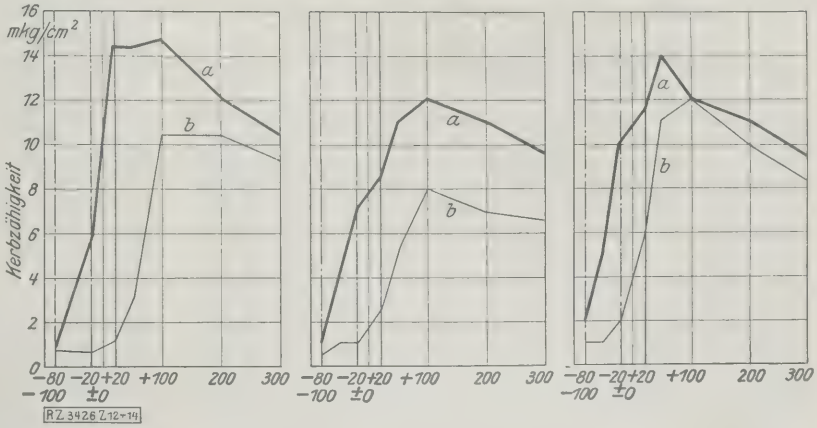



**Abb. 13 bis 15** (unten)
Kerbzähigkeit verschiedener Baustähle vor und nach Alterungsbehandlung in Abhängigkeit von der Prüftemperatur.
*a* Walzzustand *b* Walzzustand, gealtert
Abb. 13. St 37, 35 mm Dmr.
Abb. 14. St 48, 22 „ „
Abb. 15. Si-St, 25 „ „

Es ergaben sich für:

| | Schwingungsfestigkeit |
|---|---|
| St 37 . . . . | 19 bis 23 kg/mm² |
| St 48 . . . . | 25 bis 27 „ |
| St Si . . . . | 30 bis 32 „ |
| Union-Baustahl | 30 bis 34 „ |

Entsprechende Ergebnisse wurden auch bei Versuchen an Union-Baustahl im *Wöhler*-Institut der Technischen Hochschule Braunschweig erhalten, worüber demnächst eingehend berichtet werden wird.

Hier sei nur kurz folgendes mitgeteilt: Bei Biegeschwingungsversuchen an Flachstäben, wobei allgemein niedrigere Werte für die Schwingungsfestigkeit als auf der *Schenckschen* Dauerbiegemaschine ermittelt werden, wurde die Schwingungsfestigkeit für Union-Baustahl zu mindestens 29 kg/mm², für St 48 zu 26 bis 27 kg/mm² bestimmt.

Die Biegeschwingungsfestigkeit der Baustähle entspricht danach ziemlich genau der 0,03 vH-Grenze. Die Ergebnisse besagen weiter, daß die im Zugversuch ermittelte Überlegenheit der hochwertigen Baustähle auch bei der Schwingungsprüfung in etwa dem gleichen Maße vorhanden ist. Es ist somit gerechtfertigt, auch bei dynamisch beanspruchten Bauteilen aus Union-Baustahl die zulässige Beanspruchung um 40 bis 50 vH gegenüber der bei St 37 zu erhöhen. Wie weiter eingehende Versuche ergeben haben, zeigt der Union-Baustahl bei der Schwingungsbeanspruchung sehr geringe Empfindlichkeit gegen Oberflächenbeschädigungen und kurzfristige Überbeanspruchungen über die Ermüdungsgrenze hinaus. Dies ist im wesentlichen auf die hohe Kerbzähigkeit und die geringe Alterungsempfindlichkeit des Union-Baustahles zurückzuführen.

### Die Alterungsempfindlichkeit der Baustähle

Auf die Alterungsempfindlichkeit muß aus diesen und andern Gründen auch hier eingegangen werden. Unter Alterung eines Stahles versteht man die Änderung seiner Festigkeitseigenschaften, insbesondere die Abnahme der Kerbzähigkeit, die eintritt, wenn der Stahl um geringe Beträge kalt verformt und anschließend bei Raumtemperatur gelagert oder auf niedrige Temperatur (250 °) angelassen wird. Diese Änderung der Eigenschaften ist je nach Art und Vorbehandlung des Stahles verschieden groß. Praktisch bedeutsam ist dabei vor allem die Wirkung auf die Kerbzähigkeit. Es ist nun aber unzweckmäßig und ergibt ein unvollständiges Bild der Eigenschaftsänderung, wenn man die Alterungsempfindlichkeit eines Stahles lediglich durch einen Stichversuch bei Raumtemperatur prüft. Ein vollständiges Bild erhält man nur durch Alterungs-Kerbschlagversuche bei höheren und niedrigeren Temperaturen.

Bei Stahl zeigt die Kurve der Temperaturabhängigkeit der Kerbzähigkeit in der Nähe der Raumtemperatur einen meist steilen Abfall von hohen zu sehr geringen Werten. Durch eine Alterungsbeanspruchung wird die Lage dieses Steilabfalles je nach Art und Vorbehandlung des Stahles nach höheren Temperaturen hin verschoben[10]).

Die Alterungsbehandlung bestand bei den vorliegenden Untersuchungen in einem Stauchen um etwa 10 vH und einstündigem Anlassen bei 250 °. Die Kerbschlagproben hatten die Abmessung 10 · 10 · 60 mm mit 5 mm tiefem Rundkerb von 2 mm Dmr. Zur Prüfung herangezogen wurden kennzeichnende Vertreter der einzelnen Baustahlgruppen. Die Ergebnisse der Kerbschlagversuche vor und nach Alterungsbehandlung sind in Abb. 10 bis 12 und Abb. 13 bis 15 schaubildlich wiedergegeben.

Es ist in letzter Zeit gelungen, durch ein besonderes Schmelzverfahren die metallurgische Güte des Union-Baustahls so zu verbessern, daß seine Alterungsneigung außerordentlich weit verringert ist. Um den Fortschritt näher zu kennzeichnen, sind außer einer älteren Union-Baustahlschmelze, Abb. 10, zwei Schmelzen *B* und *C*, Abb. 11 und 12, die nach dem neuen Schmelzverfahren hergestellt wurden, zum Vergleich herangezogen. Die Festigkeitseigenschaften dieser drei Schmelzen waren in allen Werten mit Ausnahme des Alterungswiderstandes praktisch die gleichen, die Werte des Zugversuches haben also durch das neue Schmelzverfahren praktisch keine Änderung erfahren.

Wesentliche Verbesserungen zeigen die Schmelzen *B* und *C* gegenüber *A* aber in ihrem Verhalten gegenüber der Alterungsbeanspruchung. Während bei Schmelze *A* durch die Alterungsbehandlung die Kerbzähigkeit bei Raumtemperatur von 11,7 auf 6,8 mkg/cm² herabgesetzt wurde, sind die nach dem Altern bei den Schmelzen *B* und *C* ermittelten Kerbzähigkeitswerte gegenüber dem Walzzustand praktisch kaum verändert. Die Ursache für diese geringe Alterungsempfindlichkeit ist, wie Abb. 10 bis 12 erkennen läßt, in der Lage des Steilabfalles bei Schmelze *B* und *C* zu suchen. Im nichtgealterten Zustande zeigen die Schmelzen *B* und *C* bei — 50 ° noch Kerbzähigkeitswerte von 8 und 6 mkg/cm².

[10]) *Maurer* und *Mailänder*, Zur Frage der Blausprödigkeit, „Stahl u. Eisen" Bd. 45 (1925) S. 409.

Zieht man nun zum Vergleich zu diesen Ergebnissen die in Abb. 13 bis 15 wiedergegebenen Temperaturkurven der Stähle St 37, St 48 und St Si heran, so zeigt sich, daß trotz etwa der gleichen Kerbzähigkeitswerte bei Raumtemperatur die Kurve bei St 37 sehr viel steiler zu geringen Werten abfällt. Dem entspricht auch das Ergebnis nach Alterungsbeanspruchung: St 37 zeigt im gealterten Zustand bei Raumtemperatur sehr hohe Sprödigkeit, St 48 und noch deutlicher Si-Stahl besitzen auch nach Alterungsbehandlung noch eine gewisse Kerbzähigkeit, aber erst der Union-Baustahl, besonders die Schmelzen *B* und *C*, zeigt auch nach der Alterungsbehandlung noch wesentliche Zähigkeit. Die praktische Bedeutung dieses hohen Alterungswiderstandes besteht im wesentlichen in einer großen Unempfindlichkeit gegen die teilweise unvermeidlichen Mißhandlungen bei der Werkstattarbeit (beim Richten, Kaltbiegen, Zuschneiden und Stanzen).

### Gekupferter Stahl

Die Bedeutung eines erhöhten Widerstandes gegen Rostangriffe bei den hochwertigen Baustählen wurde oben verschiedentlich gestreift. Seit langem wird in Amerika davon Gebrauch gemacht, daß ein geringer Kupferzusatz (etwa 0,25 vH) den gewöhnlichen Kohlenstoffstahl gegen den Rostangriff durch die Atmosphäre und saure Wässer erheblich widerstandfähiger macht. Der Widerstand gegen Rosten und die Verwendung des gekupferten Stahles sind in den letzten Jahren auch in Deutschland vielfach in Fachkreisen erörtert worden. Hier sei auf die Veröffentlichungen von *K. Daeves* und von *E. H. Schulz*[11]) verwiesen, die auch die umfassenden Versuche der Vereinigte Stahlwerke A.-G. auf diesem Gebiete behandeln. Fest steht heute, daß die Lebensdauer des gekupferten Stahles bei Angriff durch die Atmosphäre im nackten Zustand, also ohne Anstrich, etwa 50 bis 100 vH höher ist als die des nichtgekupferten Stahles. Tatsache ist weiter, daß die höhere Lebensdauer des gekupferten Stahles auch unter Anstrich und im verzinkten Zustande vorliegt, was auf ein festeres und dichteres Haften der Schutzüberzüge zurückzuführen ist. Unter Wasser wird die Schutzwirkung des Kupferzusatzes erst nach Verlauf längerer Zeiten sichtbar, doch kann auch bei kürzerer Zeitdauer mit einer Überlegenheit von etwa 30 vH gegenüber dem nichtgekupferten Stahl gerechnet werden.

Die Schutzwirkung des Kupferzusatzes bei der Einwirkung von Seewasser ist neuerdings im Forschungsinstitut der Vereinigten Stahlwerke A.-G. der Gegenstand neuer Versuche gewesen, die recht bemerkenswerte Ergebnisse zeitigten. Danach ist gerade in Seewasser die Möglichkeit eines starken Schutzes gegen Rostangriffe durch einen Kupferzusatz durchaus gegeben unter Voraussetzung bestimmter Maßnahmen bei der Herstellung des Stahles. An andrer Stelle wird hierüber demnächst ausführlich berichtet werden. Die Verwendung des gekupferten Stahles für alle Bauteile, die mit oder ohne Anstrich dem Angriff der Atmosphäre oder des Wassers ausgesetzt sind, ist also besonders in Deutschland ein volkswirtschaftliches Gebot.

Bei den hochwertigen Baustählen verdient, wie weiter oben ausgeführt wurde, die Frage des Widerstandes gegen Rostangriffe besondere Beachtung. Dem ist zwar von *Roloff*[12]) wiedersprochen worden mit der Begründung, es gehöre zu den allerseltensten Fällen, daß in Deutschland eine eiserne Brücke dem Rost zum Opfer gefallen sei, der beste Schutz gegen Rost bleibe bei Brücken und Ingenieurhochbauten nach wie vor der Anstrich. Nun wird allerdings nicht anzunehmen sein, daß im allgemeinen die Tragfähigkeit der hochbeanspruchten Konstruktionsglieder bei sachmäßiger Pflege durch Abrostung verringert wird. Dagegen bringt die Verwendung jedes Stahles mit Kupferzusatz nach den vorliegenden Erfahrungen beachtliche Ersparnisse in der Unterhaltung des Anstriches mit sich, da die Farbe besser haftet und Unterrostungen seltener werden. Außerdem wäre es denkbar, daß noch einmal Zeiten kommen können, in denen die sachmäßige Unterhaltung unserer Stahlbauten nicht möglich ist. Den zu erwartenden Schädigungen kann am einfachsten durch eine Erhöhung des Widerstandes des Stahles gegen Rostangriff begegnet werden.

Der Rostwiderstand des Union-Baustahles ist infolge seines hohen Kupfergehaltes (0,7 bis 0,8 vH) wesentlich gesteigert. Bei Löslichkeitsversuchen in stark verdünnten Mineral- und organischen Säuren mit und ohne Walzhaut wird für Union-Baustahl nur $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ der Gewichtsabnahme von St 37 ermittelt. Diese Ergebnisse sind durch Versuche des Staatlichen Materialprüfungsamtes Berlin bestätigt worden.

Die in säurehaltigen Wässern ermittelten Ergebnisse sind nun nur mit gewisser Annäherung auf den Rostvorgang an der Atmosphäre zu übertragen. Die Überlegenheit des Union-Baustahles besteht jedoch auch bei Anfressung durch Wasser oder feuchte Luft, was aus den nachstehend mitgeteilten Ergebnissen neuartiger Rostermüdungsversuche hervorgeht. Läßt man während der Durchführung eines Schwingungsversuches — z. B. auf der Dauerbiegemaschine — Wasser oder feuchte Luft auf den Prüfstab einwirken, so wird durch den beschleunigt einsetzenden Rostvorgang die Schwingungsfestigkeit des Stahles je nach seinem natürlichen Rostwiderstand mehr oder weniger herabgesetzt.

Der Rostangriff kommt nach bestimmter Zeit durch Bildung von Schutzschichten zum Stillstand. Es ist daher möglich, bei Verwendung mehrerer Probestäbe des gleichen Stahles durch dauernde Herabsetzung der Schwingungsbeanspruchung die Rostermüdungsfestigkeit zu ermitteln. Als Rostermüdungsfestigkeit ist die Spannung gezeichnet, die der Stahl bei gleichzeitigem Rosten beliebig lange Zeit — bei den vorliegenden Versuchen etwa 17 bis 20 Millionen Lastwechsel — erträgt. Zahlentafel 3 zeigt die Ergebnisse derartiger Rostermüdungsversuche in Leitungswasser. Die Wirkung eines Kupferzusatzes von bis 0,3 vH zum St 37 und St 48 wird auch bei diesen Versuchen außerordentlich deutlich. Die durch die Anfressung bewirkte Abnahme der Schwingungsfestigkeit beträgt bei diesen gekupferten Stählen nur noch rd. 25 vH gegenüber 36 vH bei den ungekupferten. Der Siliziumbaustahl verhält sich entsprechend älteren Erfahrungen auch in diesen Rostversuchen nicht als sehr widerstandsfähig. Die geringste Abnahme der Schwingungsfestigkeit beim Rostermüdungsverfahren zeigt der Union-Baustahl.

Die Frage der Schweißbarkeit hat bei den hochwertigen Baustählen ihre besonderen Schwierigkeiten. Auch doch ist die Bewährung des Union-Baustahles für alle Schweißverfahren erwiesen. Für die elektrische Lichtbogenschweißung ist naturgemäß die Wahl einer besonderen Elektrode notwendig. Bei Zugversuchen an geschweißten Proben — sei es mit oder ohne Zusatzstoffen — wurden mindestens 85 vH der ursprünglichen Zugfestigkeit und Streckgrenze bei mittelmäßiger Verminderung der Dehnung erreicht.

**Zahlentafel 3. Abnahme der Schwingungsfestigkeit durch Rostermüdung in Leitungswasser.**

| Stahl | Untere Streckgrenze kg/mm² | Zugfestigkeit kg/mm² | Dehnung $\delta_{10}$ vH | Einschnürung vH | Schwingungsfestigkeit kg/mm² vor dem Rosten | Schwingungsfestigkeit kg/mm² bei Rost | Abnahme durch das Rost |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| St 37 | 24 | 40 | 32 | 69 | 24 | 15 | 37 |
| St 37, gekupfert | 25 | 36 | 29 | 75 | 22 | 17 | 23 |
| St 48 | 27 | 49 | 25 | 55 | 26 | 17 | 35 |
| St 48, gekupfert | 32 | 55 | 22 | 44 | 26 | 19 | 27 |
| St Si | 36 | 53 | 25 | 65 | 30 | 17 | 43 |
| Si-Stahl, gekupfert | 37 | 57 | 24 | 65 | 30 | 21 | 30 |
| Union-Baustahl | 37 | 55 | 24 | 66 | 33 | 26 | 21 |

[11]) *K. Daeves*, „Stahl u. Eisen" Bd. 46 (1926) S. 609, Bd. 48 (1928) S. 1170. *E. H. Schulz*, Praktische Korrosionsforschung, „Stahl u. Eisen" Bd. 48 (1928) S. 1393.

[12]) *Roloff*, Zur Frage des Baustahls in Deutschland, „Bautechnik" Bd. 7 (1929) S. 89.

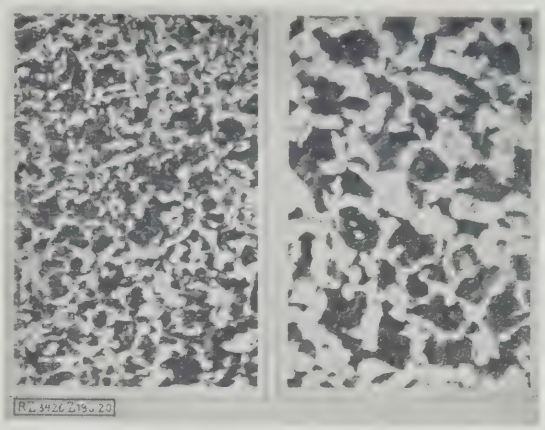
### Geschmiedeter Union-Baustahl

Die guten Erfolge bei der Herstellung und Prüfung von Walzerzeugnissen aus Union-Baustahl ließen Versuche zur Entwicklung eines entsprechend legierten Stahles für die Herstellung geschmiedeter Teile als aussichtsreich erscheinen. Mit Rücksicht auf die vielfach wesentlich geringeren Verformungsgrade beim Schmieden und Pressen mußte naturgemäß die Herstellung und Zusammensetzung für den geschmiedeten Union-Baustahl gewisse Änderungen erfahren. Aus den bei Versuchen und praktischen Erprobungen ermittelten Ergebnissen sei über die den Konstrukteur interessierenden Fragen kurz berichtet.

Der Einfluß des Durchschmiedungsgrades auf die Festigkeitseigenschaften im Schmiedezustand und nach Glühung wurde bei mehreren Schmelzen in der Weise verfolgt, daß Gußblöcke unter sonst gleichen Schmiedebedingungen auf verschiedene Endquerschnitte zwischen 250 und 100 mm Dmr. heruntergeschmiedet wurden. Über die mittleren Festigkeitseigenschaften und den Einfluß des Durchschmiedungsgrades gibt Zahlentafel 4 Auskunft. Wie die Ergebnisse des Schmiedezustandes erkennen lassen, beeinflußt der Durchschmiedungsgrad die Festigkeitseigenschaften des Union-Baustahls in verhältnismäßig geringem Maße. Die hohen Gütezahlen werden bereits bei geringen Verarbeitungsgraden erreicht. Die Überlegenheit des geschmiedeten Union-Baustahles gegenüber unlegiertem Kohlenstoffstahl gleicher Festigkeit besteht im wesentlichen in der etwa 5 kg/mm² höheren Streckgrenze und der wesentlich höheren Dehnung und Kerbzähigkeit. Auch bei großen Abmessungen wird bei 50 bis 60 km/mm² Zugfestigkeit mit Sicherheit eine Streckgrenze von mindestens 34 kg/mm² erreicht. Durch eine Glühbehandlung wird die Zugfestigkeit um ein geringes herabgesetzt, während Streckgrenze, Dehnung und Kerbzähigkeit erhöht werden. Wie Abb. 16 und 17 erkennen lassen, wird das Gefüge durch die Glühbehandlung wesentlich verfeinert. Auf einige eigenartige Feststellungen über den Einfluß besonderer Glühbehandlung auf die Eigenschaften des Chrom-Kupfer-Stahls wird demnächst an andrer Stelle besonders eingegangen werden.

Die Anwesenheit der Legierungselemente Kupfer und Chrom geben dem geschmiedeten Union-Baustahl trotz seines verhältnismäßig niedrigen Kohlenstoffgehaltes bereits eine praktisch brauchbare Vergütungsfähigkeit.

Die besondere Stärke des Union-Baustahls liegt jedoch in seinen sehr günstigen Eigenschaften im geglühten Zustande. Diese Eigenart, also das Vorliegen hoher Streckgrenze, guter Dehnung und verhältnismäßig hoher Kerbzähigkeit bereits nach einmaligem Glühen ist auf Grund folgender Überlegung von erheblicher Bedeutung. Für hochbeanspruchte Teile reichen die üblichen Kohlenstoffstähle vielfach nicht aus. Zwar läßt sich eine hohe Streckgrenze und eine hohe Zugfestigkeit auch hier durch Erhöhung des Kohlenstoffgehaltes erreichen, jedoch ist, wie bereits ausgeführt, der Abfall der Dehnung und insbesondere der spezifischen Schlagarbeit dann sehr stark. Man ist daher bei Verwendung der Kohlenstoffstähle häufig den Weg gegangen, den Kohlenstoffgehalt geringer zu wählen; die hohe Festigkeit wird bei guter Zähigkeit durch ein Vergütungsverfahren erzielt. Dieser Weg bringt jedoch bei größeren Stücken unter Umständen Schwierigkeiten mit sich. Einmal dringt die Vergütung nicht sehr tief in den Werkstoff ein, so daß also im Kern doch ein weniger hochwertiger Werkstoff vorliegt. Weiterhin können durch die Vergütung, die ja in einem Abschrecken mit anschließendem Anlassen besteht, Spannungen in das Werkstück hineingetragen werden, die latente zusätzliche Beanspruchungen ergeben. Bei dem Hinzukommen der betriebsmäßigen Spannungen führt dann die Summe beider Spannungen oft zu Ermüdungsbrüchen.



Schmiedezustand  Nach Glühung mit Ofenabkühlung

**Abb. 16 und 17**
Gefüge des geschmiedeten Union-Baustahles.

Selbstverständlich kann durch Verwendung von hochlegierten Chromnickelstählen, wie sie im Kraftwagen- und Flugzeugbau verwendet werden, sehr wohl ein höherwertiger Werkstoff ausgebildet werden, wobei jedoch wieder die Verteuerung eine Rolle spielt; denn sowohl die Legierungszusätze Nickel und Chrom in der erforderlichen Höhe wie die Vergütung verursachen nicht unerhebliche Kosten. Auch bleibt bei größeren Stücken die Gefahr schädlicher Eigenspannungen bestehen. Für die Fälle daher, wo die Beanspruchungen nicht so hoch sind, daß die Chrom-Nickel-Stähle unter allen Umständen trotz ihres hohen Preises verwendet werden müssen, dürften die neu entwickelten Baustähle im geglühten Zustand — teilweise unter einer gewissen Anpassung der Zusammensetzung und Behandlung — berufen sein, eine bedeutsame Rolle zu spielen, da sie nach dem Glühen spannungsfrei sind.

Zahlentafel 5 gibt einen Überblick über die mittleren Festigkeitseigenschaften einer Reihe zur Ablieferung gelangter Schmiedestücke aus Union-Baustahl. Die Streckgrenze liegt mindestens bei 35 kg/mm², bei der überwiegenden Zahl der Stücke beträchtlich höher.

Die Schwingungsfestigkeit des geschmiedeten Stahles wurde ebenfalls durch eingehende Versuche auf der *Schenckschen* Dauerbiegemaschine an geglühten und vergüteten Proben aus großen Schmiedestücken ermittelt. Die Ergebnisse dieser Versuche sind mit den Festigkeitseigenschaften einer Reihe unlegierter und legierter Siemens-Martin-Stähle in Zahlentafel 6 zusammengestellt. Die

**Zahlentafel 4.** Mittlere Festigkeitseigenschaften von geschmiedetem Union-Baustahl im Schmiedezustand und nach Glühung.

| Schmelze | Schmiedeabmessung mm Dmr. | Durchschmiedungsgrad | Probenbehandlung | Streckgrenze obere kg/mm² | Streckgrenze untere kg/mm² | Zugfestigkeit kg/mm² | Dehnung $\delta_{10}$ vH | Einschnürung vH | Streckgr.-Verhältnis vH | Kerbzähigkeit mkg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 230 | 4 | Schmiedezustand 850° 1 h, Ofenabkühlung | 35<br>35 | 35<br>34 | 54<br>52 | 20<br>24 | 58<br>67 | 65<br>67 | 8<br>12 |
| | 100 | 25 | Schmiedezustand 850° 1 h, Ofenabkühlung | 36<br>37 | 36<br>36 | 54<br>53 | 23<br>25 | 67<br>66 | 67<br>70 | 14<br>13 |
| B | 250 | 3,8 | Schmiedezustand 850° 1 h, Ofenabkühlung | 38<br>41 | 38<br>41 | 64<br>62 | 19<br>20 | 62<br>62 | 59<br>66 | —<br>8 |
| | 200 | 5,8 | Schmiedezustand 850° 1 h, Ofenabkühlung | 37<br>37 | 37<br>36 | 60<br>59 | 21<br>24 | 53<br>61 | 62<br>62 | 8<br>8 |
| | 155 | 10 | Schmiedezustand 850° 1 h, Ofenabkühlung | 36<br>39 | 36<br>39 | 59<br>60 | 20<br>24 | 59<br>63 | 60<br>65 | 8<br>7 |
| | 100 | 23 | Schmiedezustand 850° 1 h, Ofenabkühlung | 39<br>41 | 38<br>39 | 59<br>60 | —<br>21 | —<br>64 | 66<br>68 | 11<br>9 |

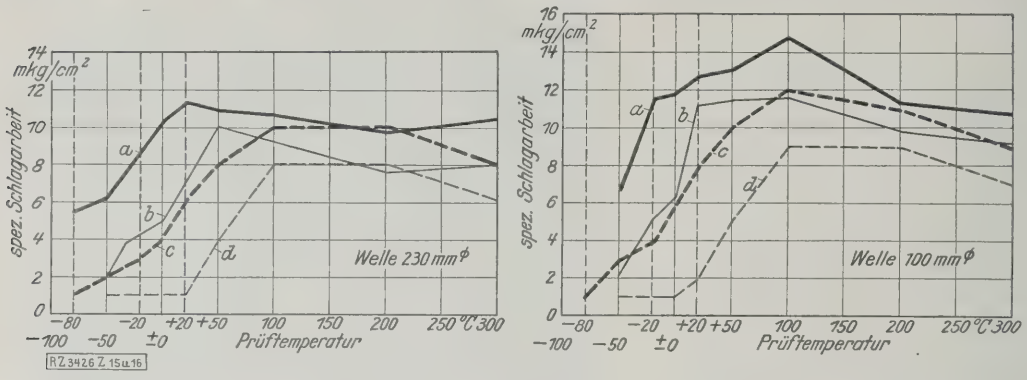



Abb. 18 und 19. Kerbzähigkeit von geglühtem geschmiedetem Union-Baustahl und Kohlenstoffstahl vor und nach Alterungsbehandlung in Abhängigkeit von der Prüftemperatur.
a Union-Baustahl, geglüht
b Union-Baustahl, 10 vH gestaucht, 250° angelassen
c Kohlenstoffstahl, geglüht
d Kohlenstoffstahl, 10 vH gestaucht, 250° angelassen

Schwingungsfestigkeit des geglühten geschmiedeten Union-Baustahles liegt mit 28 bis 31 kg/mm² entsprechend seiner höheren Streckgrenze und Zugfestigkeit über der des geglühten Kohlenstoffstahles mit 0,3 vH Kohlenstoff. Ebenso ist der geglühte Union-Baustahl bei Schwingungsbeanspruchungen einem vergüteten Stahl mit 0,5 vH Kohlenstoff trotz praktisch gleicher Festigkeitswerte deutlich überlegen. Nach Vergütung — allerdings nur kleiner Proben — entspricht seine Schwingungsfestigkeit sehr genau dem bei einem auf die gleiche Festigkeit vergüteten Chromnickelstahl mit 4 vH Nickel und 1 vH Chrom ermittelten hohen Wert von 42 bis 43 kg/mm². Das Verhalten des geschmiedeten Union-Baustahles bei Schwingungsbeanspruchungen ist also recht günstig.

Die Alterungsempfindlichkeit des geschmiedeten Union-Baustahls wurde ebenfalls in der schon oben beschriebenen Weise geprüft. Zum Vergleich wurde ein Kohlenstoffstahl mit 0,35 vH Kohlenstoffgehalt in den gleichen Schmiedeabmessungen herangezogen. Die mittleren Ergebnisse sind in Abb. 18 für die 230 mm dicke, in Abb. 19 für die 100 mm dicke Welle schaubildlich wiedergegeben. Der Abfall der Kerbzähigkeit zu geringen Werten liegt bei Union-Baustahl um etwa 70 ° tiefer als bei Kohlenstoffstahl; noch bei — 50 ° werden für beide Abmessungen mehr als 6 kg/cm² Kerbzähigkeit ermittelt. Demgegenüber zeigt der Kohlenstoffstahl eine allgemein niedriger verlaufende Temperaturkurve und bei — 20 ° nur noch den dritten Teil der Kerbzähigkeit des Union-Baustahles. Die hohe Kerbzähigkeit in der Kälte hat besonders für Maschinenteile große Bedeutung, die bei strenger Winterkälte stoßweisen Beanspruchungen ausgesetzt sind.

Infolge der tieferen Lage des Steilabfalles ist der Union-Baustahl gegen Kaltverformungen und Alterungsbeanspruchungen wesentlich weniger empfindlich als Kohlenstoffstahl. Dieser Umstand ist für die Bewährung bei der Werkstattarbeit von besonderer Bedeutung. In ähnlicher Weise ist der Union-Baustahl gegen die im allgemeinen schädlich wirkenden Einflüsse einer kritischen Reck- und Glühbehandlung sowie gegen Überhitzung weitgehend unempfindlich.

Die Verwendungsmöglichkeit großer Schmiedestücke im Elektromaschinenbau ist, abgesehen von günstigen Festigkeitseigenschaften, teilweise auch gebunden an eine möglichst hohe Magnetisierbarkeit. Eingehende magnetische Messungen an geschmiedetem und geglühtem Union-Baustahl erwiesen seine Brauchbarkeit auch für die im Elektromaschinenbau verwendeten Konstruktionsteile. Die von den Elektrizitätsfirmen normalerweise geforderten Induktionsmindestwerte werden bei Union-Baustahl mit 50 bis 60 kg/mm² Zugfestigkeit durchweg überschritten.

## Zusammenfassung

Zusammenfassend kann somit festgestellt werden, daß der geschmiedete Union-Baustahl auch bei geringen Durchschmiedungsgraden die bekannten günstigen Eigenschaften des gewalzten Stahles erreicht und den unlegierten Kohlenstoffstählen besonders durch seine hohe Streckgrenze, Dehnung und Kerbzähigkeit überlegen ist. Seine Schwingungsfestigkeit liegt mit 28 bis 31 kg/mm² über der eines Kohlenstoffstahles mit gleicher Festigkeit und erreicht im vergüteten Zustande bei kleineren Querschnitten die hohen Werte der Chrom-Nickel-Vergütungsstähle. Der geschmiedete Union-Baustahl weist auch bei tiefen Temperaturen eine gute Kerbzähigkeit auf und einen hohen Alterungswiderstand. Ebenso zeigt er gegen kritische Reck- und Glühbehandlungen sowie gegen Überhitzung eine bemerkenswerte Unempfindlichkeit. Sein Widerstand gegen Rostangriff entspricht naturgemäß dem des gewalzten Union-Baustahles. [B 3426]

**Zahlentafel 5.** Mittlere Festigkeitseigenschaften von Schmiedestücken aus Union-Baustahl (Längsproben).

| Schmiedeabmessung | Durchschmiedungsgrad | Streckgrenze kg/mm² | Zugfestigkeit kg/mm² | Dehnung $\delta_5$ vH | Einschnürung vH | $\frac{\sigma_S}{\sigma_B}100$ vH | Kerbzähigkeit mkg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 250 mm Dmr. rohverschmiedet | 7,5 | 35 | 56 | 22 | 50 | 62,5 | — |
| 250 „ „ „ | 7,5 | 35 | 53,5 | 22 | 49 | 65,5 | — |
| Welle | 7 | 40,1 | 56,7 | 23 | 51 | 70,7 | — |
| Turbinenwelle | — | 49,3 | 64,6 | 18 | 45 | 76,3 | 8,3 |
| Kolbenstange | 5 | 46,5 | 63,0 | 21 | 50 | 73,7 | 11,3 |
| „ | 5 | 40,7 | 61,4 | 21 | 42 | 66,5 | 11,3 |
| „ | 5 | 41,8 | 61 | 23 | 50 | 68,5 | 12,6 |
| „ | 5 | 44,6 | 62,1 | 23 | 52 | 71,7 | 12,2 |
| „ | 5 | 44,6 | 63 | 23 | 46 | 70,8 | 13,3 |
| Welle 270 mm Dmr. | 7,8 | 49 | 63,7 | 25 | 54 | 77 | 10,5 |
| 270 mm Dmr. nachgeschmiedet | 7,8 | 44,2 | 58,9 | 26 | 53 | 75 | 9,8 |
| Welle 350 mm Dmr. | 4,6 | 35 | 58,6 | 24 | 54 | 60 | 11,4 |
| Kurbelwelle | 4,5 | 36,9 | 55,7 | 27 | 54 | 66 | 14,3 |
| Stab 400 mm Dmr. | 4 | 38,2 | 56,7 | 23 | 51 | 68 | 14,3 |
| Welle | 4 | 40,8 | 56,4 | 24 | 48 | 74 | 14,1 |

**Zahlentafel 6.** Dauerfestigkeit verschiedener Baustähle.
(Ermittelt auf der *Schenckschen* Dauerbiegemaschine).

| Stahl | Walz- bzw. Schmiedeabmessung mm | Zustand | Streckgrenze obere kg/mm² | Streckgrenze untere kg/mm² | Zugfestigkeit kg/mm² | Dehnung $\delta_{10}$ vH | Einschnürung vH | Streckgr. Verhältnis vH | Dauerfestigkeit kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S.-M.-Stahl mit 0,3 vH C | Blech 25 | geglüht | 33,1 | — | 54,5 | 24,4 | 49 | 60,7 | 25 |
| „ „ 0,5 „ „ | 60 Dmr. | vergütet | 43 | 41 | 56,5 | 20,5 | 66 | 76,1 | 24 |
| Cr-Ni-Stahl V C N 35 | 50 „ | „ | 79 | — | 90,2 | 13 | 55 | 97,5 | 42 bis 43 |
| Union-Baustahl, geschmiedet | 250 Dmr. | geglüht | 41 | 40,6 | 61,5 | 20 | 62 | 66,5 | 28 bis 29 |
| | „ | vergütet | 79,5 | — | 88 | 12 | 64 | 90,3 | 42 bis 43 |
| | 155 Dmr. | geglüht | 39,5 | 39,3 | 60,2 | 24,5 | 63 | 65,6 | 30 bis 31 |
| | „ | vergütet | 77,3 | 77 | 85,5 | 12,5 | 64 | 90,5 | 42 bis 43 |

# Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung

*Von Prof. Dr. H. FASSBENDER, Berlin*

*Vorgetragen in der Verkehrstagung in Danzig am 21. Juni 1929 gelegentlich der 68. Hauptversammlung Königsberg.*

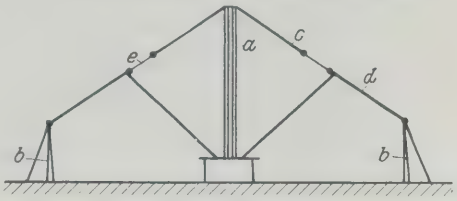
*Die einfache Nachrichtenübermittlung für die Verkehrssicherung in der Schiffahrt und Luftfahrt hat eine große Bedeutung. Bei der Navigation, die in schwierigen Fällen ebenfalls zur Verkehrssicherung zu rechnen ist, wird zwischen Fern- und Nahorientierung unterschieden. Bei der Fernorientierung der Schiffe spielt die Funkpeilung heute eine große Rolle, da sie von Stromversetzung, Abtrift durch seitliche Winde und Seegang unabhängig ist. Heute bevorzugt man die Rahmen-Eigenpeilung zunehmend, auch in der Luftfahrt beim Zielflug. — Verschiedene Peilverfahren und wirtschaftliche Bedeutung der Eigenpeilung in der Luftfahrt. Die Nahpeilung, auch in der Luftfahrt versucht, hat erst bei der Schiffahrt zu technisch durchgebildeten Verfahren geführt; Leitkabelverfahren, ultrakurze Wellen und ultrakurze Strahlen. — Verkehrssicherung im Eisenbahnbetrieb; die selbsttätige Zugüberwachung und die drahtlose Befehlsübermittlung beim Verschiebedienst.*

Die verschiedenen Verkehrsmittel: Schiffahrt, Luftfahrt und Eisenbahn, bedienen sich zahlreicher Verfahren zur Sicherung des Verkehrs, die vornehmlich auf der Anwendung der Hochfrequenztechnik beruhen, aber auch andre Zweige der Physik ausnutzen, so z. B. die akustischen und auch solche elektrischen Verfahren, die keine eigentliche Hochfrequenzeigenschaft haben. Bemerkenswert sind auch Versuche, nebeldurchdringende (Ultrarote) Strahlen zur Signalgebung und Orientierung in der Schiffahrt und Luftfahrt zu benutzen. Man wird unter alle die Verfahren zur Verkehrssicherung rechnen können, bei denen es sich um Navigation in besonders schwierigen Lagen handelt, also z. B. Navigation in schwierigen Hafeneingängen, bei unsichtigem Wetter, Nebelflügen usw.

Im Gegensatz zur Schiffahrt hängt die Luftfahrt heute noch vom Wetter ab, und zwar sowohl die Luftschiffahrt als auch der Flugzeugverkehr. Als man anfing, Luftverkehrslinien einzuführen, war es deshalb notwendig, gleichzeitig einen planmäßigen Wetterdienst auf den Flughäfen und auf der Strecke einzurichten, dann aber mußte ein Funknetz geschaffen werden, um diese am Boden gewonnenen Wettermeldungen den Flugzeugen während ihres Fluges übermitteln zu können[1]).

### Navigation mittels Hochfrequenz,

die sogenannte Funkpeilung[1a]). Grundsätzlich ist zwischen Fernorientierung des Fahrzeuges in der Schiffahrt und Luftfahrt auf der Strecke und der Nahorientierung im Hafen und vor der Landung zu unterscheiden. Die Navigationsmittel sollen nur dann zur Verkehrssicherung gerechnet werden, wenn sie es der Schiffahrt oder der Luftfahrt ermöglichen, den Verkehr auch in solchen Lagen durchzuführen, in denen die üblichen Navigationsmittel versagen.



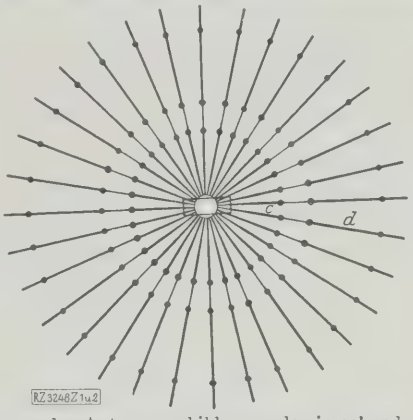




Abb. 1 und 2 Telefunken-kompaß.
*a* Hauptmast
*b* Außenmaste
*c* Schirmantenne
*d* Richtantenne
*e* isolierendes Spannseil

Die 32 Richtantennen des Antennengebildes werden in sekundlicher Folge erregt. Beim Zeichendurchgang durch Nord-Süd wird mittels einer Schirmantenne ein ungerichtetes Zeichen ausgestrahlt. Aus der Stoppzeit zwischen Nord-Süd-Kimmung und höchster Empfangsstärke bestimmt man die Lage eines Schiffes zum Sender.

In der Schiffahrt ist die Navigation deshalb viel einfacher als in der Luftfahrt, da die verhältnismäßig kleine Geschwindigkeit des Schiffes gestattet, die für die Navigation notwendigen Messungen in aller Ruhe auszuführen. Sie wird dagegen erschwert durch die Stromversetzung, die Abdrift infolge seitlicher Winde, des Seegangs und von Steuerfehlern. Standortbestimmungen mittels Gestirnhöhenmessung und optischer Peilungen können bei unsichtigem und nebeligem Wetter nicht benutzt werden. Als Retter bei all diesen Schwierigkeiten wird die drahtlose Welle zunehmend verwendet.

### Die Funkpeilung

Man unterscheidet hier die Fremdpeilung und die Eigenpeilung, je nachdem das Fahrzeug die Peilung von fremder Stelle ausführen läßt oder selbst vornimmt. Als Übergang zur neueren Eigenpeilung sei an den „Telefunken-Kompaß"[2]), Abb. 1 und 2, erinnert, der heute im neuen Gewande als rotating beacon in England wieder auflebt[3]).

Im Gegensatz zu dem Telefunken-Kompaß ist die vorteilhaftere absolute Eigenpeilung erst möglich geworden, nachdem die Funktechnik mit Hilfe der Kathodenröhrenverstärker mit kleinen Rahmenantennen große Reichweiten erzielt hatte. Der Rahmen-Eigenpeiler[4]) ist bei uns in Deutschland zu außerordentlicher Vollkommenheit entwickelt worden. Er beruht bekanntlich darauf, daß eine Rahmenantenne größte Lautstärke ergibt, wenn ihre Ebene in die Richtung Sender – Peilempfänger fällt, Abb. 3. In der hierzu senkrechten Richtung hat die Empfangslautstärke einen Kleinstwert.

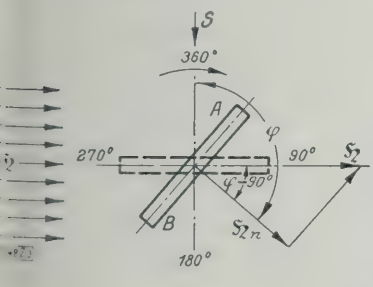



Abb. 3
Peilrahmen im elektromagnetischen Felde.
*S* Richtung der ankommenden elektromagnetischen Welle, $\mathfrak{H}$ Richtung des magnetischen Vektors des elektromagnetischen Feldes. *A B* Empfangsrahmen, $\mathfrak{H}_n$ Komponente von $\mathfrak{H}$ in Richtung der Rahmennormalen.

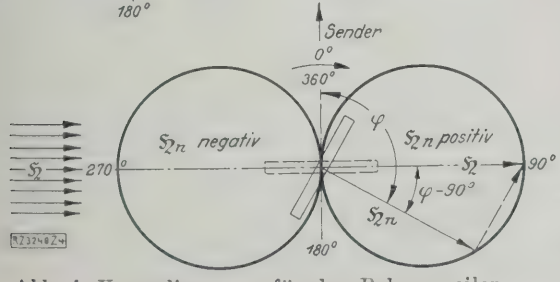



Abb. 4. Konusdiagramm für den Rahmenpeiler.

[1]) *Erhard Milch:* „Die Sicherheit im Luftverkehr" S. 46, Berlin 1929.
[1a]) *A. Leib,* u. *Nitzsche:* „Funkpeilungen" Berlin; *R. Keen:* Direction position finding by Wireless, London 1922; *S. H. Long:* Navigation Wireless, London 1927.

[2]) Jahrb. d. drahtl. Telegr. Bd. 6 (1912) S. 85.
[3]) *Smith-Rose,* Journ. Inst. Electr. Engrs. London Bd. 66 (1928) S. 270. *Smith-Rose* u. *Chapman,* Journ. Inst. Electr. Engrs. London Bd. 66 (1928) S. 256.
[4]) *Banneitz,* Taschenbuch d. drahtl. Telegr. und Telephonie S. 966. Berlin 1927.

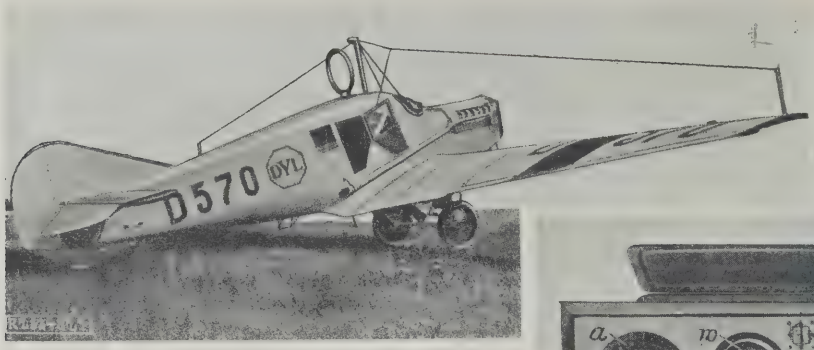
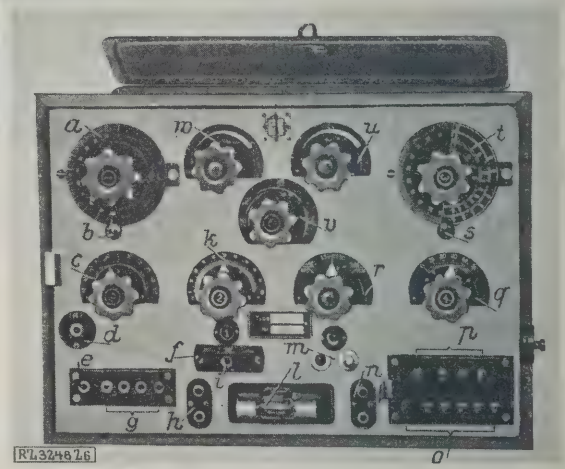



**Abb. 7**
Flugzeug mit aufgesetztem Peilrahmen.

**Abb. 6** (unten)
Flugzeug-Eigenpeiler.




*a* Rahmenabstimmung
*b* Feinstellknopf
*c* Hilfsantennenkopplung
*d* Hilfsantenne
*e* Rahmenerdung
*f* Schaltung auf Peilen
*g* Anschlüsse für den Rahmen
*h* Kopfhörer
*i* Schaltung auf „Seitenbestimmung"
*k* Rahmenrückkopplung
*l* Überspannungsschutz
*m* Peilempfänger „Aus — Ein"
*n* Kopfhörer
*o* Anschlüsse für den Fernanzeiger
*p* Anschlüsse für die Stromquellen
*q* Audionrückkopplung
*r* Wellenschalter
*s* Feinstellknopf
*t* Audion-Abstimmung
*u* Hochfrequenzabheizung
*v* Phasenschieber
*w* Heizwiderstand

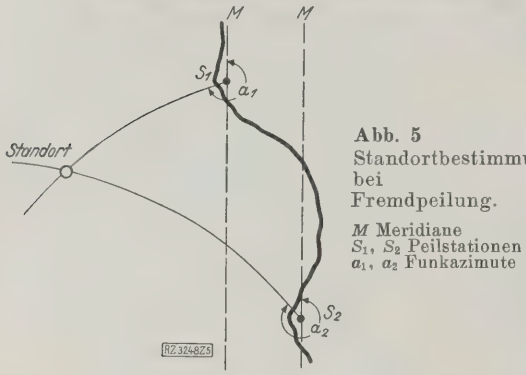



**Abb. 5**
Standortbestimmung bei Fremdpeilung.

*M* Meridiane
$S_1$, $S_2$ Peilstationen
$a_1$, $a_2$ Funkazimute

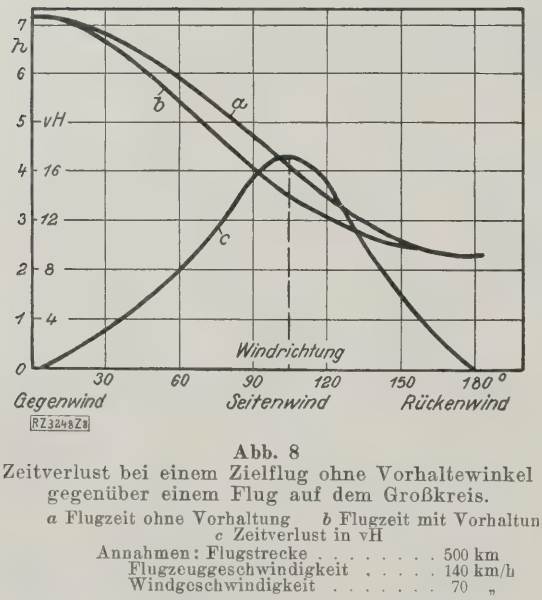



**Abb. 8**
Zeitverlust bei einem Zielflug ohne Vorhaltewinkel gegenüber einem Flug auf dem Großkreis.

*a* Flugzeit ohne Vorhaltung *b* Flugzeit mit Vorhaltung
*c* Zeitverlust in vH

Annahmen: Flugstrecke . . . . . 500 km
Flugzeuggeschwindigkeit . . . . . 140 km/h
Windgeschwindigkeit . . . . . 70 „

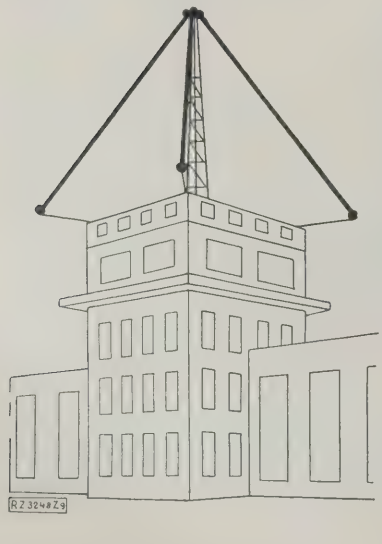



**Abb. 9**
Antennenanlage einer Goniometerstation nach Bellini-Tosi.

Das Radiogoniometer besteht aus zwei gerichteten, zu einander senkrechten Antennen und einer Empfangsanlage, die von zwei ebenfalls zu einander senkrechten Spulen und einer in ihnen drehbaren Spule gebildet wird.

Für die Bezeichnungen in Abb. 3 ergibt sich die Formel

$$H_n = H \cos(\varphi - 90).$$

Das in Abb. 4 gezeichnete sogenannte Kosinusdiagramm gestattet, für jede Rahmenstellung die entsprechende induzierte elektromotorische Kraft abzugreifen. Man erkennt, daß man bei einer vollen Drehung des Rahmens zwei Kleinstwerte und zwei Höchstwerte erhält. In der Praxis stellt man auf die geringste Lautstärke ein. Die Kleinstwerte sind aber im allgemeinen verschwommen, wenn man keine besonderen Hilfsmittel benutzt. Ein gutes Mittel besteht in der Anwendung einer ungerichteten Hilfsantenne. Der neuzeitliche Peilempfänger hat ferner Einrichtungen, die mit wenigen einfachen Handgriffen eine „Seite" eindeutig zu bestimmen gestatten, d. h. festzustellen, ob der Sender in der gefundenen Richtung auf der eine oder der umgekehrten Seite liegt.

Abb. 5 veranschaulicht die Standortbestimmung bei der Fremdpeilung.

Es war eine interessante Aufgabe, dieses für die Schiffahrt entwickelte Verfahren auf die Luftfahrt zu übertragen[5]), Abb. 6 und 7[6]). Die für die Luftfahrt zunächst noch recht umständliche Ortbestimmung erübrigt sich im allgemeinen bei der Anwendung des Bordpeilers auf den Zielflug.

Beim Zielflug befindet sich im anzufliegenden Hafen ein drahtloser Sender, die sogenannte Funkbake, der in bestimmten Zeitabständen oder auf besondere Aufforderung die Peilzeichen sendet. Der Peilrahmen wird senkrecht zur Längsachse des Flugzeuges orientiert. Das Flugzeug nimmt, Windstille vorausgesetzt, seinen Weg auf dem Großkreis, wenn man den Kurs so wählt, daß das Empfangsminimum stets in die Flugzeuglängsachse fällt (Einstellung auf 0° der Peilskala). Bei Seitenwind fliegt man nicht auf dem Großkreis, sondern längs einer Kurve, die von dem Verhältnis zwischen Flugzeuggeschwindigkeit und Windgeschwindigkeit bestimmt ist. Man kann die sich hieraus ergebende Wegverlängerung durch richtig gewä

[5]) Vergl. *M. H. Gloeckner*, Jahrb. d. drahtl. Telegr. Bd. 33 (1929) S. 92
[6]) Vergl. Z. Bd. 72 (1929) S. 1437.

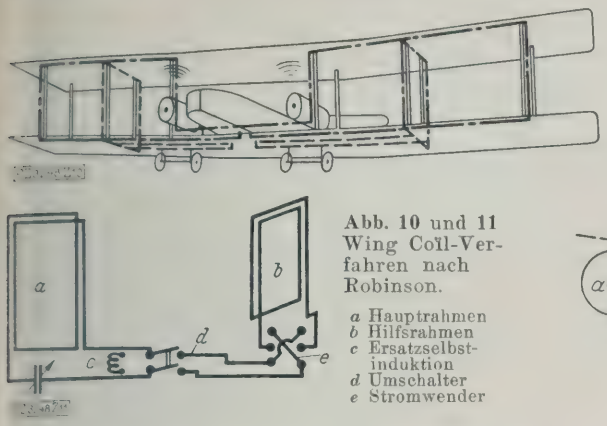





**Abb. 10 und 11** Wing Coil-Verfahren nach Robinson.

*a* Hauptrahmen
*b* Hilfsrahmen
*c* Ersatzselbstinduktion
*d* Umschalter
*e* Stromwender

en Vorhaltewinkel verringern. Praktisch erscheint es jedoch besser, auf diese Berichtigung ganz zu verzichten, da ler Zeitgewinn infolge Einhaltens des richtigen Vorhaltewinkels verhältnismäßig gering ist, Abb. 8.

Dem Einfachrahmen-Peilverfahren steht im Ausland las *Bellini-Tosische* Goniometer-Verfahren[7]), Abb. 9, gezenüber, das man zwar für den Bordgebrauch auf Schiffen, nicht jedoch für den auf Flugzeugen benutzen konnte. An seine Stelle trat das Wing Coil-Verfahren nach *Robinson*[8]), Abb. 10 und 11, das die Royal Air Force als Zielfluggerät weiter verbessert. Als Empfänger dienen zwei fest eingebaute in Reihe geschaltete, örtlich um 90 ° versetzte Rahmenantennen. Ihr Einbau ist auf Doppeldecker beschränkt[9]). Bei diesen sowie bei dem in Deutschland entwickelten Eigenpeilgerät nach *Dieckmann-Hell*[10]) handelt es sich um reine Zielfluggeräte, die auf Standortbestimmung nicht zugeschnitten sind.

### Die wirtschaftliche Bedeutung der Eigenpeilung für die Luftfahrt

Die gegenwärtige kritische Lage der deutschen Luftfahrt ist nicht zum mindesten darauf zurückzuführen, daß es bisher der Luftfahrt nicht gelungen ist, den Fahrplan bei jedem Wetter einzuhalten. Infolgedessen war es noch nicht möglich, Post in größeren Mengen vom Flugzeug befördern zu lassen, weder Briefpost noch Paketpost. Die Versuche mit Eigenpeilung auf der Strecke Berlin–Königsberg haben aber ein außerordentlich günstiges Ergebnis gehabt. Es war der Luft-Hansa möglich, völlig ohne Bodensicht mehrere Flüge mit Fluggästen auszuführen, unter Ausnutzung des Peilers zur Richtungsbestimmung, des Staudruckmessers und des Wendezeigers zur Bestimmung der Lage des Flugzeuges.

So kann es ein Flugzeug, das sich über den Wolken befindet und das seinen Standort über dem Landungsplatz mittels Peilen feststellen kann, wagen, durch die Wolken zu stoßen und, falls kein Bodennebel herrscht, zu landen, ein Ausweg, der schon wiederholt begangen wurde. Bei Bodennebel sind während der Landung Nahpeilverfahren erforderlich, die aber technisch noch nicht entwickelt sind.

### Nahpeilung in der Schiffahrt

Die Nahpeilung dient hier dazu, dem Schiff auch bei unsichtigem Wetter einen sicheren Weg durch schwierige Hafeneingänge zu weisen.

Ein Verfahren, das heute von den Amerikanern besonders bevorzugt wird, das *Kiebitz-Schellersche* Leitstrahl-Verfahren[11]), wird nicht nur zum Nahpeilen, sondern bei größeren Sendeleistungen auch zum Fernpeilen benutzt. Es besteht darin, daß man mit der gleichen Sendestation zwei sogenannte V-Antennen koppelt und die eine entsprechend dem Morsezeichen *a*, die andre entsprechend dem Morsezeichen *n* tastet, und zwar so, daß diese beiden Zeichen einander zu einem Dauerstrich ergänzen. Aus der Sendecharakteristik der beiden Antennen folgt, wie aus Abb. 12 zu ersehen ist, daß

[7]) *Bellini* und *Tosi*, Jahrb. d. drahtl. Telegr. Bd. 2 (1909) S. 230, 381, 511 und 609.
[8]) Radio Review Bd. 1 (1920) S. 213 und S. 265.
[9]) *R. Keen*, Direction and position finding by Wireless. London 1922.
[10]) *R. Hell*, Jahrb. d. drahtl. Telegr. Bd. 33 (1929), S. 138.
[11]) *O. Scheller*, Jahrb. d. drahtl. Telegr. Bd. 3 (1909) S. 341; *Kiebitz*, ebenda Bd. 15 (1920) S. 209.

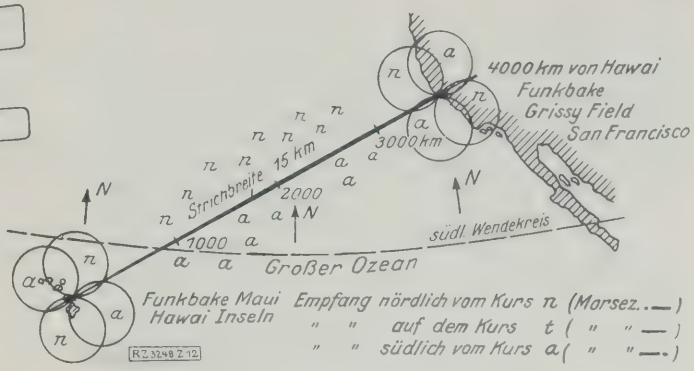



**Abb. 12** Flugzeugnavigation mit *Schellerschen* Funkbaken zwischen San Francisco und den Hawai-Inseln.

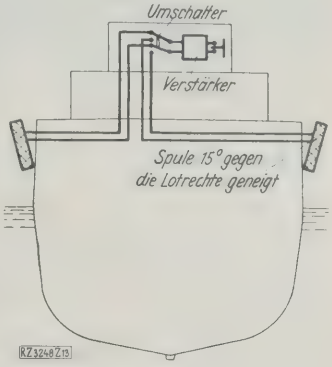



**Abb. 13** Leitkabelverfahren.

Zwei Empfangsschleifen von rd. 0,5 qm Fläche werden an beiden Seiten des Schiffes in geringem Abstand vom Schiffskörper in der in der Abbildung dargestellten Lage befestigt und durch einen Umschalter mit einem Dreiröhrenverstärker und Fernhörern verbunden.

sich das Flugzeug auf der Winkelhalbierenden der beiden Antennenpaare befindet, wenn es die beiden Buchstaben mit gleicher Lautstärke hört oder besser gesagt, wenn sich die Zeichen *a* und *n* zu einem Dauerstrich, ohne daß die Lautstärke schwankt, ergänzen. In Deutschland erprobt man dieses Verfahren zur Zeit ebenso wie in Amerika, wo das Bureau of Standards das Verfahren insbesondere für die Fliegerei entwickelt hat, ohne daß es jedoch heute als eingeführt gelten kann[12]). Die Versuche der Wasserbauabteilung des Reichsverkehrsministeriums haben ergeben, daß der sogenannte Leitstrahl wandert.

### Ultrakurze Wellen

Dieses Verfahren hat *Marconi* in England entwickelt[13]). Die ultrakurzen Wellen lassen sich mittels verhältnismäßig kleiner Metallspiegel bündeln, wie das schon *Hertz* in seinen klassischen Versuchen gezeigt hat. *Marconi* läßt einen Parabolspiegel, in dessen Brennlinie ein Sender für ultrakurze Wellen aufgehängt ist, sich drehen. Der Sender sendet dann je nach der Richtung verschiedene Morsezeichen. Schiffe, die Zeichen dieses Senders empfangen, können aus dem jeweiligen Zeichen ihre Lage zu dem Sender bestimmen. Stellt man zwei solche Sender an verschiedenen Stellen nahe der Küste auf, so geben die beiden gleichen, die Richtung kennzeichnenden Buchstaben die beiden Peilstrahlen an, die den Ort des Schiffes mit den beiden Zeichensendern verbinden. Auf diese Weise ist es dem Schiff möglich, seinen Standort in einfachster Weise zu bestimmen. *Marconi* und *Franklin*[14]) haben dieses Verfahren für die Zwecke der Seefahrt erprobt und brauchbare Ergebnisse erhalten.

### Das Leitkabelverfahren

Dieses im Kriege häufig angewandte Verfahren besteht im einzelnen darin, daß man ein Kabel auf dem Meeresboden in der Richtung verlegt, in der das Schiff seinen Kurs nehmen soll, und mit einem Wechselstrom von Schallfrequenz oder Unterschallfrequenz speist. Mittels an dem Schiff angebrachter Spulen oder Elektroden können die magnetische Induktion oder die Rückströme im Wasser dazu benutzt werden, in einem Fernsprecher

[12]) *Shangraw*, Proc. Inst. Radio Eng. Bd. 16 (1928) S. 1203 bis 35; *Dellinger* u. *Pratt*, Proc. Inst. Radio Ing. Bd. 16 (1928) S. 890.
[13]) Wireless World, und *Fassbender* u. *Kurlbaum*, Jahrb. d. drahtl. Telegr. Bd. 33 (1929) S. 52.
[14]) Jahrb. der drahtl. Telegr. Bd. 31 (1923) S. 59.

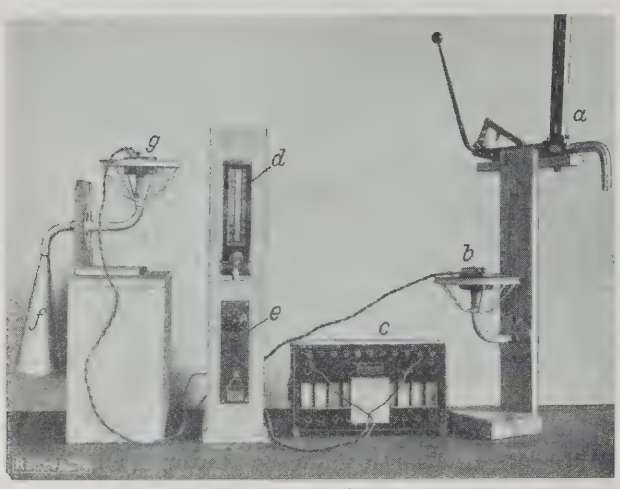



Abb. 14. Echolot für die Luftfahrt.

*a* Pistole
*b* Auslösmikrophon
*c* Batterie
*d* Anzeigegerät
*e* Bedienungsbrettchen
Schalltrichter zur Aufnahme des Echos
*g* Mikrophon zur Aufnahme der Echowellen

oder einer andern entsprechenden Vorrichtung Zeichen zu geben, so daß das Schiff der Richtung des Kabels folgen kann, Abb. 13. Das Kabel wird mit einem Wechselstrom von z. B. 500 Hertz gespeist und dieser Strom von einem selbsttätigen Unterbrecher in Zeichen zerlegt. Die Navigation geht nun so vor sich, daß wechselweise die beiden Empfangsschleifen mittels Verstärker und Kopfhörer abgehört werden, wobei die Signale auf der Seite des Schiffes, die dem Kabel am nächsten ist, stärker sind. Der Unterschied in der Lautstärke beruht augenscheinlich auf der abschirmenden Wirkung des eisernen Schiffskörpers, er ändert sich mit der Größe des Schiffes, aber es ist meist möglich, die Empfangsschleifen so einzustellen, daß man sich sicher orientieren kann. Dieses Verfahren ist in anderer Form vielfach ausgeführt worden, so hat man z. B. die Kopfhörer durch Zeigervorrichtungen ersetzt.

Eine wertvolle Ergänzung unsrer Mittel für die Nahpeilung stellt das Echolot dar.

### Ultrarote Strahlen

Diese Strahlen haben eine sehr viel bessere Durchleuchtfähigkeit für Nebel als die für das menschliche Auge sichtbaren Strahlen, weil sie eine viel größere Wellenlänge haben und deshalb weniger von den Nebelbläschen gebrochen werden. Besonders die englische Marine hat Strahlen verschiedener Wellenlänge planmäßig auf ihre Brauchbarkeit, den Nebel zu durchleuchten, untersucht und die zweckmäßigsten Wellen hierbei bestimmt. Man kann Scheinwerfer herstellen, die gerade solche Wellenlängen aussenden und mit deren Hilfe man durch den Nebel Zeichen geben kann, indem man z. B. den Horizont ableuchtet. Treffen diese Strahlen auf einen Gegenstand, so werden sie zum Teil zurückgeworfen. Die zurückgeworfenen Strahlen sind naturgemäß nur schwach. Mit sehr empfindlichen photoelektrischen Zellen, wie man sie beim Bildfunk verwendet, kann man aber auch diese schwachen von dem Gegenstand hinter dem Nebel zurückgeworfenen Strahlen noch nachweisen, z. B. indem ein Summer ertönt, der mit der Photozelle verbunden ist. Solche Vorrichtungen können im Kriege benutzt werden, um die Vernebelung von Kampfeinheiten unwirksam zu machen; auch für die Handelsmarine sind sie vielleicht nützlich, da sie z. B. im dicken Nebel einen Zusammenstoß zweier Schiffe verhindern können.

### Die Nahpeilung in der Luftfahrt,

die auch bei Bodennebel zu landen ermöglichen soll, steckt noch in den Kinderschuhen. Falls es gelingen sollte, ein technisch einwandfreies Verfahren zu finden, um eine Nebellandung auf einem eigens hierzu hergerichteten Platz zu ermöglichen, so wäre die Lösung nur dann wirklich befriedigend, wenn auch praktisch keine Notlandung mehr vorkommen.

Ob die ultrakurzen Wellen oder das Leitkabel oder vielleicht auch die ultraroten Strahlen berufen sein werden, die Nebellandungen von Flugzeugen zu erleichtern, darüber werden die allernächsten Jahre entscheiden. Die Höhenbestimmung des Flugzeuges über dem Erdboden wird jedenfalls bei dieser Frage immer eine entscheidende Rolle spielen, so daß auf das schon oben erwähnte Echolot für die Luftfahrt, Abb. 14[15]), besonders hingewiesen werden soll. Denn die gewöhnlichen Höhenmesser geben nur den der Flughöhe entsprechenden Luftdruck, also die Höhe über Meeresspiegel, nicht über dem Erdboden an. Das gestattet aber das *Behmsche* Echolot, das weder vom Barometerstand noch vom Wetter abhängt.

### Die Verkehrssicherung der Eisenbahn

Bei der Eisenbahn braucht man nicht zu peilen, da ja hier der Kurs durch die Schienen vorgeschrieben ist. Hier stehen hinsichtlich der Verkehrssicherung andere Fragen im Vordergrund, sie beziehen sich auf die selbsttätige Bremsung von Zügen beim Überfahren von Haltsignalen, und zwar benutzt man hier mittelfrequente Ströme. Die Firmen Siemens, AEG und Lorenz haben für diesen Zweck Verfahren ausgearbeitet, die schon viel Eingang in die Praxis gefunden haben[16]).

Bemerkenswert sind die neuesten Versuche der Deutschen Reichsbahn mit der drahtlosen Befehlsübermittlung beim Verschiebedienst[17]).

Der Verschiebedienstleiter spricht dabei in ein Mikrophon, dessen Strom verstärkt wird; eine Senderöhre arbeitet auf eine Antenne. Diese Antenne ist in unserm Falle als eine ungefähr 2 km lange Kupferleitung ausgeführt. Man kann das gewissermaßen als Hochfrequenztelephonie auf Leitung bezeichnen. Die Trägerleitung ist in der Längsrichtung der Verschiebegleise verlegt. Neben der Trägerleitung fahren die Verschiebelokomotiven, die mit Antenne, Empfänger und Lautsprecher ausgerüstet sind. Der Lokomotivführer hört so die vom Verschiebemeister gegebenen Befehle. Dieses Verfahren hat eine große Lücke: Der Verschiebemeister kann zwar zum Lokomotivführer sprechen, aber nicht umgekehrt.

Einen weiteren Nachteil bautechnischer Art bedeutet die Trägerleitung, die man ja längs der Verschiebegleise spannen muß. Aus diesem Grunde ist man seit geraumer Zeit dabei, mit Hilfe der ultrakurzen Wellen — das sind Wellen von 3 m Länge und darunter — sogenannte drahtlose Gegensprüche einzuführen, so daß sich der Lokomotivführer und der Verschiebemeister wie beim gewöhnlichen Ferngespräch verständigen können.

Genau dasselbe Verfahren benutzt die Reichsbahn allerdings sind das noch Versuchsanlagen zur Verständigung zwischen Spitze und Ende des fahrenden Güterzuges. Die amerikanischen Eisenbahnen haben ein derartiges Verfahren schon seit 1927 eingeführt[18]). Aber die Amerikaner waren bei der Durchführung dieser Betriebsaufgabe sehr viel besser gestellt als wir, weil sie nämlich normale Wellen benutzen konnten. Darunter versteht man Wellen, deren Ausbreitung man in der Hand hat und wo man einigermaßen Bescheid weiß, wie die Wellen sich verhalten, was man ja leider von den ganz kurzen Wellen heute noch nicht weiß. Die amerikanische Einrichtung, die Wellen aus dem Gebiete von 100 bis 200 m verwendet, kommt für uns aber auch schon deswegen nicht in Frage, weil die technischen Aufwendungen viel zu groß sind. Bei den amerikanischen Kohlenzügen von ungefähr 1600 m Länge ist für die drahtlose Verständigung zwischen Spitze und Schluß des Zuges immerhin eine Antennenleistung von rd. 70 Watt erforderlich. Hiermit würde man vom Flugzeug aus eine Telegraphie-Reichweite von rd. 1000 km erzielen. Ein Überschuß an Senderleistung ist im Eisenbahnbetrieb natürlich immer erforderlich, weil mit außerordentlichen Störungen und Lärm zu rechnen ist. [B 3248]

[15]) „Arbeiten zur Luftnavigierung" S. 49, Berlin 1927.
[16]) Vergl. *C. Wolff*, „Selbsttätige Zugüberwachung", Z. Bd. 71 (1927) S. 1665.
[17]) Die nachstehenden Ausführungen machte Reichsbahnrat Dr. *Apel* in der Aussprache zum Vortrag.
[18]) Dr. *Apel* hatte Gelegenheit, das Verfahren in Amerika kennen zu lernen.

# Holz in Betrieb und Konstruktion

Im Rahmen der diesjährigen Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure wurde in Königsberg eine Fachsitzung „Betriebstechnik" abgehalten, die im Zeichen des Holzes stand. Oberingenieur Dipl.-Ing. *Leupold*, Chemnitz, führte nach einleitender Begrüßung aus, daß es hohe Zeit ist, sich auch des Werkstoffes Holz anzunehmen, nachdem in den letzten Jahren die metallischen Stoffe so stark im Vordergrunde gestanden haben. Der Betriebsingenieur muß auf dem Gebiete der Holzbearbeitung noch eifrig studieren, seine Arbeit kann aber nur dann zum Erfolg führen, wenn er, wie auf anderen Gebieten, so auch auf diesem, mit dem Konstrukteur eng zusammengeht. Erstmalig ist in diesem Jahre bei der Fachsitzung Betriebstechnik neben einem betriebstechnischen Vortrag ein konstruktiver auf die Tagesordnung gesetzt. Die vertrauensvolle Zusammenarbeit von Betriebsmann und Konstrukteur ist von ausschlaggebender Bedeutung.

Reichsbahnoberrat Dr.-Ing. *Schächterle*, Stuttgart, sprach über

**Holz als Konstruktionsmittel**[1]).

Er schilderte zunächst die Verwendung des Holzes für Baukonstruktionen aller Art, wobei er die Entwicklung aus der Zimmermannskunst zur ingenieurmäßigen Beherrschung hölzerner Bauweisen kennzeichnete.

Bei der Verwendung von Holz ist sehr zu beachten, daß man seine Eigenschaften nicht wie bei Metallen im voraus bestimmen und durch Normen festlegen kann, sondern daß sie in weiten Grenzen durch die Wachstumsverhältnisse bedingt und großen, auch nachträglichen, Änderungen, wie Schwinden, Werfen, Verziehen, Reißen, unterworfen sind. Sehr wünschenswert aber wäre eine Vereinheitlichung der Schnittklassen und Abmessungen.

Nach eingehender Behandlung der heute üblichen Holzverbindungen und der zulässigen Beanspruchungen zeigte der Vortragende an vielen Beispielen den Stiel- und Riegelbau, den Tafel- und Plattenbau und den Blockbau. Nachdrücklich wurde auf die heute zu wenig beachtete Anwendung des Holzes für Rüst- und Schalungsbau hingewiesen, namentlich auf die Lehrgerüste für Brückenbauten. Aus der Untersuchung der Wirtschaftlichkeit geht hervor, daß Holzbauten besonders dort überlegen sind, wo das Eigengewicht gegenüber der Nutzlast eine große Rolle spielt, also bei Dächern und Hallen.

In der Aussprache machte Oberingenieur *Schmidt*, Königsberg, Angaben über die Verwendung des Holzes im neuzeitlichen Bau von Eisenbahnwagen, wo es zwar an den tragenden Teilen mehr und mehr dem Stahl hat weichen müssen, sich aber für Bodenbelag, Füllungen und Innenausbau behauptet.

Dipl.-Ing. *Kraemer*, Berlin-Adlershof, berichtete, daß etwa die Hälfte der heute in Deutschland zugelassenen Flugzeuge in Holz ausgeführt ist. Besonders für Sport-, Übungs- und Reklameflugzeuge kommt diese Bauweise nach wie vor in Betracht. Die Anforderungen an die Eigenschaften des Holzes sind sehr hoch. Man verwendet es für Gerippe, Außenhaut und Luftschrauben. Große Bedeutung hat namentlich das Sperrholz.

Dr.-Ing. *Seitz*, Stuttgart, behandelte die Herstellung von Holzrohren, die man bei kleineren Abmessungen in der Werkstatt wickelt, bei größeren am Verwendungsort aus Dauben zusammensetzt. Das geringe Eigengewicht, die leichte Anpassungsfähigkeit an das Gelände und eine Reihe weiterer Vorzüge sichern dem Holzrohr die Wettbewerbmöglichkeit. In den letzten sechs Jahren wurden in Deutschland rund 100 km Holzrohre verlegt.

Zum Schluß berichtete Dr. *Helffrich*, Mannheim-Rheinau, über die Verhältnisse im Luftschiffbau, wo Holz namentlich in der Form von Sperrplatten ausgedehnte Verwendung findet.

Dipl.-Ing. *Warlimont*, Heidelberg, sprach über

**„Künstliche Holztrocknung"**[2]).

Nach Erläuterung der wichtigsten Begriffe, wie Fasersättigungspunkt, Feuchtigkeitsfluß und Feuchtigkeitsgefälle, hygroskopisches Gleichgewicht und Verschalung, gab er das Ergebnis eingehender Versuche über das Verhalten verschieden behandelten Holzes unter der Einwirkung frischer Luft bekannt. Die Versuche lassen klar erkennen, daß die bisher bekannten Verfahren künstlicher Trocknung ebenso wenig wie die langsamere natürliche Trocknung imstande sind, das Holz zu einem beständigen Werkstoff zu machen. An zahlreichen Schaubildern wurde gezeigt, wie alle untersuchten Hölzer dem schwankenden Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft gefolgt sind, also Feuchtigkeit aufgenommen und abgegeben haben, gequollen oder geschwunden sind. Der Vortragende glaubt feststellen zu müssen, daß z. Zt. noch kein gangbarer Weg gezeigt werden kann, das Holz zum „Stehen" zu bringen.

An eine gute Trockenanlage sind nach Ansicht des Verfassers folgende Anforderungen zu stellen:

1. Gleichmäßige Luftbewegung und Regelbarkeit der Bestreichgeschwindigkeit,
2. Regelbarkeit der Temperatur und
3. Regelbarkeit des Grades der Luftfeuchtigkeit.

Die zweite Forderung ist leicht zu erfüllen. Die Luftbewegung ist so zu lenken, daß sie mit der natürlichen durch Feuchtigkeitsgehalt und Temperatur gegebenen in Übereinstimmung steht. Der richtigen Wahl der Bestreichgeschwindigkeit ist besondere Aufmerksamkeit zu widmen; sie läßt sich in Kammeröfen besser beherrschen als in Kanalöfen.

Wie wichtig es für die Trockentechnik ist, die Luftfeuchtigkeit zu regeln, ist erst spät erkannt worden. Die infolge der Lufterhitzung namentlich zu Beginn das Vorganges schnell schwindende Feuchtigkeit wird zweckmäßig mittels Zufuhr von Feuchtigkeit von außen ersetzt. Zur Regelung muß man im weiteren Verlauf Frischluft zusetzen. Die hierbei auftretenden Wärmeverluste lassen sich bei Öfen mit Kondensation vermeiden. Ihre Anlagekosten sind aber beträchtlich.

In der Aussprache berichtet Prof. Dr.-Ing. *Nowak*, Mödling, über seine Versuche mit trockener Hitze, die zu vollständiger Beständigkeit geführt habe. Er warnt vor zu hohen Luftgeschwindigkeiten, hält eine möglichst einfache Anlage für erstrebenswert und gibt ein neues Verfahren an zur genauen Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mittels elektrischer Widerstandsmessung.

Prof. Dr. *Schwalbe*, Eberswalde, bezweifelt, daß Chemikalien und Salze des Holzes die Ursache des Schwindens sind. Nach seinen Erfahrungen gelingt es doch, Holz mittels Trocknen „beständig" zu machen.

Ingenieur-Chemiker *Steinert*, Berlin, erläutert das von der Firma Hampe & Hartwig, Berlin, angewandte Trokkenverfahren, das beruht auf hoher Luftleere, Absaugen der Luft aus dem Holz, Füllen der Zellkörper mit Dampf, Kondensation, Aufquellen des Holzes, Umwandlung der Eiweißkörper, Spannungsbeseitigung zwischen Kern und Splint, Erzeugung eines kapillaren Leitungsnetzes, Abwandern der Feuchtigkeit nach außen, Trocknen ohne „Verschalung". Diese Wasserdampftrocknung wurde erst infolge der Einführung von verbesserten Überhitzern und der sogenannten Transformatorendüsen möglich.

Obering. *Merkel*, Nürnberg, vertritt den Standpunkt, daß man das Trocknen nicht nur auf physikalische Vorgänge zurückführen darf, sondern daß man auch chemische Einflüsse berücksichtigen muß. Erforschung dieser noch ungeklärten Zusammenhänge ist erforderlich.

Herr *Reinek*, Ter-Apel (Holland), empfiehlt Verdampfung der Luftfeuchtigkeit bei einer Luftleere von 98 bis 99 vH, wobei man dem Holz die Feuchtigkeit über den ganzen Querschnitt nahezu gleichzeitig entziehen und Spannungen vermeiden kann. Waldfrische Kanteln von 10 × 10 cm² Querschnitt aus Buchenholz konnte man mit diesem Verfahren in 4 bis 5 Tagen auf weniger als 10 vH Feuchtigkeit trocknen.

Die Tagung, schon in der Wahl der Vorträge von früheren abweichend, war ungewöhnlich gut besucht. Sie hat auch infolge der regen Aussprache, besonders zu der Frage der Holztrocknung, stark anregend gewirkt. In ihrer Einstellung auf den etwas vernachlässigten Werkstoff Holz hat sie sich dem Rahmen der Königsberger Hauptversammlung eingefügt, deren Leitgedanke war, die Aufmerksamkeit des Ingenieurs auf die Bedeutung des Holzes für Deutschlands Industrie und Wirtschaft zu lenken.

[N 3606] *Kothe*

[1]) Der Vortrag erscheint demnächst im Auszug in dieser Zeitschrift.
[2]) Der Vortrag ist veröffentlicht in „Maschinenbau" Bd. 8 (1929) Nr. 19 S. 649. Vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 6 S. 202 und *Warlimont*, Das künstliche Holztrocknen, Berlin 1929.

# Wechselgetriebe französischer Kraftwagen

*Von Dr. techn. A. HELLER, Berlin*

*Mittel zum Verbessern der Fahreigenschaften, namentlich der Anfahrbeschleunigung des Wagens — Viergang-getriebe mit geräuschlosem dritten Gang — Vorgelege für Dreiganggetriebe*

Die Entwicklung der Wechselgetriebe der Kraftwagen in den letzten Jahren beweist, daß bei dem so weitgehend durchgebildeten und genormten Fahrgestell des Personenkraftwagens noch immer wesentliche Fortschritte der Bauart möglich sind, die sich auch in der Praxis der Großerzeugung als wirtschaftlich bewähren.

Das Bedürfnis, vom hergebrachten Wechselgetriebe mit vier in einer geometrischen Reihe zunehmenden Übersetzungsstufen abzugehen, ergab sich aus der Beobachtung, daß die Fahrzeuge mit dreistufigem Wechselgetriebe, die namentlich die amerikanischen Fabriken erzeugten und nach dem Krieg in großen Mengen in Europa einführten, beim Gebrauch im Stadtverkehr günstiges Verhalten zeigten. Hierbei kommt es nicht darauf an, daß der Wagen eine sehr große Höchstgeschwindigkeit erzielt, da diese in der Stadt unzulässig ist, sondern vor allem darauf, daß sich der Wagen ohne Umschalten in möglichst kurzer Zeit von der langsamsten auf eine genügend schnelle Gangart beschleunigen läßt.

Schon 1924 hat *v. Soden* gezeigt[1]), daß, gleiche Leistungskennlinien der Motoren und Widerstandkennlinien der Fahrzeuge vorausgesetzt, der Kraftwagen mit Dreiganggetriebe bei unmittelbarem Eingriff (höchstem Gang) einen erheblich größeren Leistungsüberschuß hat als der Kraftwagen mit Vierganggetriebe. In dem dort gewählten Beispiel eines Wagens mit 40 PS Höchstleistung des Motors bei 2000 U/min sind bei 20 km/h Fahrgeschwindigkeit im Wagen mit Vierganggetriebe rd. 5 PS, im Wagen mit Dreiganggetriebe dagegen rd. 7 PS, bei 40 km/h Geschwindigkeit entsprechend 13 und 17 PS Überschußleistung des Motors für das Beschleunigen des Wagens verfügbar.

Diese Unterschiede allein würden aber, wie die Erfahrung gelehrt hat, noch nicht genügen, um die Überlegenheit der Fahreigenschaften von Wagen mit Dreiganggetrieben zu erklären; vielmehr kommt hinzu, daß amerikanische Kraftwagenfabriken, auf das Wagengewicht bezogen, mittels zu enger Vergaser gedrosselte Motoren von verhältnismäßig größerem Zylinderinhalt verwenden, deren Leistungskennlinien flacher verlaufe und auch die Hinterachsantriebe mit größeren Übe setzungsverhältnissen ausführen. Das erste Mittel zu b nutzen, verbietet sich in Europa infolge der Steue gesetzgebung, wonach die Jahresabgabe nach dem Z linderinhalt des Motors abgestuft ist; das zweite Mitt beschränkt die erreichbare Höchstgeschwindigkeit d Wagens, da die Bremsleistung des Motors abnimmt, soba seine Drehzahl über eine gewisse Grenze steigt.

Auch die französischen Fabriken haben daher na Lösungen der Getriebefrage gesucht, die die Möglichke bieten, die Vorteile der Dreistufengetriebe auszunutze aber ihre Nachteile hinsichtlich der beschränkten Höchs geschwindigkeit vermeiden. Wie man aus einem Beric von *G. Delanghe*[2]) entnehmen kann, bewegen sich d heute ausgeführten Bauarten in den gleichen Richtunge denen man auch schon in andern Ländern gefolgt is

### Vierganggetriebe mit Schraubenrädern

Die eine Art ist ein verbessertes Vierganggetrieb mit wenig vergrößertem Übersetzungsverhältnis d Hinterachse; der besonders ruhig laufende dritte Gan soll in Verbindung mit der größeren Hinterachsübe setzung die günstigere Beschleunigung des Wagens b Stadtfahrten ergeben. Von den an dieser Stelle bereit beschriebenen[3]) amerikanischen Getrieben dieser A unterscheidet sich das Getriebe von Panhard & Levasso Paris, Abb. 1, durch das Mittel, das verwendet wird, u den Lauf der Zahnräder der dritten Stufe geräuschlo zu machen.

Das Getriebe enthält nicht mehr Zahnräder als jede andre vierstufige Wechselgetriebe, nur sind die Räder

[1]) „Maschinenbau — Gestaltung" Bd. 3 (1924) S. 200.

[2]) „Le Génie Civil" Bd. 95 (1929) Nr. 9 S. 201.

[3]) Z. Bd. 72 (1928) S. 269.

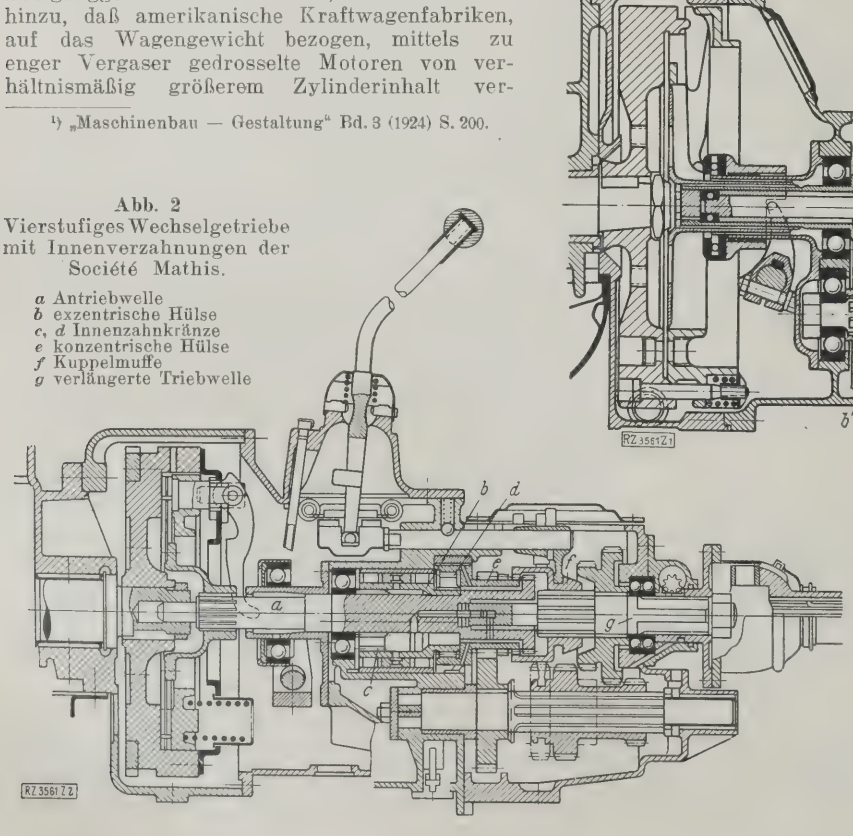



**Abb. 2**
Vierstufiges Wechselgetriebe mit Innenverzahnungen der Société Mathis.

*a* Antriebwelle
*b* exzentrische Hülse
*c*, *d* Innenzahnkränze
*e* konzentrische Hülse
*f* Kuppelmuffe
*g* verlängerte Triebwelle

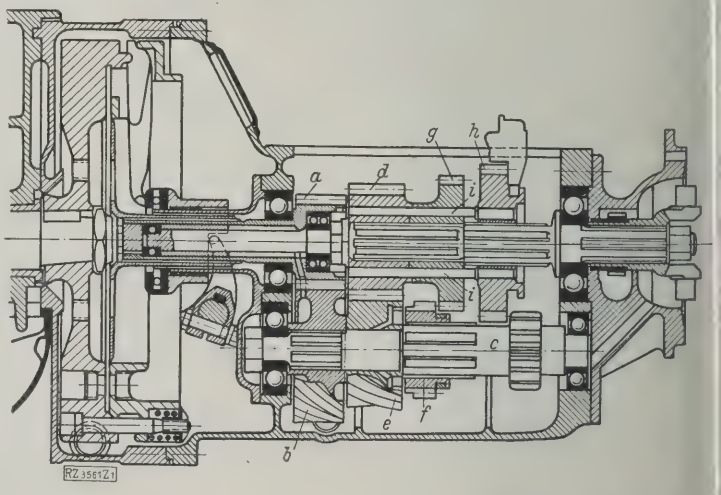



**Abb. 1**
Vierstufiges Wechselgetriebe mit geräuschlosem dritten Gang von Panhard & Levassor.

*a*, *b* Vorgelegeräder mit Schraubenzähnen
*c* Vorgelegewelle
*d*, *e* Schraubenzahnräder für den dritten Gang
*f*, *g* Zahnräder für den zweiten Gang
*h* Zahnrad „ „ ersten „
*i* Kuppelbolzen „ „ vierten „

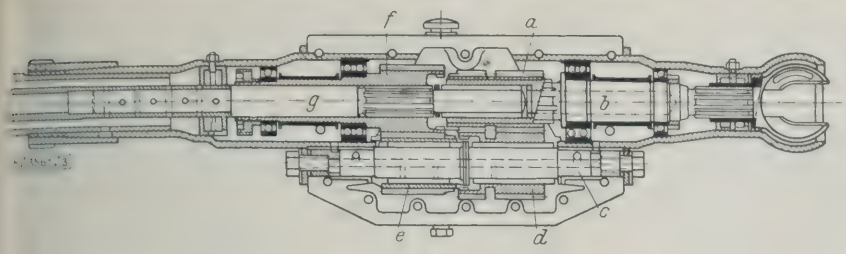



Abb. 3
Vorgelege der Société Voisin.

*a* Antriebzahnrad
*b* Triebwelle
*c* Nebenwelle
*d*, *e* Vorgelegezahnräder
*f* getriebenes Zahnrad
*g* Verlängerung der Triebwelle

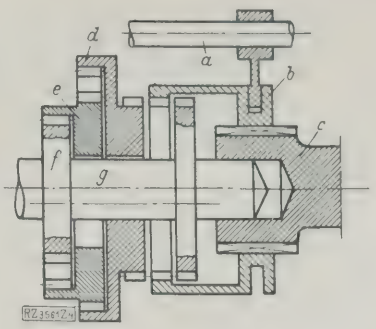



Abb. 4
Vorgelege der Société Berliet.

*a* Schaltstange
*b* Kuppelmuffe
*c* Antriebwelle
*d*, *e*, *f* Umlaufgetriebe
*g* Getriebewelle

. die die Kraft von der Kupplung auf die Vorgelege-
elle *c* übertragen, sowie die Räder *d*, *e* des dritten
anges mit Schraubenzähnen versehen, damit sie, auch
enn sie sich abgenutzt haben, ohne Geräusch laufen.
iese Räderpaare bleiben auch ständig im Eingriff.
benso läuft die Vorgelegewelle ständig mit ihnen um.
en dritten Gang bringt das Zahnrad *f* auf der Vor-
elegewelle zur Wirkung, indem man es nach links ver-
chiebt, bis seine abgedrehten Zahnenden in entsprechende
usnehmungen des auf der Welle *c* lose gelagerten
ades *e* eintreten. Verschieben des Rades *f* nach rechts
rgibt durch Eingriff mit dem Rade *g* den zweiten Gang.
en vierten Gang erhält man durch Verschieben des
ahnrades *h* auf der verlängerten Antriebwelle nach
inks. Dieses Rad ist mit Bolzen *i* versehen, die sich
ierbei in Öffnungen der Räder *g* und *d* verschieben, um
n Öffnungen des Rades *a* einzutreten und dieses mit dem
ad *h* zu kuppeln.

### Getriebe mit Innenverzahnung

Beim neuen Getriebe der Société Mathis, Abb. 2, wird
er dritte Gang nach der Bauart der Biflex Products Co.,
Vaukegon, Ill., durch mehrere Zahnräder mit Innen-
erzahnung gebildet. Die Antriebwelle *a* trägt hier zwei
ezahnte Hülsen, von denen die eine, *b*, auf Rollen
xzentrisch gelagert ist und mittels der Innenverzahnun-
en *c*, *d*, die zweite Hülse *e* antreibt. Diese trägt den Zahn-
ranz für den Antrieb der Vorgelegewelle. Man erhält
en dritten Gang, wenn man die mit Innenzähnen ver-
ehene Muffe *f* auf der verlängerten Treibwelle *g* nach
inks verschiebt, wobei der Antrieb von *a* über *c* und *d*
uf *e* übertragen wird. Den vierten Gang ergibt eben-
alls die Muffe *f*, indem man sie nach rechts verschiebt
nd hierbei mit den Zähnen am rechten Ende der Welle *a*
nmittelbar kuppelt.

Das Getriebe macht einen reichlich verwickelten
indruck. Auch dürfte die Haltbarkeit der Innenverzah-
ungen bei Dauerbetrieb unter Last zu wünschen übrig
assen.

### Getriebe mit Schnellgang

Als Beispiel der zweiten Richtung im Bau von
echselgetrieben, die bei deutschen Kraftwagen durch
en bekannten „Schnellgang" der Firma Maybach ver-
örpert wird, sei in Abb. 3 das Vorgelege der Société
oisin, Paris, wiedergegeben. Aufgabe eines solchen
orgeleges, das man zum ersten Male wohl bei den Ford-
raftwagen benutzt hat, ist ohne Überschreiten der
otordrehzahl, die der Höchstleistung des Motors ent-
richt, höhere Fahrgeschwindigkeiten zu gestatten, als
an mittels des vorhandenen Wechselgetriebes erzielen
önnte. Bei einem Wagen mit Dreiganggetriebe und
och übersetzter Hinterachse, der also im Stadtverkehr
enügend schnell anfahren kann, ermöglicht also das
orgelege, auf freier Landstraße mit der gewohnten
ohen Geschwindigkeit zu fahren.

Das Vorgelege von Voisin vermindert die Gesamt-
bersetzung zwischen Motor und Hinterrädern von 1 : 6,7
uf 1 : 4,7. Diese beiden Abstufungen kommen dadurch
ustande, daß man vom Zahnrad *a* auf der hohlen An-
riebwelle *b* aus entweder über die auf der ruhenden
ebenwelle *c* lose gelagerten Zahnräder *d* und *e* oder
urch unmittelbares Kuppeln mit dem Zahnrad *f* die
Fortsetzung der Antriebwelle treibt. Die Räder *a*, *d* oder *e*, *f* bleiben dabei dauernd miteinander im Eingriff. Die Räder *d* und *f* sind verschiebbar und mit Innenkränzen von Kuppelzähnen versehen.

Damit der Wagen bei der schnellen Fahrt ruhig läuft, obwohl die Kraft vom Motor nicht unmittelbar auf die Hinterachse übertragen wird, müssen die Zahnräder des Vorgeleges sehr genau gearbeitet und gelagert sein. Ferner legt man großen Wert darauf, daß sich der Übergang von einer Schaltung des Vorgeleges auf die andre selbsttätig vollzieht, damit der Fahrer dadurch nicht belastet wird, wie beim Schalten des vierten Ganges.

Beim Vorgelege von Voisin dient zum Umschalten des Vorgeleges in dem einen oder andern Sinn ein Luftzylinder, dessen Kolben der Fahrer je nach Einstellen eines Hahnes von der einen oder andern Seite der Wirkung des Unterdrucks in der Ansaugleitung des Motors aussetzen kann. Der Fahrer braucht nur die Motorkupplung auszurücken und den Fuß vom Beschleunigungshebel abzunehmen. In dem Steuerzylinder, der seitlich an dem Gehäuse des Vorgeleges sitzt, ist der Kolben in Schraubenschlitzen geführt. Wird er verstellt, so verdreht er ein an seiner Kolbenstange befestigtes Querhaupt, an dessen Enden die beiden Schaltgabeln sitzen. So wird entweder Rad *a* mit Rad *f* gekuppelt und gleichzeitig die Kupplung zwischen Rad *d* und Rad *e* gelöst, was den schnellen Gang ergibt, oder umgekehrt durch Kuppeln von *d* und *e* bei gleichzeitigem Entkuppeln von *a* und *f* der langsame Gang eingeschaltet.

Das grundsätzlich auf der gleichen Wirkung beruhende Vorgelege der Société Berliet, Lyon, das in Abb. 4 schematisch wiedergegeben ist, stellt ein umschaltbares Umlaufgetriebe dar, das in der Verlängerung des Getriebekastens vor dem Kardangelenk eingeschaltet wird. Mittels der Schaltstange *a* kann man die Zahnmuffe *b*, die die Antriebwelle *c* des Wagens mitnimmt, entweder mit dem Außenrad *d* des Umlaufgetriebes *d*, *e*, *f* oder unmittelbar mit der Getriebewelle *g* kuppeln, was den schnellen Gang ergibt. Allerdings bedingt hier der schnelle Gang eine besondere Schaltbewegung des Fahrers, so daß als Vorteil gegenüber dem wesentlich einfacheren üblichen Vierstufengetriebe nur der verhältnismäßig ruhigere Lauf des Wagens bei der dritten Schaltstufe übrigbleibt.

*

Ein Überblick über die besprochenen Getriebebauarten legt die Frage nahe, ob es zur Vermeidung baulicher Verwicklungen nicht genügte, die Übersetzungsverhältnisse des üblichen Vierganggetriebes so abzustufen, daß sie in der gleichen Weise zunehmen, wie die Übersetzungsverhältnisse eines Dreiganggetriebes mit besonderem Vorgelege. Wie neuerdings *v. Soden* gezeigt hat[4]), ist das möglich. Man hätte dann nur noch den dritten Gang dieses Getriebes, z. B. durch Verwenden von Schraubenrädern, geräuschlos zu machen, um alle wesentlichen Forderungen erfüllt zu sehen. [B 3561]

[4]) „Der Motorwagen" Bd. 32 (1929) Nr. 13 S. 265.

# Stoßverlust an plötzlichen Erweiterungen in Rohren beim Durchfluß von Gasen und Dämpfen

### Zuschrift an die Schriftleitung

Die physikalischen Bedingungen bei einer plötzlichen Erweiterung liefern bei inkompressiblen Flüssigkeiten einen Energieverlust, den Carnotverlust, bei Gasen und Dämpfen dagegen eine Drosselung oder Entropievermehrung, die sich nur bei geringen Geschwindigkeiten eindeutig in einen Energieverlust verwandeln läßt, weil der ganze Vorgang annähernd isotherm verläuft. Bei größeren Geschwindigkeiten wird die zur Umrechnung von Entropie- und Energieänderungen notwendige Bezugstemperatur unbestimmt. Man muß daher erst eine genaue Anweisung festlegen, die in gewissem Maße willkürlich ist. Der *Nußeltschen*[1]) Anweisung, daß man den Verlust an kinetischer Energie festzustellen hat, wenn das Gas die Erweiterung und eine nachträgliche adiabatische Verdichtung auf den Anfangsdruck durchlaufen hat, kann man z. B. die in der Literatur gebräuchlichere gleichberechtigte Anweisung gegenüberstellen, daß man nach dem Verlust an kinetischer Energie fragt, den man bei stoßweiser Verdichtung auf den Enddruck gegenüber adiabatischer Verdichtung auf den Enddruck erhält. Wegen des höheren Vergleichsdruckes erhält man im zweiten Fall auch größere rechnerische Verluste, die z. T. sogar die *Carnotschen* übertreffen. Allgemein kann man jeden Druck $p$ als Vergleichsdruck wählen.

*F. Grashof*[2]) läßt daher den Druck $p$ offen und gibt folgende Gleichung für den Verlust $Z$ an:

$$Z = \frac{(w_1 - w_2)^2}{2g} + (v_1 - v_2)\,p_1 + \int_1^2 p\,\mathrm{d}\,v.$$

Hierbei bedeutet der Zeiger 1 den Zustand vor dem Stoß, der Zeiger 2 den Zustand nach dem Stoß, der Integrationsweg von 1 nach 2 ist im Zustandsdiagramm längs der Adiabaten durch die Punkte 1 und 2 und längs der noch wählbaren Druckkurve $p = \text{konst}$ zu nehmen. Das erste Glied der rechten Seite stellt den *Carnotschen* Verlust dar, die übrigen Glieder lassen sich im Wärmediagramm als eine Fläche darstellen, Abb. 1, deren Begrenzungen der Integrationsweg in der Richtung von 1 nach 2 und die Kurven $v_2 = \text{konst}$ und $p_1 = \text{konst}$ sind. Dabei gilt die Fläche als positiv, wenn sie im Sinne des Uhrzeigers umfahren wird.

Nimmt man mit *Nußelt* den Vergleich bei $p = p_1$ vor, so wird die Fläche stets negativ. Die *Nußeltsche* Folgerung, daß der Stoßverlust bei Gasen kleiner ist als der *Carnotsche*, gilt zwar allgemein, aber nur unter der willkürlichen Annahme $p = p_1$. Nimmt man statt dessen $p = p_2$ an, so besteht die Fläche, solange $v_2 < v_1$, aus einem positiven und einem negativen Teil. Es läßt sich daher keine allgemeine Aussage machen (für das *Nußeltsche* Beispiel überwiegt auch jetzt noch der negative Teil). Es genügt aber, nachzuweisen, daß es Fälle gibt, in denen $v_2 \geq v_1$ gilt. Für diese liefert die *Carnotsche* Formel sicher zu kleine Verluste für den Vergleichsdruck $p = p_2$. Der Fall $v_2 = v_1$ selbst genügt schon, er tritt bei vollkommenen Gasen auf, wenn man $\frac{F_1}{F_2} = \frac{\varkappa - 1}{\varkappa + 1}$ wählt, und zwar für alle Geschwindigkeiten $w_1$. Dabei bedeutet $\varkappa$ das Verhältnis $\frac{c_p}{c_v}$.

Im übrigen ist die Annahme, daß an der Erweiterung auf die Fläche $F_2 - F_1$ der Druck $p_1$ wirkt, nur für Unterschallgeschwindigkeiten in der Mündung ($w_1$ kleiner als die Schallgeschwindigkeit $a_1$, also bei *Nußelt* $w_1$ kleiner etwa 340 m/s) notwendig und durch Versuche gesichert. Bei Überschallgeschwindigkeit kann der Druck auf die Fläche größer und kleiner als $p_1$ sein. Er tritt als neue Veränderliche auf, darf jedoch einen Höchstwert nicht überschreiten. Bei Schall- und Überschallgeschwindigkeit kann auch ein zweiter Punkt im Zustandsdiagramm Bedingung erhalten, der den Bedingungen des Stoßes genügt. Es herrscht dann auch im Rohre 2 Überschallgeschwindigkeit (vergl. die treppenförmige Lavaldüse, Abb. 2), die aber durch einen Verdichtungsstoß im Rohre 2 in Unterschallgeschwindigkeit übergeführt werden kann[3]).

Göttingen *Dr.-Ing. A. Busemann*

[1]) *W. Nußelt*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 22 S. 763.
[2]) *F. Grashof*, Theoretische Maschinenlehre, Leipzig 1875, § 76. Dieselbe Gleichung hat unabhängig davon auch *F. Odqvist*, Ingeniörs Vetenskaps Akademien Handlingar Nr. 43, Stockholm 1925, angegeben.

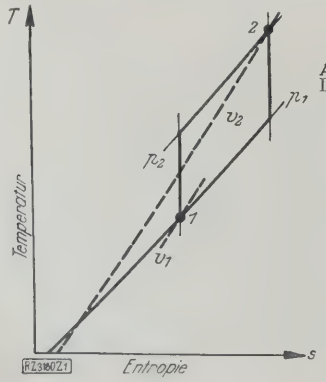



**Abb. 1**
Darstellung im Wärmediagramm.

### Entgegnung

Ersetzt man die plötzliche Erweiterung durch eine allmähliche, so kann man im idealen Grenzfall eine adiabatische Verdichtung auf den Druck $P_2$ erreichen. Wenn man zur Vereinfachung noch ein vollkommenes Gas voraussetzt, so gilt für die Abnahme der kinetischen Energie in der Erweiterung die Gleichung

$$\frac{w_1^2}{2g} - \frac{w_2^2}{2g} = \frac{\varkappa}{\varkappa - 1} P_1 v_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\varkappa - 1}{\varkappa}} - 1 \right] \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

Sie läßt sich auch schreiben

$$P_1 v_1 + \frac{w_1^2}{2g} = P_2 v_2 + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{1}{\varkappa - 1} (P_2 v_2 - P_1 v_1) \quad (1a$$

Auf der linken Seite steht die mechanische Energie, die durch den Querschnitt des engen Rohres strömt, bezogen auf 1 kg des Gases. Die zwei ersten Summanden auf der rechten Seite der Gleichung bilden die mechanische Energie, welche durch die Erweiterung strömt. Sie ist kleiner als jene um den Betrag des dritten Summanden; dieser stellt die Arbeit dar, die zur adiabatischen Kompression verbraucht und in Wärme verwandelt wird. Es ist

$$L = \frac{1}{\varkappa - 1} (P_2 v_2 - P_1 v_1) = \frac{c_v}{A} (T_2 - T_1) \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

Es tritt also bei Gasen trotz reibungsloser Strömung eine Abnahme der mechanischen Energie ein. Sie wird in Wärme umgesetzt. In Abb. 3 ist die adiabatische Verdichtung durch die Strecke $\overline{12}$ dargestellt. Geht man vom Punkt 1 auf der Isotherme $T_1$ zum Punkt 3 auf der Isochore $v_2$ über, so stellt die Fläche 23452 die Verdichtungsarbeit $L$ dar. Diese Arbeit ist aber nicht Verlust an mechanischer Energie bei der Strömung durch die Erweiterung, da sie durch adiabatische Expansion auf den Anfangsdruck $P_1$ wieder in mechanische Arbeit verwandelt werden kann.

Nach der Ansicht von *Busemann* könnte man einen beliebigen Vergleichsdruck wählen. Bezeichnet man ihn mit $P$ und wendet man diese Anschauung auf die adiabatische Strömung an, so ergibt sich für $P > P_1$ ein Verlust und für $P < P_1$ ein Gewinn, während tatsächlich die Strömung verlustlos verläuft. Es entspricht also nur die Wahl $P = P_1$ der technischen Fragestellung.

Ersetzt man die allmähliche Erweiterung durch eine plötzliche, so findet eine Verdichtung unter Entropiezunahme statt. Der Verlauf dieser Verdichtung ist im einzelnen nicht angebbar. Er ist im Wärmediagramm, Abb. 4, symbolisch durch die Strecke $\overline{12}$ ersetzt. Es gilt dann zunächst die Strömungsgleichung

$$i_1 + \frac{A\,w_1^2}{2g} = i_2 + \frac{A\,w_2^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3)$$

[3]) Genauere Ausführungen erscheinen im Handbuch der Experimentalphysik Bd. 4, Beitrag „Gasdynamik", Leipzig 1930.

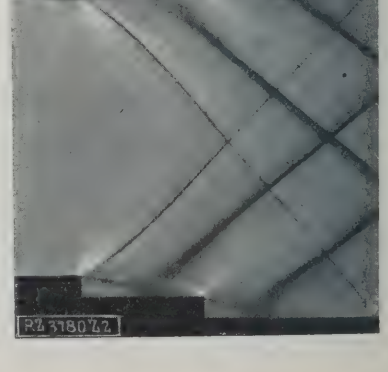


**Abb. 2**
Schlierenbild einer treppenförmigen Düse.

die sich auch wie folgt schreiben läßt

$$P_1 v_1 + \frac{w_1^2}{2g} = P_2 v_2 + \frac{w_2^2}{2g} + \frac{c_v}{A}(T_2 - T_1) \quad . \quad . \quad . \quad (3a).$$

Auch hier wird wieder die Abnahme der mechanischen Energie in Wärme verwandelt. Sie setzt sich aber bei der Strömung durch die plötzliche Erweiterung aus zwei Teilen zusammen, aus der Reibungsarbeit $B$ und der Verdichtungsarbeit $L$. Denn es gilt nach dem ersten Hauptsatz

$$A\,B = U_2 - U_1 - A\,L \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4)$$

oder

$$\frac{c_v}{A}(T_2 - T_1) = B + L \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4a).$$

Sämtliche Größen dieser Gleichung erscheinen im Wärmediagramm als Flächen. Fläche 12971 unter $\overline{12}$ ist die Reibungswärme $AB$; Fläche 42964 unter der Isochore $\overline{42}$ ist die Zunahme der inneren Energie; also ist der Unterschied beider Flächen, die Fläche 421764, die Verdichtungsarbeit $AL$. Die Erwärmung des Gases, also die Zunahme der inneren Energie kann aber nicht als Verlust an mechanischer Energie angesprochen werden, denn es genügt wie oben wieder die adiabatische Expansion auf den Anfangsdruck $P_1$, um wenigstens einen Teil derselben wieder in mechanische Energie zu verwandeln. Der so erhaltene Zustand entspricht dem Punkt 3 in Abb. 4. Die Strömungsgleichung lautet dann

$$P_1 v_1 + \frac{w_1^2}{2g} = P_1 v_3 + \frac{w_3^2}{2g} + \frac{c_v}{A}(T_3 - T_1) \quad . \quad . \quad . \quad (5).$$

Der Verlust an mechanischer Energie in der plötzlichen Erweiterung ist daher

$$\frac{c_v}{A}(T_3 - T_1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6),$$

dargestellt durch die Fläche 15871 in Abb. 4.

In meiner Abhandlung habe ich aber nicht nach dem Verlust an mechanischer Energie, sondern nach dem Verlust an kinetischer Energie gefragt, und der ist nach Gl. (5)

$$Z = \frac{A}{2g}(w_1^2 - w_3^2) = i_1 - i_3 = c_p(T_3 - T_1) \quad . \quad . \quad (7),$$

wie in meiner Abhandlung angegeben. In Abb. 4 ist er gleich der Fläche 13971.

*Busemann* setzt den Verlust gleich der Reibungsarbeit $B$, denn dies ist der Wert der rechten Seite der von ihm angeführten *Grashofschen* Gleichung. Diese kann aber nicht als Verlust angesprochen werden, denn wie oben gezeigt wurde, ist nach dem Stoß der Verlust an mechanischer Energie $B + L$. Nach der adiabatischen Expansion auf den Anfangsdruck $P_1$ ist er um die Fläche 1231 in Abb. 4 kleiner als $B$, da dieser Teil der Reibungswärme wieder in mechanische Energie verwandelt wird.

Für vollkommene Gase läßt sich der Strömungsverlust $Z$ auch explizit darstellen. Ist $a_1$ die Schallgeschwindigkeit im engen Rohr und setzt man $\frac{a_1}{w_1} = \psi$ und das Erweiterungsverhältnis $\frac{F_2}{F_1} = \varphi$, so wird

$$\frac{w_2}{w_1} = U = \frac{1}{\varkappa - 1}\left[\varkappa + \varphi\,\psi^2 - \sqrt{(\varkappa + \varphi\,\psi^2)^2 - (\varkappa + 1)(2\psi^2 + \varkappa - 1)}\right] \quad (8)$$

$$\frac{P_2}{P_1} = x = 1 + (1 - U)\frac{\varkappa}{\varphi\,\psi^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8a),$$

$$\frac{T_2}{T_1} = y = 1 + \frac{\varkappa - 1}{2\psi^2}(1 - U^2) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8b),$$

und

$$\frac{v_1}{v_2} = z = \frac{x}{y} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8c).$$

Damit wird der Strömungsverlust

$$Z = Z_{\text{Carnot}} - \frac{c_v T_1}{z}\left[x - 1 - \varkappa\left(x^{\frac{1}{\varkappa}} - 1\right)\right] \quad . \quad . \quad (9).$$

Bei einer Strömung mit Überschallgeschwindigkeit im engen Rohr bedarf allerdings meine Annahme, daß der Druck im ganzen Querschnitt I von Abb. 1 meines Aufsatzes gleich $P_1$ sei, noch der Nachprüfung durch den Versuch. Aber auch bei Unterschallgeschwindigkeit stellt diese Annahme nur eine Näherung dar. Wegen der Strömung im Totraum der Erweiterung kann in der fraglichen Ringfläche kein konstanter Druck herrschen, sondern ein örtlich veränderlicher. Meine Annahme sagt nur aus, daß dort im Mittel der Druck $P_1$ herrscht. Wie aus dem schönen Bild, Abb. 2, hervorgeht, gehen von dem Mündungsquerschnitt Druckstörungen aus, die bewirken, daß in den dem Mündungsquerschnitt benachbarten Teilen des Ringquerschnittes ein von $P_1$ verschiedener Druck herrschen muß. Da aber durch die plötzliche Erweiterung die Überschallgeschwindigkeit auf Unterschallgeschwindigkeit abgebremst wird, muß in den Ecken die Erweiterung ähnlich wie bei Unterschallgeschwindigkeit eine Wirbelzone mit veränderlicher Druckverteilung an der Kreisringfläche bilden. Ich glaube deshalb, daß der mittlere Druck an dieser Fläche doch nicht viel von $P_1$ verschieden sein wird. Versuche zur Prüfung dieser Frage habe ich in Angriff genommen.

München [D 3180] *W. Nußelt*

**Abb. 3**
Verlauf der adiabatischen Verdichtung im Wärmediagramm.

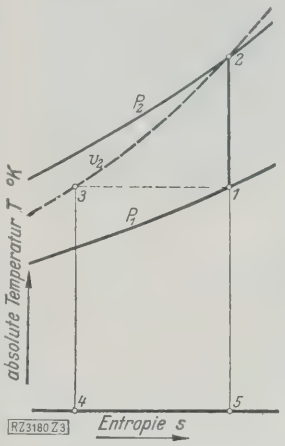
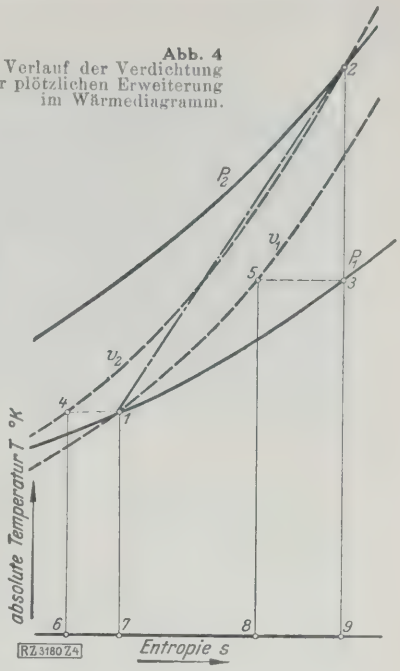



**Abb. 4**
Verlauf der Verdichtung in der plötzlichen Erweiterung im Wärmediagramm.




## Das Walfangschiff „Vikingen“

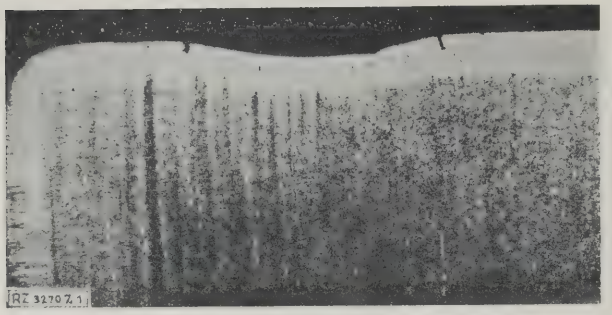
Der Zweischraubendampfer „Vikingen“, der kürzlich für eine norwegische Reederei erbaut wurde, dient als Zubereitungsstätte von Walfischen[1]) und zum Befördern von Ölfracht. Er hat 149,3 m Länge, 21,6 m Breite, 10,4 m Seitenhöhe und 14 000 t Tragfähigkeit. Die Maschinenanlage besteht aus zwei Dreifachexpansions-Dampfmaschinen von insgesamt 4300 PS und vier Einenderkesseln für 15 at. Die Hilfsmaschinen arbeiten ebenfalls mit Dampf. Das Schiff ist nach der Isherwood-Bauart erbaut, hat zwei durchlaufende Decks und ist mit zahlreichen schweren Ladepfosten zum Heben der Walfische ausgerüstet. Auf dem oberen Deck werden die Flossen der Tiere abgeschnitten, die Leiber von der äußeren Fettschicht befreit und zerlegt und die Knochen zersägt. Die Teile gelangen dann durch kleine Luken zum zweiten Deck und werden dort im Dampf gekocht. Am Heck des Schiffes befindet sich eine große Öffnung, durch die die Wale an Bord gehißt werden.

Gleichzeitig dient „Vikingen“ als Mutterschiff für eine Flotte kleiner Schnellschiffe, die eigentlichen Walfänger. Diese Dampfer haben kräftige Rudermaschinen, damit sie den Bewegungen ihrer Opfer schnell folgen können, und ein Harpunengeschütz auf der Back. Die toten Wale werden aufgeblasen und zum Mutterschiff geschleppt. Hier erhalten die kleinen Dampfer neuen Brennstoff und Frischwasser. („The Shipbuilder“ Oktober 1929 S. 748*)

[N 3692 g] *W. B.*

[1]) s. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 611.

# RUNDSCHAU



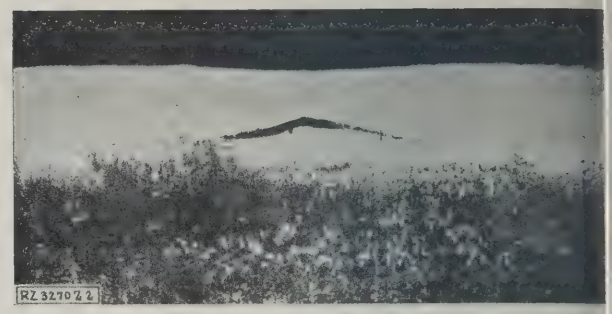




**Abb. 1 und 2**
Brinelleindruck 10/3000/30 bei einem Einsatzstahlstück.
S-Schnitt; Vergr. zehnfach.

Links Einsatzschichtdicke 0,5 mm
Unten „ „ 1,3 „

## *Werkstoffe*

### Bestimmung der Dicke der Härteschicht an Einsatzwerkstücken

Die Dicke der gehärteten Schicht von einem im Einsatz gehärteten Werkstück ohne Bruch oder Zerschneiden zu bestimmen schien allgemein als unmöglich. Der nahe liegende Weg ging über die Härteprüfung mittels Eindruck, aber aus dem Ergebnis solcher Prüfung wurde beim Einsatzstück meistens eine falsche Größe ermittelt, weil die ermittelte Härtezahl von drei untereinander nicht zu unterscheidenden Einflußpunkten abhängt, nämlich von der Härte und Dicke der gehärteten Schicht und von der Härte des Kernes.

Das von *Ed. G. Herbert* und *P. Whitaker*[1]) angegebene Verfahren besteht in zwei von einander unabhängigen Härteprüfungen, nämlich einer voraufgehenden Härtebestimmung der gehärteten Schicht und einem zweiten Versuch, der die Härte und Dicke der Härtungsschicht messen soll. Der Unterschied zwischen den beiden Meßgrößen steht, wie die Versuche zeigten, zu der Dicke der Schicht in bestimmtem Verhältnis. Die dritte Einflußgröße, die Härte des Kernes, mag in erster Annäherung für jeden zu untersuchenden Werkstoff als gleich groß bleibend angenommen werden.

Die beiden anzuwendenden Härteprüfungen sind die Herbertsche Zeithärteprüfung[2]) und der Brinellversuch. Die Herbertsche Zeithärteprüfung ist von der Dicke der Schicht unbeeinflußt, gemessen wurden nur die Eigenschaften der Schicht. Dies rührt daher, daß die nur 1 mm dicke Stahlkugel keinen bleibenden Eindruck in sehr harten Stählen hinterläßt. Die Schwingungszeit des Pendels ist vielmehr abhängig von der Art des von der Kugel hervorgerufenen elastisch verformten Eindruckes, in dem die Kugel rollt. Die Versuche haben ergeben, daß mit dem Pendel richtige Härteziffern selbst bei bis 0,13 mm dünnen gehärteten Blechen ermittelt wurden, und ebenso wurden in den ganz dünnen im Einsatz gehärteten Schichten einer weichen Stahlsorte richtige Härteziffern bestimmt. Es muß daher als Tatsache angenommen werden, daß bei allen in der Praxis vorkommenden einsatzgehärteten Stücken die Pendelprüfung unabhängig von der Dicke der Schicht bleibt. Die Pendelprüfung wurde mit 1 mm Stahlkugel im 4 kg-Pendel vorgenommen, dann die Zeithärtezahl $Z_s$ in Brinellzahl $B$ nach der Formel $10\ Z_s = B$ umgerechnet, die auf Grund von Versuchen als durchweg für Stähle zutreffend festgestellt ist. Die Prüfungen hätten ebensogut mit der 1 mm-Diamantkugel gemacht werden können, dann gilt für die Umrechnungszahl die Formel $13{,}5\ Z_d = B$.

Die zweite hier angewendete Prüfart, die Brinellhärtezahl, wird von der Dicke der Härteschicht und besonders bei dünnen Schichten von der Härte des Kernes beeinflußt.

Abb. 1 zeigt in einem Schnitt mitten durch den Brinell-Kugeleindruck die Wirkung des Kugeleindruckes auf die 0,5 mm dicke Härtungsschicht und auf den Kern. Die Härtungsschicht ist in den Kern eingedrückt. In Abb. 2 beträgt die Dicke der Schicht 1,3 mm; nur ganz leicht hat sich die Kugel in den Kern eingedrückt, dagegen erscheint ein Riß unter der Eindruckstelle, herrührend von der elastischen Rückfederung nach der Entlastung.

An Probestücken aus Ubasstahl, die in Einsatzhärtekasten gekohlt und in Wasser bei 900 ° und nach Wiedererwärmung noch einmal bei 760 ° abgeschreckt wurden, ermittelte man zuerst die Zeithärte mit dem Pendelgerät. Hierauf prüfte man die Proben sämtlich mit 10 mm-Stahlkugel und 3000 kg Preßdruck nach Brinell; auch ein weitere Prüfung mit 5 mm-Stahlkugel und 750 kg La wurde zur Erforschung der Zusammenhänge vorgenommer Die Proben wurden dann durch Schleifscheiben zerschnitte poliert und geätzt; dann wurde die Dicke der Schicht unte dem Mikroskop gemessen. Die Brinellziffer des Kerne ermittelte man zu 228.

In Zahlentafel 1 sind die versuchsmäßig festgestellte Unterschiede der Härtezahlen den in Millimeter gemessene Dicken der Härteschicht gegenübergestellt. Trägt man di Zahlen in einem Schaubild, Abb. 3 und 4, als Abszissen un die Unterschiede als Ordinaten auf, so läßt sich durch di entstehende Punktschar eine Gerade legen. Der Differenz wert der beiden so gewonnenen Brinellziffern gibt als einen festen und sicheren Anhalt für die Bestimmung de Dicke der Härteschicht.

Im vorliegenden Fall beginnt die Kurve für eine Ein satzdicke von 0 mm bei dem Ordinatenwert $700 - 228 = 472$ weil beim Eindruck auf eine unendlich kleine Einsatzdick die gleiche Brinellzahl 228 wie beim Kern erhalten wird Die Kurve schneidet sodann beim Wert 2,4 mm Dicke di Abszissenachse, was dartut, daß bei dem hier erreichte Differenzwert 0 die Einsatzdicke so groß ist, daß de Brinelleindruck ganz unbeeinflußt wie in ein durch un durch gehärtetes Stück erfolgt. Bei Verwendung der gerin geren Last 750 kg und 5 mm-Kugel genügt schon eine ge ringere Einsatzdicke von 1,15 mm, Abb. 4, um einen vo der Dicke unbeeinflußten Brinelleindruck zu erhalten.

In Zahlentafel 2 finden sich die nach den Differenzwert Kurven aus Abb. 3 und 4 festgestellten Mittelwerte der Ein satzdicke mit den dazugehörigen Differenzwerten zum prak tischen Gebrauch des Meßverfahrens bei Stahlsorten, die nac dem Abschrecken im Kern etwa 228 Brinellhärte aufweisen

Die Zweitprüfung mit der 5 mm-Brinellkugel ist nu zur Messung von Härteschichten bis zu 1,15 mm Dicke an wendbar und wird wegen des kleinen Eindruckes auf de Oberfläche oft bevorzugt. Sie genügt auch für die größere Zahl der vorkommenden Fälle. Die Prüfung mit 3000 kg Last und 10 mm-Kugel genügt bis zu Dicken der Härteschicht von 2,4 mm, während bei noch dickeren Schichten ein höherer Preßdruck angewendet werden muß.

**Zahlentafel 1**
Versuchsmäßig festgestellte Werte für die Härteziffern und die Dicke der Einsatzschicht.

| Probe Nr. | Pendelzeithärte $Z_s$ in Brinell umgerechnet $10\ Z_s = B$ | Brinellprüfung 10/3000/30 | | | Brinellprüfung 5/750/30 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Brinellzahl $H_n$ | Unterschied $10\ Z_s - H_n$ | Dicke der Einsatzschicht mm | Brinellzahl $H_n$ | Unterschied $10\ Z_s - H_n$ | Dicke der Einsatzschicht mm |
| 9 | 706 | 277 | 429 | 0,127 | 337 | 369 | 0,127 |
| 4 | 707 | 321 | 386 | 0,50 | 513 | 194 | 0,500 |
| 5 | 708 | 364 | 344 | 0,55 | 474 | 234 | 0,525 |
| 3 | 717 | 351 | 366 | 0,70 | 591 | 126 | 0,70 |
| 1 | 736 | 515 | 221 | 1,00 | 699 | 37 | 1,00 |
| 7 | 723 | 515 | 208 | 1,20 | 720 | 3 | 1,25 |
| 6 | 697 | 495 | 202 | 1,30 | | | |
| 14 | 684 | 633 | 51 | 2,20 | | | |
| 8 | 663 | 666 | 0 | 2,40 | 667 | 0 | 2,40 |
| 10 | 671 | 666 | 5 | 2,90 | | | |
| 13 | 626 | 627 | 0 | 3,00 | | | |

[1]) „Engineering" Bd. 127 (1929) Nr. 3330 S. 593.
[2]) Werkstoff-Handbuch Stahl und Eisen C 1 + — 1; Düsseldorf 1928.

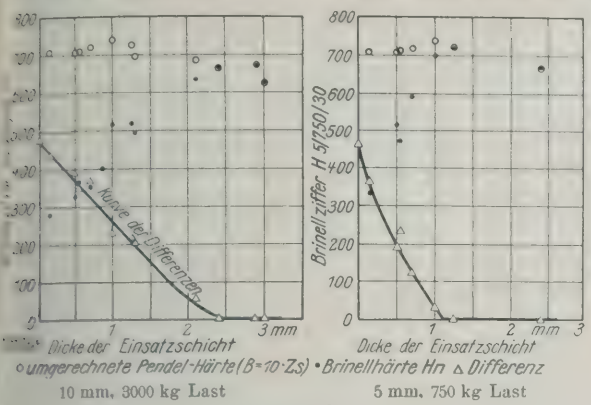



**Abb. 3 und 4**
Unterschiede und Einsatzschichtdicke bei Zweitprüfung mit Brinellkugel.

*Ed. G. Herbert* entwickelt in seiner Arbeit ein allgemeines Verfahren, wie bei einem bestimmten Werkstoff, für einen für einen Härtungszustand die Dicke der Schicht gemessen werden muß, die Bestimmung einer Ordinate, Abb. 3, d. h. durch einen Pendelhärte- und einen Brinellversuch die Lage der Linie für alle andern Dicken gefunden werden kann.

Es mag die Frage aufgeworfen werden, ob das Differenzverfahren nicht auch mit andern Einrichtungen als Herbert-Pendel und Brinellpresse durchgeführt werden kann. Demgegenüber muß betont werden, daß die Herbertsche Pendelhärteprüfung bis heute die einzige ist, die die Schichthärte unbeeinflußt von der Kernhärte zu bestimmen vermag. Für die zweite Prüfung könnten natürlich auch andre nach dem Eindruckverfahren arbeitende Einrichtungen, wie z. B. die nach *Vickers* oder *Rockwell* angewendet werden; es ist nur notwendig, daß die Zweitprüfung Brinellzahlen oder eine solche Skala der Meßzahlen liefert, die mit Sicherheit in die Brinellzahlen verwandelt werden kann. Für eine Anzahl von Stählen bestehen ja bereits die Umrechnungszahlen[2]). *Herbert* weist am Schlusse seines Aufsatzes auf einen Punkt der Unsicherheit in dem beschriebenen Meßverfahren hin, nämlich auf die Unmöglichkeit, die ganze Oberflächengröße in wenigen Stichversuchen zu erfassen, um die Stellen mit örtlich ungleich starker Härtungsschicht zu erkennen, die infolge nicht gleichmäßiger Hitze an allen Stellen oder ungleicher Bedeckung mit Einsatz-(Kohlungs-)Stoffen auftreten. Diese Ungewißheit kann indes bei Behandlung der Oberfläche nach dem Herbertschen Kugelregel-Verfahren (Cloud-burst) behoben werden[3]). [M 3270]

Aachen. Prof. *A. Wallichs*

[2]) *Wallichs* und *Schallbroch*, „Maschinenbau" Bd. 8 (1929) S. 69.
[3]) Z. Bd. 73 (1929) Heft 5 S. 174; *P. W. Döhmer*, „Die Werkzeugmaschine" Bd. 33 (1929) S. 163/166.

**Zahlentafel 2**
Gebrauchswerte für das Verfahren zur Bestimmung der Einsatzdicke (für Stähle mit etwa 228 Brinellhärte im abgeschreckten Kern).

| Unterschied $10\,Z_z - H_n$ oder $13{,}5\,Z_D - H_n$ bei Anwendung der | | Dicke der Einsatzschicht |
|---|---|---|
| Brinellprüfung 10/3000/30 | Brinellprüfung 5/750/30 | mm |
| 450 | 390 | 0,1 |
| 430 | 330 | 0,2 |
| 407 | 288 | 0,3 |
| 386 | 245 | 0,4 |
| 364 | 200 | 0,5 |
| 341 | 170 | 0,6 |
| 321 | 135 | 0,7 |
| 300 | 100 | 0,8 |
| 276 | 65 | 0,9 |
| 256 | 33 | 1,0 |
| 237 | 10 | 1,1 |
| 218 | 0 | 1,2 |
| 195 | 0 | 1,3 |
| 174 | | 1,4 |
| 151 | | 1,5 |
| 133 | | 1,6 |
| 115 | | 1,7 |
| 96 | | 1,8 |
| 78 | | 1,9 |
| 59 | | 2,0 |
| 42 | | 2,1 |
| 26 | | 2,2 |
| 12 | | 2,3 |
| 0 | | 2,4 |
| 0 | | 2,5 |

## *Betriebstechnik*

# Neue Hilfsmittel bei Zeitaufnahmen und Betriebsüberwachung[1])

Die immer stärkere Einführung betriebswirtschaftlicher Untersuchungen jeder Art in fast allen Industrien machte es notwendig, den oft sehr erheblichen Aufwand für derartige Untersuchungen möglichst zu beschränken. Unter diesem Gesichtspunkt ist in den letzten Jahren eine ganze Reihe von Geräten entwickelt worden, die sowohl die Aufnahme- wie Auswertungsarbeit wesentlich verringern.

Grundsätzlich ist zu unterscheiden zwischen Hilfsmittel für Zeitstudien und solchen für Betriebsüberwachung und ferner zwischen den Zielen der Untersuchungen:

1. wirtschaftliche Arbeitsweise (Rationalisierung),
2. Arbeitzeitermittlung (Akkordfestsetzung und -verrechnung).

### Hilfsmittel für Zeitstudien

Hilfsmittel zur Zeitaufnahme sind u. a. 1. Stoppuhren, 2. Geräte zur Untersuchung von Originalbewegungen, 3. Bandschreiber, 4. schaubildliche Geräte.

Die Stoppuhr ist in den letzten Jahren durch die Konstruktion der Zweizeiger-Uhren (mit einem Schleppzeiger) erheblich verbessert und ihre Verwendungsmöglichkeit dadurch erweitert worden. Die Genauigkeit der Handhabung und Ablesung wird im allgemeinen überschätzt. Die Auswertungsarbeit ist sehr groß. Trotzdem ist sie für bestimmte Untersuchungen nicht zu entbehren.

Hilfsmittel zur Untersuchung von Originalbewegungen sind solche Geräte, die im allgemeinen Bewegungen oder Wege, in einen beliebigen Maßstab vergrößert oder verkleinert, als Funktionen der Zeit aufzeichnen (Zeit-Weg-Schaulinie). Hieraus folgt, daß für ihre Anwendung bestimmte Voraussetzungen vorhanden sein müssen. Das gebräuchlichste Gerät ist der Peiseler-Diagnostiker.

Die Band- oder Zeitschreiber, bei denen die beobachteten Zeiten durch eine (Einfachschreiber) oder mehrere Schreibfedern (Mehrfachschreiber) auf einem ablaufenden Papierband mechanisch oder elektrisch aufgezeichnet werden, haben nur eine geringe Mannigfaltigkeit der Darstellung, gestatten aber eine feine Unterteilung. Der Bandschreiber liefert kein eigentliches Schaubild, sondern ist vielmehr eine mit großer Genauigkeit anzeigende Stoppuhr ohne deren Fehlerquellen. Sein Vorteil liegt in der Anwendung für die Zeitaufnahme von mehreren gleichzeitigen oder gestaffelten Vorgängen.

Demgegenüber sind die schaubildlichen Geräte (Doppelreuter) für die Einzeluntersuchung geeignet, und ihr Vorteil ist die Vielheit der Darstellungsmöglichkeiten zugleich mit dem geringsten Aufwand für die Auswertung. Die Anschaulichkeit der Zeitdarstellung eines derartigen Gerätes (Zeitnehmermodell) geht am besten aus Abb. 5 hervor, das die Unterschiede des aus sechs Griffen bestehenden Arbeitsvorganges bei demselben Kernmacher vor und nach der richtigen Arbeitzeitermittlung (gestreckte und gedrängte Arbeit) zeigt.

### Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung

Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung sind folgende Geräte, die sich zum Teil nur durch den geringeren Papiervorschub von den Zeitstudiengeräten unterscheiden: 1. In-

[1]) Auszug aus der Zeitschrift „Maschinenbau" Bd. 7 (1928) S. 854, 1052, 1157 und Bd. 8 (1929) Nr. 3 S. 81. Die Arbeit ist auch als Sonderdruck im VDI-Verlag erschienen.

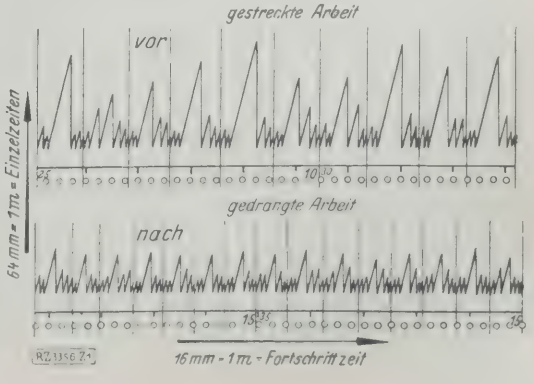



**Abb. 1**
Unterschiede des Arbeitsganges vor und nach der richtigen Zeitermittlung.

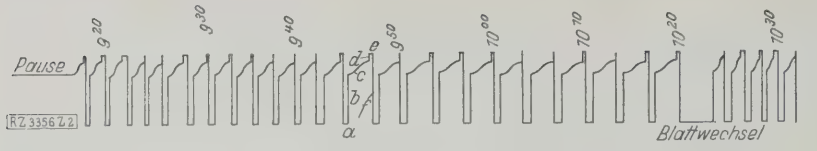



**Abb. 6.** Zeit-Weg-Schaulinie, aufgenommen mit Peiseler-Diagnostikers. Kaltbügelsäge eines Ro werkes.

*a* Umspannen oder Wechsel des Werkstückes
*b* Heranführen des Sägebügels an das Werkstü
*c* Sägen
*d* Weg des Bügels vom Schnittende bis Anschl
*e* Wartezeit auf Bedienung
*f* Zurückführen des Bügels in Ausgangstellung

strumente zum Überprüfen von Originalbewegungen, 2. Bandschreiber, 3. Kreisschreiber, 4. schaubildliche Instrumente.

Ein Beispiel für die Überprüfung von Originalbewegungen gibt Abb. 6, die eine Zeit-Weg-Schaulinie des Sägebügels einer Kaltbügelsäge in einem Rohrwerk[2]) zeigt. Durch die Aufzeichnung der Bewegungen sind alle wesentlichen Zeiten voneinander getrennt. Deutlich sichtbar ist die Verlängerung der Maschinenzeiten durch Stumpfwerden des Sägeblattes.

Den Bandschreiber, der für Betriebsüberwachung meist elektrisch betätigt wird, verwendet man zweckmäßig dazu, den zeitlichen Ablauf irgendwelcher Betriebsvorgänge, insbesondere gleichzeitiger, aufzuschreiben. Weniger geeignet ist er zur Leistungsprüfung (Zählung), da für diesen Zweck heute bereits andre Geräte entwickelt worden sind, bei denen für jeden beliebigen Zeitabschnitt die Summe der Einzelaufzeichnungen ohne Zählung festgestellt werden kann.

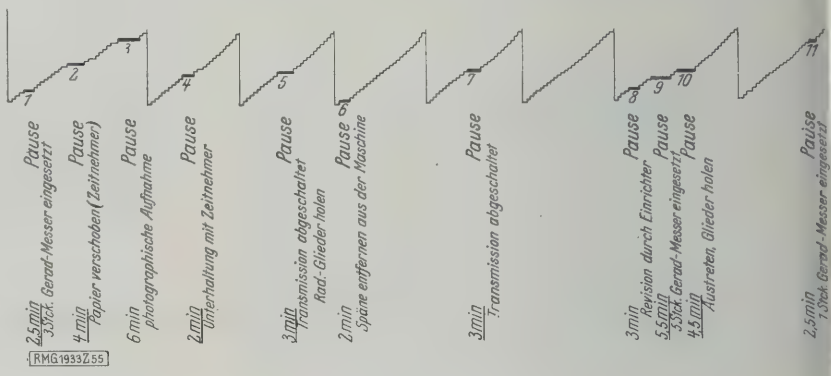



**Abb. 7.** Betriebsüberwachung an einem Halbautomaten (Poppelreuter-Zählschreiber). 1 mm = 2 min.

Unter Kreisschreiber versteht man Geräte, die ein Registrierpapier in Form einer Kreisscheibe haben, das von einem Uhrwerk um seinen Mittelpunkt gedreht wird. Der Vorteil dieser Hilfsmittel ist ihr einfacher Aufbau bei kleinen Abmessungen. Zwei Arten der Aufzeichnung sind zu unterscheiden:

1. die Zeit wird auf den Umkreis geschrieben, die Mengen oder Weglängen (Hübe, Umdrehungen usw.) in Richtung des Halbmessers;
2. die Zeit wird nur auf konzentrischen Kreisen aufgezeichnet.

Die Aufzeichnung bei der ersten Gruppe der Kreisschreiber hat einen grundsätzlichen Fehler: die Verzerrung der aufgezeichneten Kurven. Der Hauptzweck einer Zeit-Mengen-Kurve ist neben dem Zählen der Hübe in den einzelnen Zeitabschnitten die Darstellung der jeweiligen Arbeitsgeschwindigkeit durch Neigung der Kurve. Nun gibt aber das Kreis-Schaubild bei gleichbleibender Arbeitsgeschwindigkeit je nach der Entfernung vom Mittelpunkt eine andre Neigung, und zwar wird die Kurve nach außen hin flacher. Hiermit verliert die Kurve jeden qualitativen Wert, und es bleibt neben der Feststellung der Pausen nur die Ermittlung der Mengen in größeren Zeitabschnitten (mittlere Arbeitsgeschwindigkeit) übrig, die allerdings für viele Untersuchungen genügt.

Zur zweiten Gruppe gehören die Rütteluhren, die in letzter Zeit wegen ihres einfachen Aufbaus und geringen Preises, hauptsächlich für die grobe Betriebsüberwachung größere Verwendung finden. Der Antrieb erfolgt durch Erschütterung oder durch Bewegungen, die den Schwerpunkt des Pendels verlagern und so einen Ausschlag des Schreibstiftes bewirken.

Die Eigenart der Aufzeichnung mit den von *Poppelreuter* entwickelten schaubildlichen Hilfsmitteln läßt in einfacher Weise die Gesetzmäßigkeiten des Arbeitsverlaufes und der Störungen, nach ihrer Größe und Lage während der Schichtzeit, erkennen und liefert zu gleicher Zeit die Auswertung der Untersuchung. Diese Erkennbarkeit und fast selbsttätige Auswertung, zugleich mit einer allgemeinen Anpassungsmöglichkeit, sind die Vorteile der schaubildlichen Hilfsmittel.

Für die verschiedensten Fragestellungen sind eine Reihe von Geräten entwickelt worden. Abb. 7 zeigt die Aufzeichnung mit einem Zählschreiber an einem Halbautomaten. Infolge der selbsttätigen Rückführung des Schreibers z. B. nach 25 Stück wird die Zählung oder die Auswertung außerordentlich erleichtert. Die Arbeitsgeschwindigkeit in den einzelnen Zeitabschnitten geht unmittelbar aus der Neigung der unverzerrten Kurve hervor.

### Zusammenfassung

Zusammenfassend läßt sich über die Vor- und Nachteile der einzelnen Hilfsmittel und über ihre Auswahl und Anwendung für die verschiedensten betriebswirtschaftlichen Fragestellungen sagen, daß für Zeitstudien-Hilfsmittel man unter dem Gesichtspunkt der vielseitigen Anwendungsmöglichkeit auszuwählen hat, während bei Betriebsüberwachungsgeräten, die längere Zeit oder dauernd eingebaut werden, Sonderausführungen berechtigt oder notwendig sind. Besonders für Hilfsmittel zur Betriebsüberwachung ist zu verlangen, daß eine möglichst geringe Auswertungsarbeit erforderlich ist, nicht zu lange unübersichtliche Streifen entstehen und, mit Ausnahme der nur für statistische Zwecke gebauten, eine bequeme Überprüfung am Ende der Schicht spätestens am nächsten Tage möglich ist. [M 3356]

Gelsenkirchen *K. H. Fraenkel*
Mülheim *W. Eckenberg*

[2]) Aufgenommen von Dipl.-Ing. *Kraft*, Mülheim.

## Meßgeräte

### Elektromagnetische Überwachung von Förderseilen

*T. F. Wall* gibt ein Verfahren zur laufenden Überwachung von Förderseilen an[1]). Das Gerät besteht aus einem U-förmigen geblätterten Magnetjoch mit durchbohrten Schenkeln, Abb. 8. Durch die Bohrungen läuft das zu untersuchende Seil. Das Magnetgestell wird mit Wechselstrom von nicht mehr als 20 Hertz erregt. Die Schenkel haben je eine Einfräsung, wodurch zwei geblätterte Eisenstege entstehen, die je eine „Suchspule" von gleichen Abmessungen in Gegenschaltung tragen. Durch diese Anordnung wird ein Teil des magnetischen Flusses — ein Flußstreifen — herausgegriffen, auf dessen Weg der magnetische Widerstand verschieden groß ist, und zwar am größten in dem Teil, der durch das Seil gebildet wird. Wird das Seil durch das Gerät hindurch gezogen, so werden die in den beiden Suchspulen induzierten elektromotorischen Kräfte sich aufheben, solange das Seil unbeschädigt ist. Kommt eine Bruchstelle im Inneren des Seiles in den Bereich der Suchspulen, so ändert sich der Fluß und damit zunächst in der einen und dann in der anderen Spule die

[1]) Journ. Inst. El. Eng., London, Bd. 67 (1929) S. 899.

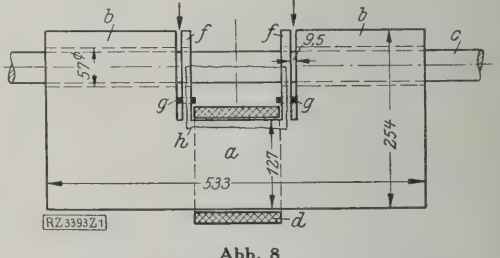



**Abb. 8**
Gerät zur elektromagnetischen Überwachung von Förderseilen.

*a* Geblättertes Magnetjoch
*b* Durchbohrte geblätterte Magnetschenkel
*c* zu prüfendes Seil (bis 45 mm Dmr.)
*d* Erregerspule
*e* Einfräsungen
*f* Geblätterte Stege
*g* Suchspulen, gleichgroß und gegeneinander geschaltet
*h* Streifen des magnetischen Flusses

induzierte elektromotorische Kraft. Ein mit den Spulen zusammengeschaltetes Meßgerät wird also zwei Ausschläge zeigen. Geht die Fehlerstelle durch die Mitte zwischen den Spulen, so wird der Einfluß auf beide Spulen gleich, die EMK also gleich null sein. Ein schreibendes Meßgerät würde demnach bei jedem Fehler zwei Höcker in der Kurve ergeben. Versuche mit einem solchen Gerät an einem Seil mit künstlich eingearbeiteten Fehlern haben schon eine Anzeige der Fehler gegeben, die nur rd. 3 vH des Seilquerschnittes ausmachten. In der Praxis brauchen Fehler unter 10 vH des Querschnittes noch nicht angezeigt zu werden, da unterhalb dieser Grenze eine ernstliche Beeinträchtigung der mechanischen Festigkeit nicht eintritt. Das Gerät kann zur Nachprüfung des Förderseils im Betriebe verwandt werden.

Die Durchbildung des Gerätes hat umfangreiche Vorversuche notwendig gemacht. Wechselstrom wird für die Erregung benutzt, weil bei Gleichstrom beim Durchgang der Fehlerstelle durch das Gerät ein Ausschlag nur einmal kurzzeitig und auch nur bei bewegtem Seil eintritt. Bei Wechselstrom ergibt selbst bei ruhendem Seil eine Fehlerstelle eine Daueranzeige des Meßgerätes. 20 Hertz müssen gewählt werden, weil bei höheren Frequenzen in den mit vollkommen verschlossener Außenlage ausgeführten Förderseilen die Hautwirkung, hervorgerufen durch Wirbelströme, das Eindringen des Flusses in das Seilinnere beeinflußt. Eine gleichmäßige Flußverteilung über den ganzen Seilquerschnitt wird bei 20 Hertz bei einer Induktion von 16 000 Linien/cm² an erreicht. Bei dieser hohen Sättigung würde bei höheren Frequenzen auch eine beträchtliche Erhitzung des Seiles eintreten, die seine Härte ungünstig beeinflussen könnte.

Auch die mechanische Spannung des Seiles beeinflußt eine Permeabilität, jedoch liegt für hohe Erregungen die Abweichung gegenüber dem ungespannten Zustand in erträglichen Grenzen. Der Einfluß exzentrischer Führung des Seiles durch die Bohrungen der Magnetschenkel läßt sich rechnerisch ermitteln. Eine genaue Seilführung vermindert diesen Einfluß stark.

Da die erzielbaren Ausschläge des Anzeigegerätes des hohen Spulenwiderstandes und der kleinen induzierten elektromotorischen Kräfte wegen nur gering sind, muß man eine Verstärkerschaltung anwenden.

[M 3393] —*ald.*

## *Werkzeugmaschinen*

### Riesen-Karusselldrehbank[1])

Eine der größten Werkzeugmaschinen, die je gebaut worden sind, hat die Firma Schieß-Defries A.-G., Düsseldorf, hergestellt; die Maschine, Abb. 9, wird zur Zeit bei J. M. Voith in Heidenheim aufgestellt. Es handelt sich um eine Karusselldrehbank für Drehdurchmesser bis 18 m. Die Planscheibe hat einen Durchmesser von 12 m und ist in zwei Teilen ausgeführt: der äußeren Ringscheibe und der inneren Kernplanscheibe von 6,5 m Dmr., die unabhängig voneinander angetrieben sind. Jede Scheibe kann bei Stillstand der anderen umlaufen, so daß eine große Zahl von Bearbeitungsmöglichkeiten gegeben ist. Z. B. kann ein auf der äußeren Scheibe aufgespanntes Werkstück mit dieser umlaufen und von den beiden am Querträger angebrachten Werkzeugschlitten außen bearbeitet werden, während man auf der stillstehenden Kernscheibe einen Hilfschlitten für die Innenbearbeitung aufspannt.

Für die Bearbeitung kleinerer Werkstücke benutzt man nur die innere Scheibe von 6,5 m Dmr. Beide Scheiben können auch miteinander gekuppelt umlaufen. Auf der Kernplanscheibe können Stücke bis 100 t, auf der Ringplanscheibe bis 200 t Gewicht aufgespannt werden. Die Ständer sind verschiebbar. Bei ganz zurückgefahrenen Ständern kann man Stücke bis 18 m Dmr. bearbeiten. Ferner kann man die Ständer ganz abnehmen; mit einem Hilfschlitten kann man dann noch Ringe von 22,5 m Dmr. außen abdrehen.

Zum Antrieb dient ein im Verhältnis 1 : 3 regelbarer Gleichstrommotor von rd. 250 PS, der über einen Umformersatz aus dem Drehstromnetz mit Strom versorgt wird. Dieser Motor treibt die beiden Planscheiben an und betätigt die Verschiebung der Ständer sowie die Höhenverstellung des Querbalkens. Für die Schlittenbewegungen und für die Schmierung sind Hilfsmotoren vorgesehen. Um die Einstellung der Schlittenvorschübe dem Betriebsleiter auch auf größere Entfernung deutlich zu zeigen, sind Lichtzeiger angeordnet. Die Maschine wird mittels Druckknöpfe gesteuert.

[M 3653] *Hä.*

[1]) Vergl. a. „VDI-Nachrichten" Nr. 42 vom 16. Oktober 1929. Eine eingehende Beschreibung der Konstruktion der Maschine wird noch in der VDI-Zeitschrift erscheinen; die Zeitschrift „Maschinenbau" wird über die betrieblichen Arbeiten zu ihrer Herstellung berichten.

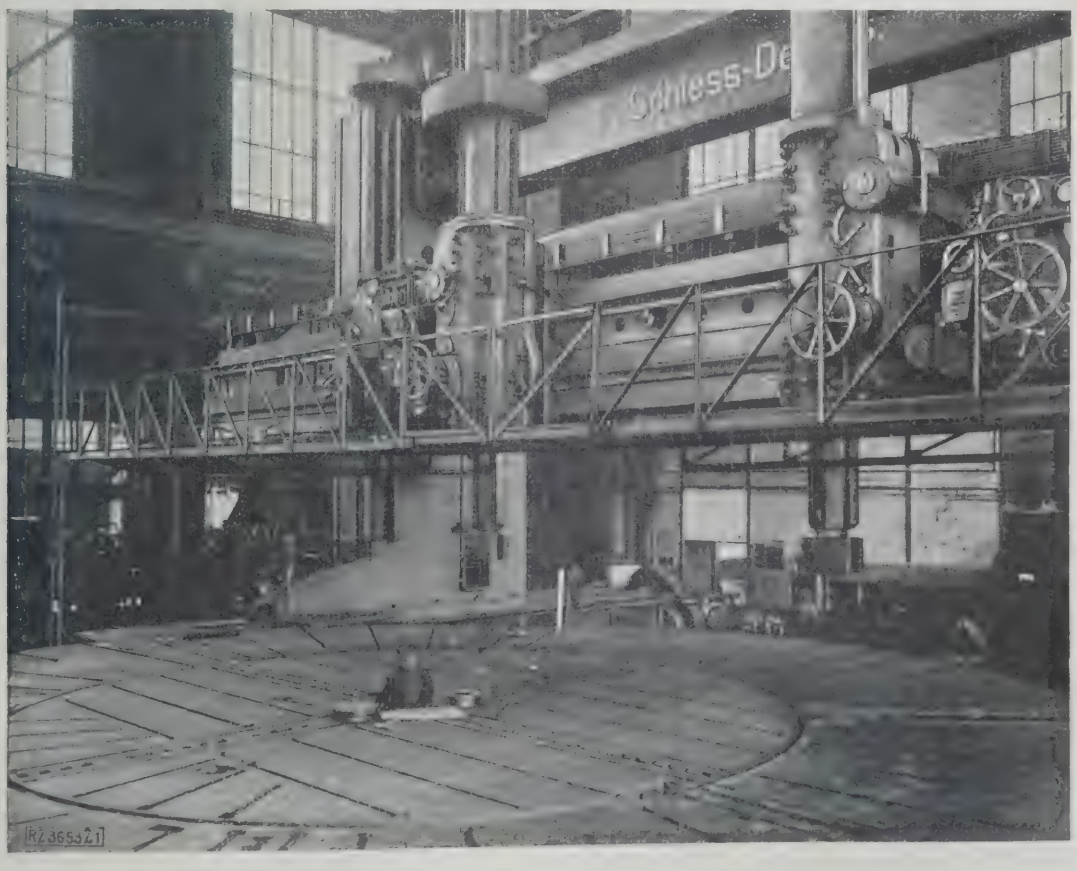
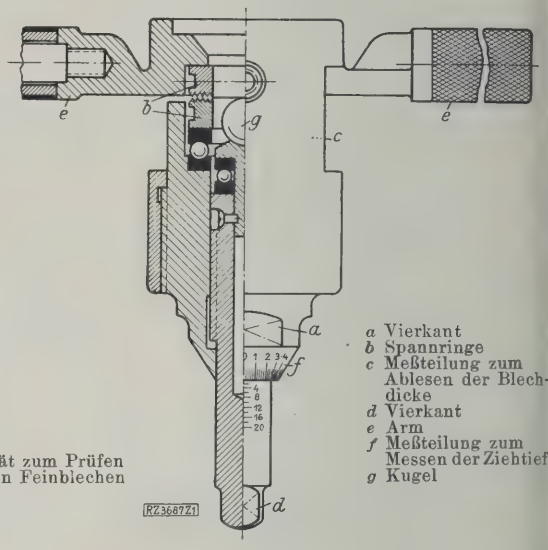



**Abb. 9**
Karusselldrehbank mit 18 m Drehdurchmesser.
ewicht der vollständigen Maschine 700 t
ewicht des Querträgers 55,5 t
änge des Querträgers 14 m
rößte Arbeitshöhe über Planscheibe 5 m
rößter senkrechter Meißelweg 2,5 m

# Kleine Mitteilungen

### Prüfen von Feinblechen

Die Firma W. und T. Avery Ltd., Birmingham, baut ein Gerät zum Prüfen der Tiefziehbarkeit von Feinblechen bis zu 1,7 mm Dicke sowie zum Nachprüfen ausgeglühter Bleche, vergl. nebenstehende Abbildung. Die Prüfung besteht darin, daß man in einen Blechstreifen von 50 × 100 mm² Vertiefungen drückt, und zwar bei fester und bei nachgiebiger Einspannung des Bleches. Das zu prüfende Blech wird zwischen die beiden Ringe *b* eingespannt; je nachdem ob man das Blech bei fester oder bei nachgiebiger Einspannung prüfen will, liegen diese Ringe mit der aufgerauhten oder der glatten Seite am Blech an. Die Dicke des Bleches kann man an der Feinteilung *c* auf 0,01 mm genau ablesen. Nachdem man das Gerät am Vierkant *d* eingespannt hat, drückt man durch Drehen der Arme *e* die Kugel *g* solange in das Blech ein, bis sich Risse zeigen. Die Eindrücktiefe kann man bei *f* ablesen. („Engineering" 18. Oktober 1929 S. 497*) [N 3692 a] *Schr.*




Gerät zum Prüfen von Feinblechen

*a* Vierkant
*b* Spannringe
*c* Meßteilung zum Ablesen der Blechdicke
*d* Vierkant
*e* Arm
*f* Meßteilung zum Messen der Ziehtiefe
*g* Kugel

### Naßentstaubung von Rauchgasen

Bei der Erweiterung des Elektrizitätswerkes Issy-les-Moulineaux[1]) war es besonders wichtig, mit Rücksicht auf die Nähe von Paris und die vorherrschende Windrichtung die Rauchgase der neuen Kessel mit Kohlenstaubfeuerung wirksam zu entstauben. Man entschied sich für einen Naßentstauber der Ateliers Hanrez, der sich bereits in Belgien bewährt hatte. Er besteht aus sechs bis acht senkrechten, schachbrettartig angeordneten Rohrreihen von 3,6 m Länge, deren Oberfläche von einer rieselnden Wasserhaut bedeckt ist. Das Wasser wird aus einem Behälter mit gleichbleibendem Wasserstand jedem Rohr mittels einer Düse zugeführt. Die Rauchgase treten senkrecht zu den Rohren in den Staubabscheider ein und geben ihren Staubgehalt allmählich durch Stoßwirkung an die Wasserhaut ab. Der Wasserverbrauch beträgt für einen Kessel mit 120 t/h Dampfleistung 90 m³/h. Das nicht verdampfte Wasser kann, nachdem es gereinigt ist, entweder im geschlossenen Kreislauf wieder verwendet oder in die Seine abgeführt werden. („Le Génie Civil" 5. Oktober 1929 S. 313*) [N 3692 c] *Le.*

[1]) s. S. 1572 dieses Heftes.

### Belastungsbild in Polarkoordinaten

Die Hydro-Electric Power Commission of Ontario trägt die Belastungen ihrer Werke in Polardiagrammen auf, in denen jeder Monat des Jahres 30 ° einnimmt. Man erreicht dadurch, daß die Belastungen der gleichen Monate mehrerer Jahre übereinander stehen, also gut vergleichbar sind. Ein Nachteil ist allerdings, daß sich dann die Kurven überschneiden, statt eine übersichtliche Spirale zu ergeben, wenn die Belastungen nicht einigermaßen stetig zunehmen. („Electrical World" 5. Oktober 1929 S. 688*) [N 3692 d] *Pa.*

### Blitz- und Wanderwellenuntersuchungen

Im Staate Michigan führt die Consumers Power Co. zusammen mit der Purdue-Universität Blitz- und Wanderwellenuntersuchungen an ihren Freileitungen aus. An dem einen Ende der 72 km langen 110 kV-Leitung Croton – Grand Rapids ist ein Stoßstromerzeuger für 1 Mill. V aufgestellt, der aus 80 Kondensatoren für je 25 kV in zwei Gruppen besteht und in jeder Minute einen Stromstoß liefert. Von der 110 kV-Leitung und von einer 140 kV-Leitung gehen Meßleitungen zu einem Kathodenstrahl-Oszillographen, der sowohl die Stromstöße des Stromerzeugers als auch natürliche Blitzschläge aufzeichnet, so daß man sie unmittelbar vergleichen kann. In dem Mittelleiter einer Drehstromleitung hat man so Wanderwellen von 400 kV erzeugt und festgestellt, daß diese Spannung nach 11 km auf rd. 200 kV, nach 56 km auf rd. 50 kV abgesunken war. In den beiden andern Leitern wurden Spannungen bis zu 140 kV induziert. („Electrical World" 5. Oktober 1929 S. 683*) [N 3692 e] *Pa.*

### Abdampfverwertung auf Schiffen

Ein neues Verfahren, den Abdampf von Schiffskraftmaschinen auszunutzen, besteht darin, daß man mit Hilfe des Abdampfes elektrischen Strom in einer Turbodynamo erzeugt. Der Strom treibt dann einen Motor, der zwischen Hauptmaschine und Schwanzwelle eingeschaltet und so als zusätzliche Antriebmaschine verwendet wird.

Die Metropolitan Vickers Electrical Co. hat das Verfahren zunächst auf dem Dampfer „City of Hong Kong" der Ellerman-Linie angewandt; es hat sich bei mehreren Probefahrten und zahlreichen Manövern, die man dabei ausgeführt hat, gut bewährt. Selbst bei verminderter Hauptmaschinenleistung ergab sich immer noch eine beträchtliche Zusatzleistung der Turbodynamo. Eine noch größere Anlage baut man jetzt auf dem Fahrgastdampfer „Moolta" von 20 000 B.-R.-T. ein, der eine Vierfachexpansion-Maschine von 15 000 PS hat. Dieses Schiff wird im nächsten Monat seine erste Probefahrt unternehmen. („The Engineer" 18. Oktober 1929 S. 401) [N 3692 f] *W. B.*

### Lokomotivausnutzung

Um die Möglichkeit stärkerer Ausnutzung der Dampflokomotive zu prüfen, hat die St. Louis-San Francisco-Bahn eine 1 D 1-Güterzuglokomotive 24½ Tage unterunterbrochen Dienst tun lassen. Sie durchlief in dieser Zeit bei sechzigmaligem Wechsel der Mannschaft 11 826 km, d. s. im Mittel 483 km an einem Tag mit einer mittleren Zuglast von 1980 t. Verfeuert wurden 675 t Kohle, insgesamt also 1150 kg/h. Beim Auswaschen nach dieser Zeit ergab sich infolge der sorgfältigen Wasserreinigung nur wenig Schlamm und kein Kesselstein. („Railway Age" Bd. 8 1929 S. 622) [N 3692 h] *M.*

### Flugzeuge in den Vereinigten Staaten von Amerika

Nach einer Statistik der Aeronautical Chamber of Commerce wurden in den Vereinigten Staaten in der Zeit vom 1. Januar bis 30. Juni 1929 2854 Flugzeuge im Werte von rd. 99,5 Mill. ℳ (71,5 Mill. ℳ Wert der Handelsflugzeuge und 3275 Flugmotoren im Werte von 45,9 Mill. ℳ hergestellt. Unter den Flugzeugen sind 144 offene Eindecker, 1623 offene Doppeldecker, 884 Kabineneindecker, 17 Kabinendoppeldecker, 115 Mehrmotoren-Eindecker, 18 Schwimmerflugzeuge und Flugboote, 53 Amphibien-Flugzeuge. Von den Motoren leisten 43 bis 50 PS, 509 50 bis 100 PS, 100 100 bis 200 PS, 480 200 bis 300 PS, 1242 über 300 PS.

Am 15. Juli 1929 waren in den Vereinigten Staaten von Amerika 4232 Flugzeuge behördlich zugelassen, so daß auf je 25 000 Einwohner ein Flugzeug entfällt. („Aviation" 5. Oktober 1929 S. 694) [N 3692 i] *Gw.*

### Hochfrequenz-Telephonie längs Leitungen

Die South Eastern Power and Light Co. verwendet in ausgedehntem Maße die Hochfrequenz-Telephonie längs Leitungen für die Verbindung ihrer Kraftwerke. Die Fernsprech-Streckenlänge beträgt zur Zeit 540 km; Erweiterung auf 765 km ist in Aussicht genommen. Insgesamt sind sieben Geräte für je 250 W und fünf für je 20 W eingebaut. Die 250 W-Sätze sind für die kurzen Entfernungen von z. T. nur 80 km sehr stark; man hat deshalb eine Vorrichtung eingebaut, mit der man die Lautstärke nach Wunsch verändern kann. Als Übertragungsfrequenzen benutzt man 35 000 und 53 000 Hertz. („Electric Light and Power" Jun 1929 S. 92) [N 3692 k] *Pa.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Lehrbuch der technischen Physik. Herausgeg. von *Georg Gehlhoff*. 3. Bd.: **Physik der Stoffe.** Leipzig 1929, Johann Ambrosius Barth. 555 S. m. 376 Abb. Preis 60 *RM*.

Ebenso wie die Abgrenzung des Gesamtgebietes der technischen Physik nicht starr ist, so wird auch die Abgrenzung einer technischen Physik der Stoffe bei den einzelnen Stoffklassen und für einzelne Bedürfnisse nicht leicht allgemeingültig oder gleichartig durchzuführen sein. Man wird sagen können, daß im vorliegenden Band eine zweckmäßige Abgrenzung stattgefunden hat, die den Zielen eines Lehrbuches für fortgeschrittene Studierende und Ingenieure entspricht. Etwa die ersten drei Kapitel (*Swinne, Schiebold*) vermitteln die allgemeinen physikalischen Grundlagen, die als solche in dem Buch sehr zu begrüßen sind. Sie geben in knapper Form eine sehr gehaltvolle Übersicht über den Feinbau der Stoffe und ihren allgemeinen Zusammenhang mit den Eigenschaften. Die folgenden Kapitel behandeln dann die einzelnen Stoffklassen, unter denen sich wieder die Hauptgruppen der Metalle (*Masing, Wever, Lax, Pirani*) sowie etwa noch die über Glas (*Gehlhoff, Thomas*) und Erden (*Endell, Steger*) als zusammengehörig herausheben. (Faserstoffe, *Mack;* Isolierstoffe, *Schering*).

Die drei Kapitel über Metalle sollen etwa den Inhalt der Metallkunde darstellen, der gleichzeitig als Teil der technischen Physik zu gelten hat. Beiläufig sei bemerkt, daß die von *Masing* gegebene Definition dieses Fachgebietes und dementsprechend ihre Darstellung durch eine kleine Nüancierung dem tatsächlichen Inhalt desselben, wie er etwa durch den Inhalt der Zeitschrift für Metallkunde, der Werkstoffausschußberichte oder des Hochschulunterrichts gegeben wird, mehr angeglichen werden könnte. *Masing* stellt in den Vordergrund der Aufgaben der Metallkunde zunächst die Erforschung der Struktur und dann der Beziehung der Struktur zu den Eigenschaften, wobei als kennzeichnendes Verfahren die Mikroskopie dienen soll, mit der andre Verfahren zu verbinden sind. Der tatsächlichen Entwicklung des Fachgebietes würde wohl eine Formulierung besser entsprechen, in der man a l l e n Eigenschaften der Metalle, auch wenn Zusammenhänge mit der Struktur noch nicht erkenntlich sind, und a l l e n Verfahren zu ihrer Untersuchung dasselbe Gewicht einräumt, sofern sie zur Erkenntnis der Metallwelt insbesondere hinsichtlich der technischen Beherrschung beitragen. So kann man heute auch wohl nicht mehr nur das Metallmikroskop als kennzeichnend für die Metallkunde ansehen. In dem vorliegenden Buch, in dem ja nur die technisch-physikalische Seite der Metallkunde behandelt wird, bedeutet die etwas enge Begriffsbestimmung keinen Nachteil, die Darstellung wird außerdem durch die vorhergehenden allgemeinen Kapitel und durch die Darstellung der Mechanik im ersten Band in zweckmäßiger Weise ergänzt. Von Einzelheiten sei erwähnt, daß vielleicht die Temperaturabhängigkeit der Festigkeitseigenschaften sowie das Gußeisen ein wenig zu schlecht wegkommen. Im ganzen kann auch zu diesen wie den folgenden Kapiteln gesagt werden, daß sie in übersichtlicher Form und knapper Fassung eine sehr gute Einführung sind und daß die wichtigen Dinge sehr gut hervortreten.

Das ganze Werk hat einen erheblichen Umfang. Es schiene mir zweckmäßig, wenn die hauptsächlichste Originalliteratur bei einer späteren Auflage mitgeteilt würde. Es würde dies wohl zweifellos auch im Interesse der Brauchbarkeit und des Absatzes liegen. Bei der Schwierigkeit der Anschaffung von Büchern, insbesondere für unsere Studierenden, sollte man einen möglichst hohen Nutzeffekt der Bücher anstreben, der durch die Möglichkeit, ein Buch für das Eindringen in die Literatur gebrauchen zu können, gewährleistet wird. Außerdem fördert der Hinweis auf das Studium der Originalliteratur die wissenschaftliche Erziehung. [E 3609] *F. Sauerwald*

**Aerial Navigation and Meteorology.** Von *L. A. Yancey*. 2. Aufl. New York 1929, The Norman W. Henley Publ. Co. 316 S. m. 102 Abb. Preis 4 $.

Das Buch eines Praktikers für den Praktiker! Ohne irgendwelche wissenschaftlichen oder technischen Kenntnisse vorauszusetzen, behandelt der Verfasser die Grundaufgaben der Luftnavigation so eingehend, vorsichtig aufbauend und durch geschickt eingestreute Beispiele und Fragen vertiefend, daß das Ganze ein recht empfehlenswertes Lehrbuch für Flugschüler und angehende Verkehrsflieger darstellt. Gute Abbildungen und Zeichnungen unterstützen die Darstellung. Nur die wirklich erprobten Geräte und Verfahren werden gründlich behandelt. Als wichtigstes Kursgerät beschreibt der Verfasser den Magnetkompaß, seine Fehler, Kompensation, Kursberichtigung usw. auf mehr als 90 Seiten sehr eingehend. Die Richtungsbestimmung, Einteilung der Erdoberfläche, Kartenkunde werden vorher besprochen. Die grundlegende Arbeit des Navigators bei Langstreckenflügen ist die terrestrische Navigation, d. h. gute Kurskopplung, um ein möglichst zuverlässiges gegißtes Besteck (die durch vektorielle Addition der verschiedenen Kurs-Weg-Strecken ermittelten Standorte eines Fahrzeuges) zu erzielen. Die Funkpeilung ist eine bei unsichtigem Wetter unentbehrliche Hilfe.

Der meteorologische Teil des Buches behandelt kurz Aufbau und Eigenschaften des Luftmeeres; das Schwergewicht wird auch hier auf Erfahrungswerte und praktische Wetterregeln gelegt. Recht nützlich sind die Anleitungen zur ersten Hilfeleistung bei Unfällen. Von den Luftverkehrsbestimmungen in Amerika und den Zulassungsbedingungen für Personal und Material handelt der letzte Abschnitt. Eine Art Repetitorium in Frageform und eine Erläuterung gebräuchlicher Fachausdrücke erhöhen den Wert des Werkes auch als Lehrbuch für den Selbstunterricht. [E 3589] *Koppe*

**Jahrbuch 1929 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof.** Herausgeg. von *Wilhelm Hoff, Ottfried von Dewitz* und *Georg Madelung*. 480 S. m. Abb. Preis 49 *RM*.

In dem Tätigkeitsbericht der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt wird besonders eindringlich die Notwendigkeit des Ausbaues der Anstalt begründet. Aus den Angaben über Einzelheiten der Forschungstätigkeit der einzelnen Abteilungen geht hervor, daß die Höhenflugstelle aufgelöst werden mußte. Besonders wertvoll für alle, die sich der Luftfahrtforschung widmen, ist die 56 Seiten umfassende Zusammenstellung der durch Berichte abgeschlossenen Arbeiten in Auszügen mit den wichtigsten Ergebnissen. Einen Teil dieser Forschungen bilden die DVL-Berichte Nr. 102 bis 140, die im vollen Wortlaut mitgeteilt werden. Diese aus den verschiedensten Gebieten der Luftfahrt mitgeteilten Forschungsergebnisse machen durch ihre wichtigen Erkenntnisse das Jahrbuch der DVL unentbehrlich. [E 3547] *Gw.*

**Memoirs and addresses of two decades.** Von *J. A. L. Waddell*. Herausgeg. von *Frank W. Skinner*. Easton, Pa. 1928, Mack Printing Co. 1174 S. m. Abb. Preis 5 $.

Das Buch enthält 66 z. T. schon veröffentlichte Aufsätze und Vorträge des Verfassers, der auch bei uns bekannt ist durch die s. Z. im Auftrage des Nickeltrustes durchgeführten Versuche über die Eignung des Nickelstahles zu Bauzwecken. 20 Aufsätze betreffen Standesfragen, den technischen Unterricht und literarische Tätigkeit. Sie zeigen, daß drüben vielfach dieselben Fragen erörtert werden, wie hier, z. B. Ausdehnung des Hochschulstudiums auf fünf Jahre. Es folgen 23 Aufsätze über Fragen im Brückenbau: Untersuchungen über die Wirtschaftlichkeit des Nickelstahles und andrer Stähle, die Wirtschaftlichkeit verschiedener Brückenarten und andres. Die Ansichten des Verfassers werden nicht alle ohne Widerspruch hingenommen werden. Nach drei Aufsätzen über Eisenbahnfragen folgen dreizehn über Ingenieurerziehung, Eisenbahnbauten und Brückenbau in China, die den Chinesen klar machen sollen, daß sie alles Heil nur von Amerika zu erwarten haben. Vier vermischte Aufsätze bilden den Schluß.

Das Buch ist besonders für Brückenbauer interessant, enthält es auch viel anfechtbare Behauptungen und breitgetretene Binsenwahrheiten. Befremdlich wirkt die Art des Verfassers, bei jeder Gelegenheit auf seine Bücher zu verweisen, seine Arbeiten und Bauten als Muster hinzustellen, die Anerkennungen und Auszeichnungen aufzuzählen, die er empfangen hat, kurz: Reklame zu machen. Der Herausgeber übertrumpft ihn darin noch. Trotzdem enthält es viele wertvolle Aufschlüsse über amerikanische Denkweise und Methoden sowie sachliche Angaben, die sonst weit zerstreut waren. [E 3603] *Müllenhoff*

**Das Gruppenwasserwerk der Bürgermeisterei Lutzerath, Kreis Cochem an der Mosel.** Von *Otto Momm*, Kreisbaumeister in Cochem. 2. Aufl. Selbstverlag, 1929. 62 S. m. 5 Tafeln und 8 Abb. Preis 7,50 *RM*.

Monographien über neue Wasserwerke sind selten. Die Herausgabe des Buches bedeutet daher ein besonderes Verdienst des Verfassers und der Stellen, die das Erscheinen

gefördert haben. Die technischen Anlagen des kleinen, aber gut durchgebildeten Werkes werden eingehend dargestellt (vergl. Z. Bd. 73 (1929) S. 546), die Kosten, was recht wertvoll ist, ausführlich im einzelnen angegeben und sein wirtschaftlicher Aufbau beschrieben. Die gute Schrift sollte durch Strichzeichnungen an Stelle von Lichtbildern noch brauchbarer gemacht werden. [E 3454] *Baer*

**Der Hochofenzement und seine Verwendung.** Von *Richard Grün.* Berlin 1929, Verlag Zement und Beton. 175 S. m. Abb. Preis 4,20 *RM.*

Der aus Hochofenschlacke hergestellte Hochofenzement ist ein Zement mit allen Eigenschaften eines Normenzementes von gleichmäßiger Beschaffenheit. Nach Darlegung der Herstellung und der Eigenschaften des Hochofenzementes bringt das Buch hauptsächlich Angaben über die Verarbeitung und das Verhalten nach der Verarbeitung. Eine Beschreibung des Forschungsinstitutes der Hüttenzementindustrie und eine Aufstellung der zahlreichen Veröffentlichungen dieses Institutes bilden den Abschluß der bemerkenswerten Schrift. [E 3549] *Gw.*

**Festschrift der Technischen Hochschule Stuttgart zur Vollendung ihres ersten Jahrhunderts 1829 bis 1929.** Berlin 1929, Julius Springer. 475 S. m. Abb. Preis 24 *RM.*

Die Technische Hochschule Stuttgart hat geglaubt, anläßlich ihres 100jährigen Bestehens den Umfang und die Richtung ihrer wissenschaftlichen Arbeit dadurch am besten zu kennzeichnen, daß sie unter der Fülle der Arbeiten, die in den letzten Jahren an der Hochschule geleistet wurden, einige herausgreift und in einer stattlich gebundenen, einfach und vornehm wirkenden Festschrift veröffentlichte. So reihen sich 37 Aufsätze verschiedener Verfasser in lebhafter Folge aneinander, die u. a. über Fragen der heimatlichen Baukunst, des Wasser- und Turbinenbaues, der Elektrizität, Physik, der angewandten Mathematik und Mechanik und des Werkstoffprüfwesens berichten. [E 3590] *Stg.*

RKTL-Schriften, H. 5 b. **Der Bau städtischer Milchversorgungsbetriebe.** Von *Dyrenfurth.* Hildesheim 1929, Molkerei-Zeitung. 48 S. m. 33 Abb. Preis 2,50 *RM.*

Dem Heft „Planung städtischer Milchversorgungsbetriebe“[1]) ist nunmehr auch eine Schrift über den Bau derartiger Anlagen gefolgt. Es wurde als Mangel empfunden, daß beim Bau von Milchversorgungsbetrieben bisher alle Richtlinien fehlten; auch die vorliegende Arbeit kann in dieser Hinsicht noch nicht als vollständig bezeichnet werden. [E 3512] *Ro.*

[1]) s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 34 S. 1216.

**Kompressorlose Dieselmaschinen.** Von *Friedrich Sass.* Berlin 1929, Julius Springer. 395 S. m. 328 Abb. Preis 52 *RM.*

**Lehrbuch der Metallkunde.** Von *Franz Sauerwald.* Berlin 1929, Julius Springer. 462 S. m. 399 Abb. Preis 29 *RM.*

**Metall- und Legierungskunde.** Von Freiherr *M. v. Schwarz.* Sonderabdruck in 2. Auflage aus: Chemische Technologie der Neuzeit. Stuttgart 1929, Ferdinand Enke. 383 S. mit 337 Abb. Preis 29 *RM.*

**Polare Molekeln.** Von *P. Debye.* Leipzig 1929, S. Hirzel. 200 S. m. 34 Abb. Preis 15,50 *RM.*

**Aerodynamik des Fluges.** Von *Harry Schmidt.* Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 258 S. m. 81 Abb. Preis 16,50 *RM.*

Schweiz. Verband für die Materialprüfungen der Tech 13. Bericht: **Bruchgefahr und Materialprüfung.** Zü 1929, Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an E. T. H. 39 S. m. 45 Abb. Preis 5 Fr.

Eidg. Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. in Zür 42. Bericht: **Die Portlandzemente der Portland-Zem Werke Würenlingen-Siggenthal A.-G.** Ergebnisse der V suche an der Eidg. Materialprüfungsanstalt in Jahren 1925/1928. Zürich 1929, Selbstverlag. 40 S. 44 Abb. Preis 5 Fr.

**Strenge Untersuchungen am Rhombenfachwerk.** Von *Christiani.* Berlin 1929, Julius Springer. 52 S. m. 17 A Preis 4 *RM.*

**Die Lehre von den Kettenbrüchen.** Von *Oskar Perr* 2. Aufl. Leipzig und Berlin 1929, B. G. Teubner. 524 m. 5 Abb. Preis 27 *RM.*

Teubners mathematische Leitfäden, 16. Bd.: **Vektoranaly** Von *Richard Gans.* 6. Aufl. Leipzig und Berlin 19 B. G. Teubner. 112 S. m. 40 Abb. Preis 5,40 *RM.*

Mathematische-physikalische Bibliothek, 84. Bd.: **Der vi dimensionale Raum.** Von *Ludwig Eckhart.* Leipzig u Berlin 1929, B. G. Teubner. 54 S. m. 29 Abb. Preis 1,20

**Entwickelndes geometrisches Zeichnen für Metallarbeit** Von *Otto Schinz.* Dresden 1929, Otto Herm. Hörisch. 8 Preis 1,50 *RM.*

**Übertragungstechnik.** Von *Rudolf Winzheimer.* Münch und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 233 S. m. 207 A Preis 12 *RM.*

Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V.: **Verzeichnis deutschen Elektrizitätswerke 1928.** Berlin 1929, Geschä stelle der V. d. E. W. 314 S. Preis 16 *RM.*

**Aus der Geschichte der Remscheider und Bergischen We zeug- und Eisen-Industrie.** Von *Wilh. Engels* und *P Legers.* 2 Bände. Remscheid 1929, Selbstverlag des B gischen Fabrikanten-Vereins. 1. Bd. 416 S. m. Abb. 2. 164 S. Preis zus. 12 *RM.*

Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft: **Anleitung für die B überwachung von Stahlbauwerken auf der Baustelle.** B lin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 16 S. Preis 0,80 *RM.*

## *Berichtigungen*

### Das Trocknen und künstliche Altern des Holzes

In der Abhandlung von *H. Will* in Z. Bd. 73 (192 Nr. 40 muß es in Abb. 1 S. 1422 richtig heißen „Wärm durchgangszahl“ statt „Dampfspannung“. Es ist a $k_b = 8{,}0$, $k_c = 6{,}75$ und $k_d = 3{,}63$. Entsprechend ist Spalte 2, Zeile 4 das Wort „Dampfspannungsgefälle“ dur „Wärmedurchgangszahl“ zu ersetzen. [N 3680]

### Fräsmaschine für Zylinderblöcke

Ergänzung

In dem Aufsatz Bd. 73 (1929) Nr. 40 S. 1146 von Pr *M. Coenen,* Chemnitz, wird gesagt, daß „als Motoren durc weg solche mit Kurzschlußläufern gewählt“ sind. Hier ist zu ergänzen, daß es sich nicht um gewöhnliche Ku schlußläufer, sondern um eine besondere Ausführung, s genannte Wirbelstromläufer, handelt, bei den durch Wirbelströme im Läufer der Anlaufstromstoß gege über dem bei einem gewöhnlichen Kurzschlußläufer hera gesetzt wird. [N 3688]

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Die Kräfte in der Werkzeugmaschine. Von *G. Schlesinger* | 1565 |
| Die Tätigkeit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt im Jahre 1928 | 1570 |
| Ausbau des Kraftwerkes Issy-les-Moulineaux | 1572 |
| Hochwertige Baustähle für den Großstahlbau. Von *E. H. Schulz* und *H. Buchholtz* | 1573 |
| Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung. Von *H. Faßbender* | 1581 |
| Holz in Betrieb und Konstruktion | 1585 |
| Wechselgetriebe französischer Kraftwagen. Von *A. Heller* | 1586 |
| Stoßverlust an plötzlichen Erweiterungen in Rohren beim Durchfluß von Gasen und Dämpfen (Zuschrift) | 1588 |
| Das Walfangschiff „Vikingen“ | 1589 |
| Rundschau: Bestimmung der Dicke der Härteschicht an Einsatzwerkstücken — Neue Hilfsmittel bei Zeitaufnahmen und Betriebsüberwachung — Elektromagnetische Überwachung von Förderseilen — Riesen-Karusselldrehbank — Kleine Mitteilungen | 159 |
| Bücherschau: Physik der Stoffe. Von *G. Gehlhoff* — Aerial Navigation and Meteorology. Von *L. A. Yancey* — Jahrbuch 1929 der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof. Von *W. Hoff, O. von Dewitz* und *G. Madelung* — Memoirs and addresses of two decades. Von *J. A. L. Waddel* — Das Gruppenwasserwerk der Bürgermeisterei Lutzerath, Kreis Cochem an der Mosel. Von *O. Momm* — Der Hochofenzement und seine Verwendung. Von *R. Grün* — Festschrift der Technischen Hochschule Stuttgart zur Vollendung ihres ersten Jahrhunderts 1829 bis 1929 — Der Bau städtischer Milchversorgungsbetriebe. Von *Dyrenfurth* — Eingänge | 159 |
| Berichtigungen: Das Trocknen und künstliche Altern des Holzes — Fräsmaschine für Zylinderblöcke | 159 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß,* in Vertr. *K. Meyer,* Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
★ SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
d. 73 SONNABEND, 9. NOVEMBER 1929 Nr. 45

# Die Hubbrücke über den Koningshaven in Rotterdam

von Jr. JOOSTING, Hoofdingenieur by de Nederlandsche Spoorwegen, Utrecht

*Die Zunahme des Schiffs- wie auch des Eisenbahnverkehrs machte es nötig, die 56 m lange zweigleisige Eisenbahndrehbrücke über den „Koningshaven" (eine Seitenmündung) in Rotterdam durch eine dem Verkehr besser gewachsene bewegliche Brücke zu ersetzen. Wegen der gestellten Bedingungen und der örtlichen Verhältnisse kam nur eine Hubbrücke in Betracht. — Die allgemeine Einrichtung und einige konstruktive Einzelheiten der Hubbrücke werden beschrieben. Besonders wird die vom Verfasser entworfene Anordnung der Bewegungsvorrichtung in einem der Türme im Gegensatz zu der bisher besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika gebräuchlichen Anordnung auf dem beweglichen Brückenteil erörtert. Sodann wird die Bauausführung kurz besprochen.*

## Einleitung

Als in den siebziger Jahren über die Nieuwe Maas, die wichtigste Schiffahrtstraße vom Rhein zur Nordsee und den Rotterdamer Hafenanlagen, die Eisenbahn von Amsterdam, Haag, Rotterdam nach Dordrecht, Deutschland, Belgien, Frankreich und London (über Vlissingen) geführt werden sollte, baute man eine feste Brücke über diesen Fluß und legte parallel zu ihm einen künstlichen Wasserweg an, der den Namen „Koningshaven" erhielt. Man überbrückte ihn mittels dreier zweigleisiger Öffnungen, von denen die beiden äußeren mit je 80 m Länge fest, die innere mit 56 m Länge als Fachwerk-Drehbrücke mit obenliegender Fahrbahn ausgeführt war. Auf diese Weise verblieben für die Schiffahrt zwei Durchfahrtöffnungen von je 20 m durch diesen Kanal.

Da im Laufe der Jahre die Zahl und die Abmessungen der Fahrzeuge bedeutend zugenommen hatten und zu gleicher Zeit auch der Eisenbahnverkehr eine starke Steigerung erfahren hatte, mußte eine andre Lösung, die die Schiffahrt weniger beeinträchtigte, gefunden werden. Die Brücke mußte jetzt den folgenden Bedingungen entsprechen:

1. Die Drehbrücke sollte ersetzt werden durch eine bewegliche Brücke, die den Raum zwischen den festen Brücken in einem Zug überbrücken und deren Unterkante bei geschlossener Brücke in derselben Höhe liegen würde wie die der festen Brücken nebenan.

2. Die Pfeiler der alten Brücke sollten nicht allzusehr belastet werden.

3. Die Brücke sollte in 1½ min für die Schiffahrt geöffnet oder geschlossen werden können.

4. Der Umbau sollte ohne Störung des Eisenbahnverkehrs, ohne bedeutende Behinderung der Schiffahrt und ohne Hilfsbrücke möglich sein. (Wegen der Nähe der Häuser an den Zufahrtrampen war nämlich eine seitliche Verschiebung der Gleise ausgeschlossen.)

5. Die neue bewegliche Brücke sollte eine spätere Erhöhung des ganzen Brückenzuges um 3 m ohne Störung des Eisenbahnbetriebes möglich machen.

Hierfür kam nur eine Hubbrücke in Betracht.

## Konstruktive Einzelheiten

### Pfeiler und Gründung

Wenn sich, wie hier, zu jeder Seite des beweglichen Brückenteiles feste Brücken befinden, richtet man meistens die Hubtürme auf den Obergurten der festen Brücken auf; in unserem Fall war das aber nicht angängig, einmal weil die Hauptträger der festen Brücken zu schwach waren und nicht für das Gewicht der Türme genügend verstärkt werden konnten, sodann weil man dadurch die alten Pfeiler, die die Auflager der festen Brücken trugen, zu schwer belasten würde. Wir haben darum die Türme um die Enden der festen Brücken herum und unabhängig von diesen gebaut, Abb. 1 und 2. Die senkrechten Vorderstiele ruhen mittels Kipplager auf den alten Pfeilern; für die schrägen Hinterstiele sind neue Pfeiler hinter den alten gebaut worden. Außerdem sind die alten und die neuen Pfeiler durch waagerechte Eisenbetonbalken zu einem festen Ganzen verbunden, weil man bei den alten Pfeilern mitunter waagerechte Bewegungen beobachten konnte, Abb. 3 bis 5.

Die Kipplager sind so entworfen, daß ihre Höhe geändert werden kann mittels vier Druckwasserpressen, die in den unteren Lagerteil eingebracht werden können. Mittels Keile, die zwischen den auf den Pressen ruhenden mittleren und den unteren Lagerteil getrieben werden, kann man die richtige Höhe des Lagers einstellen.

Damit man die Verankerungen für die Lager der Türme anbringen konnte, wurde es nötig, die alten Pfeiler unmittelbar neben den Auflagern der festen Brückenteile senkrecht nach unten abzubrechen. Weil es außerdem

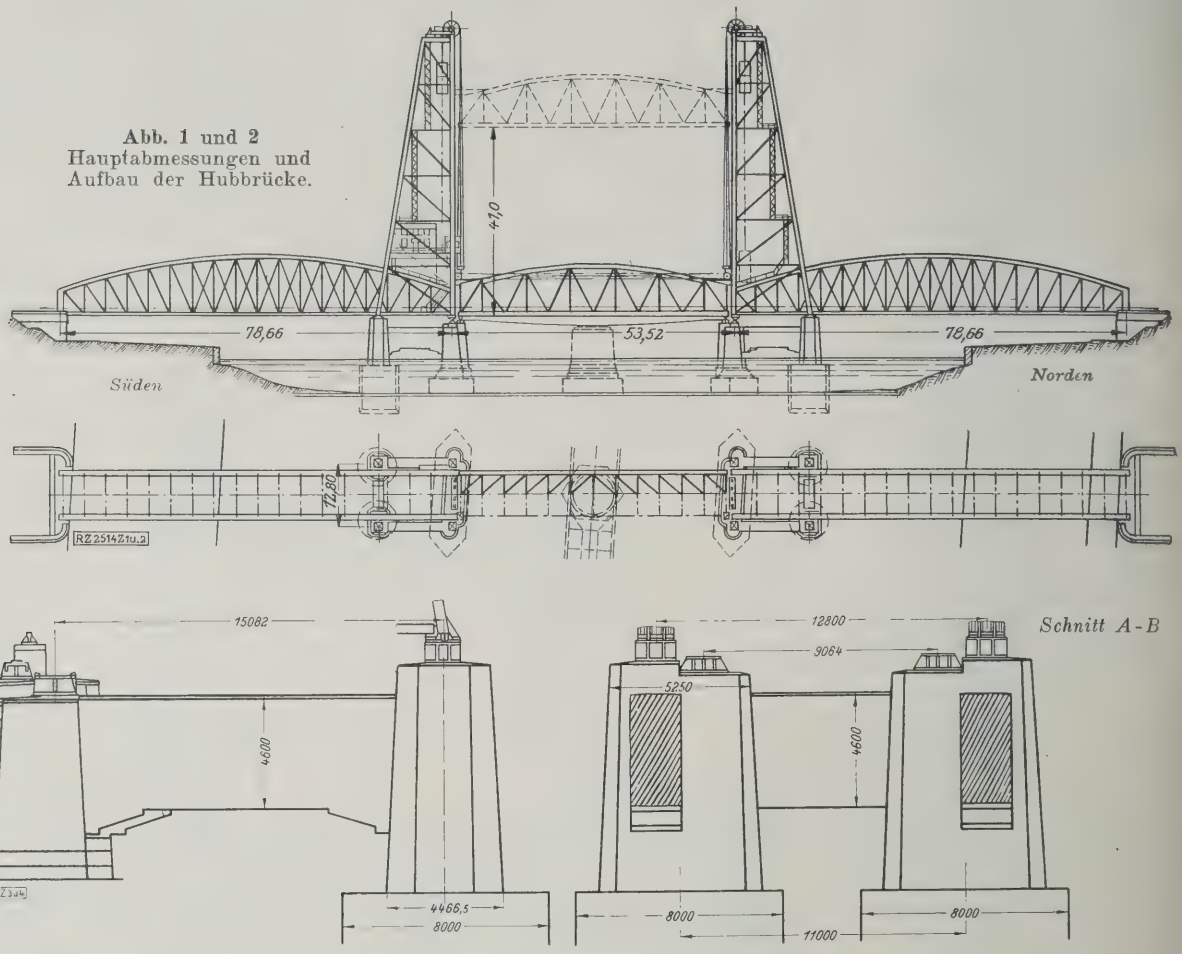



**Abb. 1 und 2**
Hauptabmessungen und Aufbau der Hubbrücke.

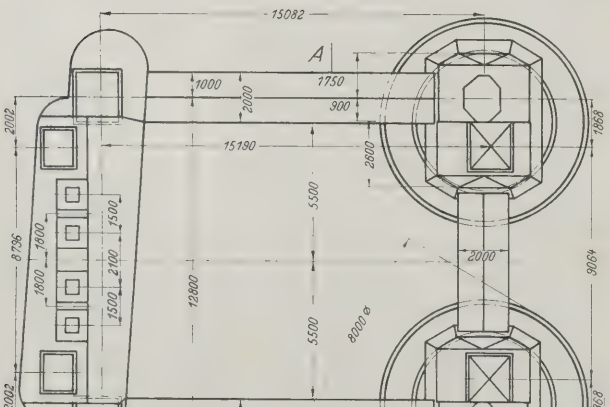



**Abb. 3 bis 5**
Pfeiler mit Einzelheiten der Lagerung.

von großer Wichtigkeit war, die alten Pfeiler, über deren Tragkraft man in Ungewißheit war, möglichst zu entlasten, war es selbstverständlich, daß man die festen Öffnungen dauernd auf den neuen Pfeilern lagerte und also teilweise über diese Pfeiler auskragen ließ, indem man die Abmessungen der neuen Pfeiler entsprechend vergrößerte. So ließ sich erreichen, daß trotz der Belastung durch das Gewicht des Turmes und des beweglichen Brückenteiles der Druck der alten Pfeiler auf den Boden nur um 25 vH vergrößert wurde. Die Auflagerung der festen Brücke auf den neuen Pfeilern bot den weiteren Vorteil, daß auf diese Weise die Kräfte in den Gurtungen dieser Brücke heral gesetzt wurden und die Brücke sich somit für eine größe Verkehrslast verstärken ließ als sonst möglich gewese wäre. Diese Verstärkung zusammen mit der Änderun der Auflagerung der Brücken bedingte die Verstärkun verschiedener Schrägstäbe und ihrer Anschlüsse an de Gurten, die Versteifung der Druckgurte und den Einba einiger neuer Fachwerkstäbe.

Weil die Schienenenden der festen Brücke die senk rechten Bewegungen des ausgekragten Brückenteiles nich mitmachen dürfen, wurden die äußersten Längsträger m dem vorletzten Querträger beweglich verbunden, dann fr durch Löcher im Steg des letzten Querträgers geführt un mit ihrem freien Ende auf den alten Pfeilern auf fest Lager aufgelegt.

Die alten Pfeiler ruhen auf einem von einer Spund wand umschlossenen Betonkörper. Rammen war unter halb der festen Brücke nicht möglich, daher wurden di neu zu bauenden Pfeiler je auf zwei Senkbrunnen vo 8 m Durchmesser gegründet, Abb. 3 bis 5. Die Oberkante der Brunnen liegen in der Höhe von Niedrigwasser un von dieser Höhe an wurden auf den mit Beton gefüllte Brunnen Betonpfeiler aufgebaut, die untereinander un mit den alten Pfeilern durch Eisenbetonbalken verbun den sind.

### Türme und Tragseile

Die lichte Höhe unter der gehobenen Hubbrücke wähl man zweckmäßig so, daß die größten zu erwartende Schiffe zu jeder Zeit unter der gehobenen Brücke durch fahren können. Die Türme sind daher für 60 m lichte Höhe der gehobenen Brücke entworfen. Bei der Ausfüh rung sind aber vorläufig die oberen zwei Felder fortgelas sen und die Seilräder mit ihrer Tragkonstruktion ent sprechend niedriger angebracht, so daß die lichte Höh auf 48 m über Hochwasser beschränkt bleibt, bis ein größere Höhe sich als notwendig erwiesen hat.

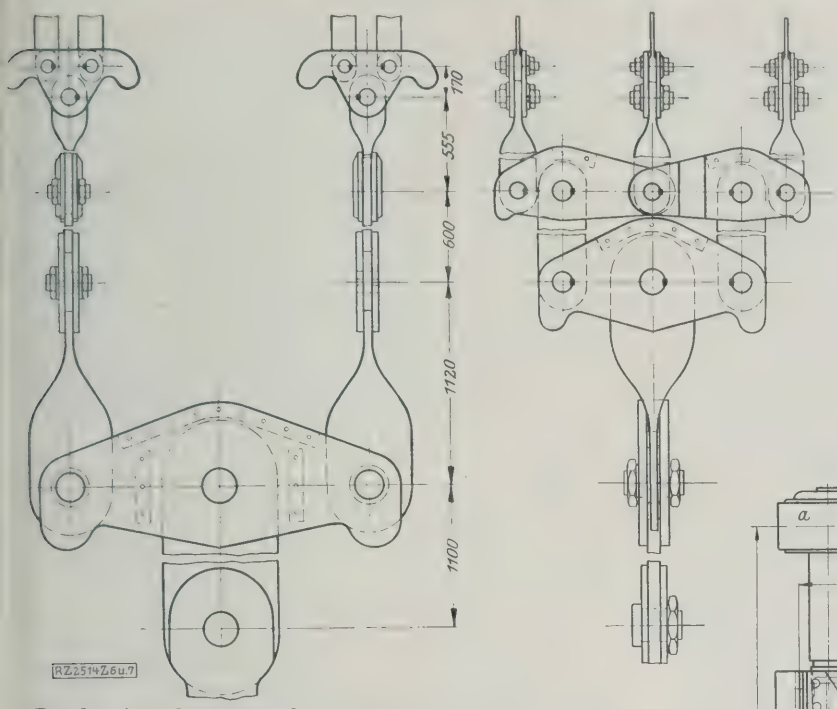
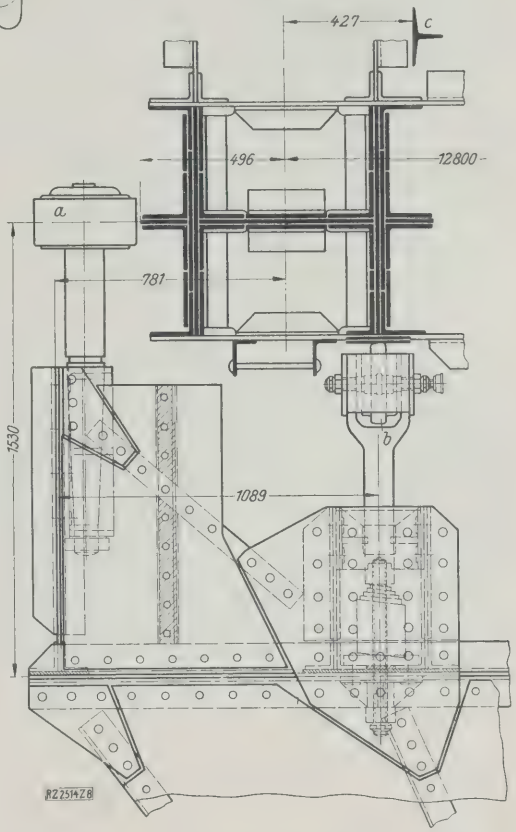



Abb. 6 und 7
Hebelanordnung zur Verbindung der Seile mit der Brücke.

Abb. 8 (unten). Grundriß. Übertragung des Winddruckes mittels Sturmrolle *a* und Beschränkung der Bewegung des gehobenen Brückenteils in der Längsrichtung mittels Rolle *b*; *c* Führung für das Gegengewicht.




Bei der Anordnung der Querverbände der Türme haben ir auf eine spätere Hebung der festen Brücken um 3 m ücksicht genommen.

Der rd. 600 t schwere, bewegliche Brückenteil hängt n 48 Stahldrahtseilen von je 40 mm Dmr., an deren ande:m Ende die Gegengewichte befestigt sind. Die Seile egen auf acht mit je sechs Seilrillen versehenen Stahlußrädern von 3,60 m Dmr. bei rd. 7500 kg Gewicht. Weil er Reibungswiderstand der Achsen dieser Räder in Gleitıgern sich auf ungefähr die Hälfte der übrigen unter ormalen Verhältnissen zu überwindenden Kräfte belaufen ürde und auf rd. ¼ der, abgesehen von dieser Reibung, nter den ungünstigsten Verhältnissen zu leistenden Kraft, aben wir die Achsen in Pendelrollenlagern der Schweischen Kugellagerfabrik (S. K. F.) in Göteborg, die je 5 000 kg tragen, gelagert. Diese Lager brauchen fast einerlei Wartung. Nur einmal im Jahre müssen die Gehäuse geöffnet, die Lager gereinigt und die Gehäuse mit ett angefüllt werden, während Gleitlager ein- bis zweiıal in der Woche geschmiert werden müssen.

Zur Verbindung der Seile mit der Brücke dient an en vier Ecken je eine Hebelanordnung, Abb. 6 und 7, die ine richtige Verteilung des zu tragenden Gewichtes über ie 12 Seile gewährleistet. Zwischen die Seilmuffen und as Hebelsystem sind noch 3 m lange Flacheisen eingechaltet, die entfernt werden können, sobald die Seile für ie Hebung der Brücke um 3 m gekürzt werden sollen.

Die großen Breitenabmessungen der an den Enden der eile angegossenen Seilmuffen machten es unmöglich, die efestigung der Seile am Gegengewicht in eine Gerade zu egen. Um nun einer Änderung der Kräfte in den verchiedenen Seilen während der Bewegung der Brücke vorubeugen, führten wir die Seile etwas über den Seilmuffen ittels Seilklemmen in eine senkrechte Ebene. Von einem usgleich des Gewichts der Gegengewichtseile haben wir bstand genommen, weil wir es als einen Vorteil betrachen, daß bei gesenkter Brücke auf der Seite der Brücke nd bei gehobener Brücke auf der Seite des Gegengewichts in Übergewicht vorhanden sein würde, so daß die Brücke iemals die Neigung haben wird, sich aus ihren äußersten tellungen wegzubegeben. Die zwei Gegengewichte ind Betonkörper mit Eisengerippe. Der genaue Gewichtsusgleich wird mittels kleiner Betonkörper erreicht, die ach Bedarf in einem mit Riffelblech abgedeckten Kasten m oberen Teil der Gegengewichte untergebracht werden.

### Die Huböffnung

An jeder Ecke der Brücke befindet sich eine feste eitrolle, eine sogenannte Sturmrolle, die den seitichen Winddruck von der Brücke auf den senkrechten Stiel des Turmes überträgt, *a* in Abb. 8. Die Befestigung dieser Rolle an der Brücke ist ziemlich schwach entworfen, damit sich bei einem Anprall eines Schiffes an die Brücke die Rolle von der Brücke trennen kann und eine Beschädigung des Turmes verhindert wird. Eine zweite Rolle *b*, Abb. 8, die mittels einer Feder gegen die Vorderseite des Stieles gedrückt wird, beschränkt die Bewegung der Brücke in ihrer Längsrichtung.

Die unteren Teile der festen Auflager stehen auf den südlichen Pfeilern und haben je 12 cm hohe, schräge, seitliche Backen. Die oberen Teile hängen an der Brücke und haben ebenfalls zwei schräge Backen, die aber senkrecht zu der Längsachse der Brücke stehen. Beim Senken der Brücke sollen die Backen die Brücke in die richtige Lage zwingen.

Auf dem festen Teil des beweglichen Auflagers, Abb. 9 und 10, ist ein Pendel angeordnet, das durch Blattfedern in senkrechter Stellung gehalten wird. Diese Federn setzen einer Bewegung des Brückenendes in der Längsrichtung nur geringen Widerstand entgegen. Seitliche schräge Backen an dem an der Brücke hängenden Auflagerteil sollten das Brückenende in seitlicher Richtung in die richtige Lage bringen.

Das Häuschen mit der Antriebvorrichtung wird in den Vereinigten Staaten von Nordamerika (das Vaterland der großen Hubbrücken) immer auf dem beweglichen Brückenteil angeordnet, wie in Abb. 11 dargestellt ist. Von Trommeln *a*, die durch eine und dieselbe Welle bewegt werden, gehen Seile unter an den Enden der Hubbrücke angeordneten Seilrollen *b* durch nach den Turmköpfen bei *P* und in entgegengesetzter Richtung auf

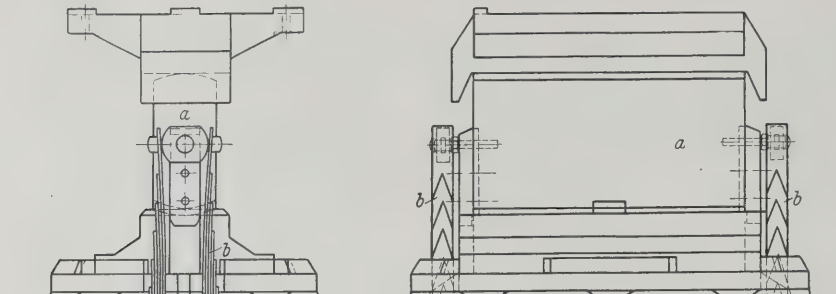



Abb. 9 und 10
Das bewegliche Auflager.
*a* Pendel *b* Blattfedern

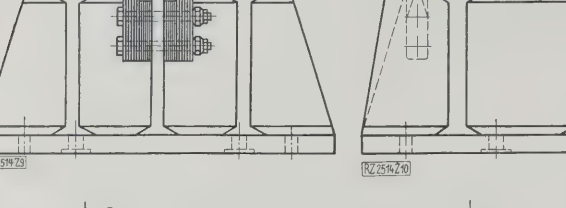



Abb. 11. Antrieb der amerikanischen Hubbrücken auf dem beweglichen Brückenteil.

*a* Antriebtrommel
*b* Seilrollen
*c* Seilscheiben für Gegengewichtseile
*d* Gegengewichtseile
*e* Gegengewichte
*P* Befestigung der Hubseile an den Turmköpfen
*Q* Befestigung der Senkseile an den Turmfüßen

Abb. 12. Anordnung der Hub- und Senkseile der Koningshavenbrücke.
*a* bis *f* Seilrollen
Hubseile ——— Senkseile – – –

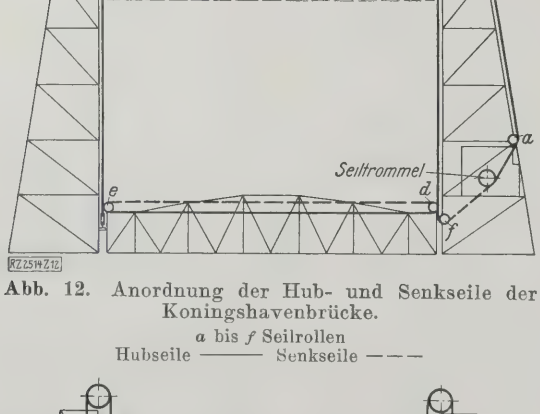



Abb. 13
Anordnung der Tragseile und der Ausgleichseile.
*g*, *h* Seilrollen

die Trommeln gewundene Seile über die Rollen *b* nach den Turmfüßen bei *Q*. Bei Drehung der Trommeln in einer Richtung werden die oben befestigten Seile aufgewunden, die Brücke wird somit hochgezogen; bei Drehung in entgegengesetzter Richtung werden die unten befestigten Seile aufgewunden und die Brücke wird hinuntergezogen.

Weil uns eine Belastung des beweglichen Brückenteiles mit einer ständigen Last von weit über 100 t in der Mitte nicht wirtschaftlich erschien, haben wir das Maschinenhaus im zweiten Feld des südlichen Turmes angeordnet. Es enthält zwei Seiltrommeln von 2 m Dmr.

Die vier 26 mm dicken Hubseile werden im Turm über Seilrollen *a*, *b* und *c* geführt, Abb. 12, dann gehen sie unter Seilrollen bei *d* und *e* an den zwei Brückenenden durch. Sie sind am Kopf des nördlichen Turmes mittels Spannschlösser befestigt, die ein Spannen der Seile um 1,20 m gestatten. Die Senkseile, die in entgegengesetzter Richtung auf die Trommeln gewunden werden, sind unter Seilrollen *f* am Fuß des südlichen Turmes durch, über Seilrollen bei *d* und *e* an den Enden der Brücke geführt und an einer Spannvorrichtung am Fuß des nördlichen Turmes befestigt. Beim Aufwinden der Hubseile wird die Brücke gehoben, beim Aufwinden der Senkseile wird sie gesenkt. An jedem freien Ende eines Hub- oder Senkseiles ist eine gute Spannvorrichtung unbedingt nötig, weil das Nachziehen der Seile auf den Trommeln eine zeitraubende Arbeit wäre und die Brücke während dieser Arbeit nicht gehoben werden kann.

Um die Brücke während der Bewegung in waagerechter Lage zu halten, hat man noch vier 26 mm dicke Seile angeordnet, Abb. 13. Zwei sind am Fuß des südlichen Turmes befestigt, gehen über eine Scheibe *h* am südlichen Brückenende, unter eine Scheibe *g* am nördlichen Brückenende durch und sind am Kopf des nördlichen Turmes befestigt, die zwei anderen sind in entgegengesetzter Richtung vom Fuß des nördlichen Turmes über eine Seilrolle bei *g* unter einer Rolle bei *h* durch nach dem Kopf des südlichen Turmes gespannt.

Die beiden Seiltrommeln werden über ein Zahnradvorgelege angetrieben von einem Gleichstrommotor von 200 PS. Dieser wird von einem Leonard-Umformer, der an das städtische Drehstromnetz von 5000 V angeschlossen ist, gespeist. Diese Vorrichtung ist imstande, die Brücke in einer Minute um 41 m zu heben. Als Aushilfe dient ein Gleichstrommotor von 30 PS, der seinen Strom unmittelbar vom städtischen Netz mit 440 V erhält und die Brücke in 8 min heben kann.

Die Seiltrommeln werden mittels Luftdruckbremse gebremst. Die Druckluft wird von zwei Kompressoren erzeugt, deren einer mittels eines Drehstrommotors, der andre mittels eines Gleichstrommotors angetrieben wird. Diese Motoren werden selbsttätig eingeschaltet, sobald der Druck im Windkessel unter 5,5 at sinken sollte, und wieder ausgeschaltet, wenn der Druck 7 at erreicht hat.

### Der Führerstand

ist in einer kleinen Zelle, neben einem der senkrechten Stiele des südlichen Turmes angeordnet. Der Brückenwärter kann von da aus die Fahrstraße nach allen Seiten gut übersehen.

Ein Höhenanzeiger im Führerstand zeigt dem Brückenwärter, in welcher Höhe sich die Brücke befindet. Ein besonderer Zeiger gibt die Höhenänderungen von 0 bis ungefähr 1,65 m über die Auflager in größerem Maßstab an.

### Signaleinrichtungen

Für die Schiffahrt und die Eisenbahn werden nur Lichtsignale benutzt. Am Tage zeigt ein 2000 Kerzen starkes weißes Licht, in der Nacht ein grünes Licht, die am süd-

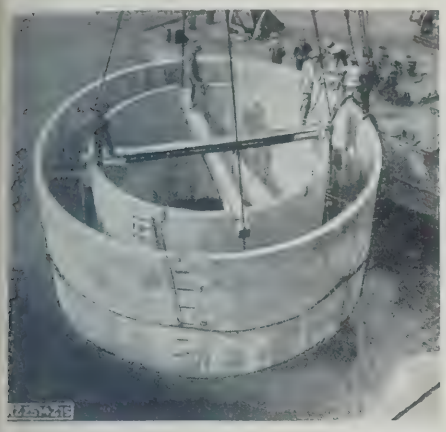


Abb. 14
Ein Senkbrunnen wird ins Wasser gesetzt.

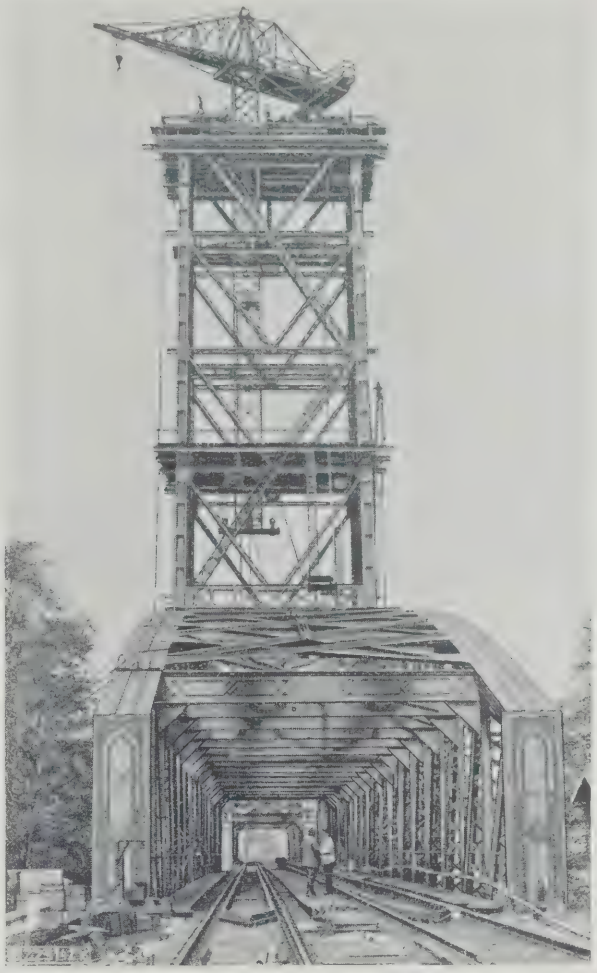


Abb. 15
Turmdrehkran an einem Brückenturm zum Anbau der oberen Felder.

ichen Turm in der Höhe der Unterkante der gehobenen Brücke angebracht sind, der Schiffahrt, daß mindestens eine lichte Höhe von 45 m über Hochwasser frei ist. Wenn die Brücke sich senkt, werden diese Lichter gelöscht, während der Nacht wird außerdem ein rotes Licht gezeigt.

**Bauausführung**

Auf Grund einer öffentlichen Verdingung wurde die Gutehoffnungshütte, Oberhausen (Rheinland), die das niedrigste Angebot für sämtliche Arbeiten gemacht und sich für die Pfeilerbauten usw. die Mitwirkung der holländischen Gesellschaft für die Ausführung von Eisenbetonbauten gesichert hatte, mit der Ausführung betraut.

Die Senkbrunnen, Abb. 14, wurden mit geringer Abänderung des ursprünglichen Entwurfes zusammengesetzt aus einer Außenwand und einer Innenwand, die an dem unteren Ende verbunden wurden, um zusammen eine Schneide zu bilden. Für die äußeren Schalungen wurden gebogene, durch angenietete Winkeleisen versteifte Bleche verwendet, die mittels Schrauben in den senkrechten Versteifungswinkeln zu einem 1,50 m hohen Ring zusammengebaut wurden. An der Innenseite wurden Holzschalungen eingebaut. Durch Verwendung von Dyckerhoff-Doppelzement war es möglich, vier Tage nachdem ein Ring von 1,50 m Höhe betoniert war, die Schalungen zu entfernen und 1,50 m höher aufzustellen, so daß wieder 1,50 m auf den Ring aufgebaut werden konnte. Die vier 10 m hohen Senkbrunnen wurden binnen sechs Wochen am Ufer des Waalhafens in Rotterdam fertiggestellt. Ein Schwimmkran setzte sie ins Wasser und drei Schleppdampfer brachten sie nach der Baustelle.

Die neuen Pfeiler wurden durch je zwei kräftige Eisenbetonbalken mit den alten Pfeilern verbunden. Um die kostspieligen Schalungen für diese schweren Balken zu vermeiden, stellte man Kasten aus Eisenbeton her, die die äußere Form der Verbindungsbalken hatten. Diese wurden mittels eines Schwimmkranes in Aussparungen in den alten und in den neuen Pfeilern aufgestellt und später, nachdem die Eisenbewehrung darin angebracht war, mit Beton ausgefüllt.

Die Verstärkung und der Umbau der festen Brücken verliefen in ganz normaler Weise. Bemerkenswertes hat sich dabei nicht ereignet.

Die Hubtürme wurden in den Werkstätten der Gutehoffnungshütte in Sterkrade angefertigt; die einzelnen Teile wurden mit der Bahn nach Rotterdam auf den Kai in die unmittelbare Nähe der Baustelle gebracht und mittels eines Schwimmkranes vom Eisenbahnwagen gehoben und auf den Pfeilern aufgestellt. Die Aufstellung ging sehr rasch. In drei Wochen waren die unteren drei Felder eines Turmes aufgebaut. Für die höher gelegenen Felder ließ die Gutehoffnungshütte einen elektrisch angetriebenen Turmdrehkran aufstellen; sein Stiel ruhte auf waagerechten Trägern, die mittels zweier Flaschenzüge an den Gerüstbalken auf dem dritten Felde aufgehängt waren, Abb. 15. Je nachdem die Aufstellung es erforderte, konnte der Kran mittels dieser Flaschenzüge aufgezogen werden.

Für die Gegengewichte wurden Seile mit sogenannten Dreikantlitzen der Firma Felten & Guilleaume von 140 bis 160 kg/mm Bruchfestigkeit verwendet, Abb. 16. Diese Seilart hat den Vorteil, daß der Druck des Seiles auf die Rille von mehr Drähten aufgenommen wird als bei den normalen Rundlitzenseilen.

Die Bewegungs- und Führungsseile, die bedeutend mehr angestrengt werden und deshalb eine kürzere Lebensdauer haben, haben wir zur Hälfte von der Firma Felten & Guilleaume, die den Kern der Dreikantlitzen aus drei weichen Formdrähten bildet, und zur andern Hälfte von der englischen Firma Hood-Haggie & Cie., Newcastle, bezogen, die den dreieckigen Kern aus sechs Runddrähten flicht, um Erfahrungen über die Bewährung der zwei Bauarten zu sammeln.

Die vorherige Streckung der Hubseile mit dem Doppelten der Nutzlast verhinderte nicht, daß die Bewegungsseile sich in den ersten Monaten nach der Inbetriebsetzung der Brücke noch bleibend dehnten. In den letzten zwölf Monaten haben sich die Seile kaum mehr gedehnt. Auch in Amerika hat man die Erfahrung gemacht, daß in den ersten zwei, drei Monaten die Hub- und die Senkseile einige Male nachgespannt werden müssen, doch daß nachher fast keine Dehnung mehr auftritt.

Die Gegengewichtseile haben sich wahrscheinlich auch ein wenig gedehnt, aber das Maß der Dehnung haben wir nicht festgestellt, weil diese Seile nicht nachgespannt werden. Daß die Dehnung jedenfalls für alle Gegengewichtsseile dieselbe gewesen sein muß, geht aber aus dem Stand der Hebel der Ausgleichvorrichtung hervor.

Der bewegliche Brückenteil wurde nach dem Vorschlag der Gutehoffnungshütte auf folgende Weise eingebaut. Die beiden Hauptträger wurden auf der Werft der Gutehoffnungshütte in Walsum am Rhein vollständig fertiggestellt. Von dem westlichen Haupt-

Abb. 17
Beförderung des östlichen Hauptträgers mittels Schwimmkrane auf die Pfeiler.

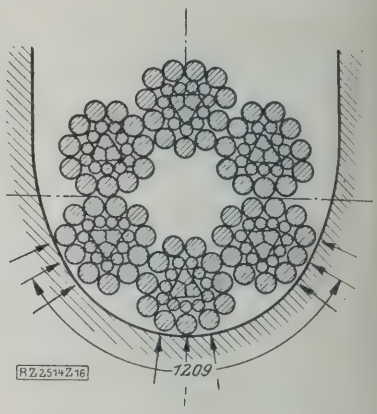



Abb. 16
Druckübertragung von einem Dreikantlitzenseil auf die Scheibenrille.

träger wurden beide Gurte vorübergehend durch waagerechte, gegen die Ständer des Hauptträgers gestützte Fachwerke abgesteift; an dem östlichen Hauptträger brachte man die oberen Querverbände und die oberen Windverstrebungen an, die mit einem vorübergehenden Gurt ein waagerechtes Fachwerk bilden sollten zur Absteifung des Obergurtes des Hauptträgers. Die versteiften Hauptträger wurden sodann auf Schuten nach Rotterdam gebracht. Zwei Schwimmkrane hoben die Hauptträger von der Schute, Abb. 17, und setzten sie über die ausgeschwenkte Drehbrücke auf je zwei Hilfskonsolen, die zu diesem Zweck an den Endständern der westlichen und östlichen Hauptträger der festen Brücken angebracht waren. Inzwischen wurden die Gegengewichtseile über die Seilscheiben gehängt und an den in den Türmen aufgehängten nur teilweise betonierten Gegengewichten und an den Ausgleichhebeln befestigt.

Nachdem nun die Ausgleichvorrichtungen an die Hauptträger angeschlossen waren und die an den östlichen Hauptträger befestigten Quer- und Windverbände mit dem westlichen Träger verbunden waren, konnte man mittels Flaschenzüge die Gegengewichte herunterziehen und so die Hauptträger mitsamt den Querverbänden in die Höchstlage heben. In dieser Lage wurden die Quer- und Längsträger, die Gleise, der untere Windverband usw. eingebaut.

Nachdem auch die Bewegungsvorrichtungen aufgestellt und die Bewegungseile angebracht waren. konnte man anfangen, die Brücke versuchsweise zu senken und zu heben. Nachdem einige kleine Fehler beseitigt waren und keine Schwierigkeiten mehr bei der Bewegung vorkamen, wurde in der Nacht vom 31. Oktober zum 1. November 1927 die Drehbrücke durch drei Schwimmkrane entfernt, die Hubbrücke wurde dann bis auf einige Meter über ihre Auflager heruntergelassen und ein von ihr herabhängendes Drahtseil wurde um den Königszapfen der Drehbrücke geschlungen. Durch das Wiederanheben der Hubbrücke wurde der Königszapfen von ihr aus dem Pfeiler gezogen, wonach die Hubbrücke endgültig auf ihre Lager gesenkt und dem Eisenbahnverkehr übergeben werden konnte.

Die Brücke hat sich bisher gut bewährt. Sie bewegt sich so ruhig, daß man, wenn man sich auf der Brücke befindet, kaum bemerkt, wenn sie gehoben wird. Störungen von einiger Bedeutung sind nicht vorgekommen, und bei Belastung mit zwei Wagen, die die Schneelast vorstellen sollten, ließ die Brücke sich auch ohne Schwierigkeiten heben und senken.

Das Heben oder Senken der Brücke erfordert nur 1 min, einschl. der Verriegelung und der Bedienung der Signale 1½ min. [B 2514]

## Elektrisch geschweißte Hallenbinder

Für das Eisengerippe über dem Vorführungsraum eines neuen Kinos in Biel, Schweiz, hat man elektrisch geschweißte vollwandige Binder verwendet, die als Dreigelenkbogen von je 17,4 m Stützweite und rd. 7 m Pfeilhöhe ausgeführt sind. Eine Ausführung in Fachwerk kam aus dem Grunde nicht in Frage, weil die baulichen Verhältnisse eine möglichst gedrungene Formgebung der Binder erforderten. Die Binder, Abb. 1, bestehen nur aus Blechen, Breitflacheisen und Flacheisen von 8 bis 15 mm Dicke. Die in der Werkstatt hergestellten Verbindungen und Stöße sind stumpf geschweißt. Nur die beiden Montagestöße in der Nähe der Ecken wurden verschraubt. Die elektrische Schweißung brachte auch hier nicht nur eine wesentliche Gewichtverringerung, sondern auch eine größere Ersparnis an Arbeitskosten gegenüber genieteten Tragwerken. (Schweizer. Bauzeitung 19. Oktober 1929 S. 202*) [N 3699] *Sd.*

Abb. 1
Teilansicht des völlig aus Flacheisen, Breitflacheisen und Blechen zusammengeschweißten Hallenbinders.

Dreimotoriges Verkehrsflugzeug „Stout".

# ;er amerikanische 'erkehrsflugzeugbau

*Von Dipl.-Ing. KARL HELMUT RÜHL, Berlin*

*Zunächst wird die technische Weltbedeutung des amerikanischen Verkehrsflugzeugbaues aus seinen wirtschaftlichen Lebensbedingungen heraus erläutert. Danach werden die neueren Baumuster mit ihren wichtigsten Eigenschaften zusammengestellt, anschließend einige kennzeichnende und beachtenswerte Flugzeuge besprochen. Aus beidem ergibt sich eine Übersicht über die wichtigsten grundsätzlichen Richtlinien des heutigen amerikanischen Verkehrsflugzeugbaues.*

## Allgemeine Bedeutung

Der amerikanische Verkehrsflugzeugbau darf für sich esondere Aufmerksamkeit in Anspruch nehmen. Denn die merikanische Flugzeugindustrie ist mehr wie diejenige ines andern Landes sowohl in der Lage, als auch gewungen, bei ihren technischen Überlegungen wirtschaftchen Bedürfnissen Rechnung zu tragen. Einerseits beteht ein eigenwirtschaftlicher Luftverkehr in ziemlich roßer Ausdehnung, als planmäßiger Verkehr auf betimmten Linien mit festgelegten Flugplänen sowie als Gelegenheitsverkehr, der stark genug ist, eine Flugzeugndustrie für Verkehrszwecke aus eigener Kraft am Leben u erhalten. Anderseits besteht neben dem Luftverkehr in militärischer Flugzeugbau und zieht den Hauptteil der taatlichen Mittel an sich. Diejenigen Werke, die in der Hauptsache Handelsflugzeuge herstellen, sind darauf angewiesen, die von ihnen erbauten Flugzeuge sofort an die erschiedenen privaten und unabhängigen Luftverkehrsgesellschaften abzusetzen, also Flugzeuge zu schaffen, die len Verkehrsgesellschaften ohne langjährige Erprobung inen eigenwirtschaftlichen Betrieb ermöglichen.

Von der Entwicklung der amerikanischen Flugtechnik st daher wohl zuerst die Beantwortung derjenigen Frage u erwarten, die in den nächsten Jahren im Flugzeugbau im Vordergrund stehen wird: Werden sich in Zukunft estimmte Größenklassen und Baumuster von Flugzeugen aus der großen Menge von Ausführungen, die seit Jahren in allen Ländern der Welt erprobt und geflogen werden, als wichtigste herausheben? Werden die dazwischen liegenden Gruppen nach und nach aus dem Verkehr und dem Blickfeld des Ingenieurs verschwinden? Oder wird die bisherige Vielseitigkeit in gleichem oder nur wenig geringerem oder gar verstärktem Maße weiter bestehen?

In Deutschland ist z. B. vor einigen Jahren lebhaft die Ansicht vertreten worden, daß das einmotorige Flugzeug in der Hauptsache einen Übergang darstelle und daß aus Gründen der Verkehrssicherheit das mehrmotorige Flugzeug ihm in kurzer Zeit den Rang ablaufen werde. Je nachdem, ob diese Voraussage falsch oder richtig oder teilweise richtig ist, werden aber nicht nur die Abmessungen, sondern auch die Bauweisen der künftigen Flugzeuge verschieden sein müssen. Ein Flügelholm von 10 cm Höhe muß anders ausgebildet sein wie ein Holm von 150 cm Höhe für das 1000fache Moment; und eine Werkstatt muß anders eingerichtet sein, wenn sie im Lauf des Jahres ein oder zwei Riesenflugzeuge von 50 t herstellt, oder ein- oder mehrere hundert Kleinflugzeuge von 0,5 t. Diese Unterschiede beeinflussen selbstverständlich Entwurf und Bauart in allen Einzelheiten.

In welcher Richtung — Einzelherstellung großer oder Reihenherstellung mittlerer oder kleiner Flugzeuge — der Hauptstrom der zukünftigen Arbeit jedoch tatsächlich fließen wird, ist nicht nur durch technische, sondern ebenso durch technisch-wirtschaftliche Rücksichten bestimmt, deren Zusammenhänge niemals in der Versuchsanstalt, sondern nur durch den Betriebsversuch im Maßstab der Wirklichkeit und unter den Bedingungen der Wirklichkeit erkannt werden können. Dieser Versuch ist in Deutschland und Amerika begonnen worden, in Amerika aber am reinsten, weil er dort durch die großen Ausdehnungen und die allgemeine wirtschaftliche Lage des Landes gefördert worden ist und die Trübungen des Bildes fehlen, die sich nicht vermeiden lassen, wenn, wie in Deutschland, drei Viertel der Kosten durch das Reich, die Länder und Städte aufgebracht werden.

Die Gruppenbildung der Baumuster von Verkehrsflugzeugen, die hier vorangestellt ist, ist dabei zunächst das wichtigste Problem, obwohl ihr an sich die andre Frage übergeordnet ist, eine wie große oder kleine Rolle überhaupt die Verkehrsflugzeuge neben den andern Gattungen von Flugzeugen für Friedenszwecke spielen werden. Unter Verkehrsflugzeug ist dabei zu verstehen das Flugzeug zur Beförderung von Personen im öffentlichen Verkehr, also für Fluggäste, die selbst ein Flugzeug nicht lenken können, und die bei jedem Wetter mit einer den andern Verkehrsmitteln ebenbürtigen Bequemlichkeit befördert werden wollen. Zur Erfüllung dieser Anforderungen gehört im allgemeinen ein von einem Berufspiloten geführtes Kabinenflugzeug. Als gleichgeordnete Gattungen neben den Verkehrsflugzeugen stehen danach zwei andre

1. die kleineren ein-, zwei- oder dreisitzigen meist offenen Flugzeuge, die als Sport- oder Reiseflugzeuge bezeichnet werden,
2. die Last- und Sonderflugzeuge, die lediglich der Beförderung von Post oder Eilfracht dienen, oder für Sonderzwecke, Luftbild, Schädlingsbekämpfung, Reklame usw. bestimmt sind.

Selbstverständlich sind die Grenzen zwischen diesen Flugzeuggattungen nicht immer scharf zu ziehen; es gibt kleine Flugzeuge — Zweisitzer — mit geschlossener Kabine, es gibt große mehrsitzige Flugzeuge mit offenen Sitzen für Rund- und Schauflüge (z. B. das später erwähnte Flugzeug der Firma Richmond, Baumuster Sea Hawk, Abb. 1 bis 4). Fast jedes Verkehrsflugzeug hat einen Fracht- oder Gepäckraum, und es gibt manche Baumuster, die je nach Bedarf in Fracht- oder Verkehrsflugzeuge umgewandelt werden können. Trotzdem kann aber meistens ein Flugzeug einer ganz bestimmten Gattung zugezählt werden, und in den neueren deutschen Bauvorschriften sind z. B. auch die Festigkeitsanforderungen für Fracht- und Verkehrsflugzeuge verschieden.

Die Verkehrsflugzeuge bilden unter diesen Gruppen die beachtenswerteste, weil sie bis jetzt in viel größerer Zahl gebaut und verwendet worden sind als Lastflugzeuge und weil sie im Vergleich zu den Sport- und Reiseflugzeugen eine viel größere Möglichkeit der Unterscheidung hinsichtlich Größe und Bauart bieten. Sie sind deshalb vornehmlich betrachtet.

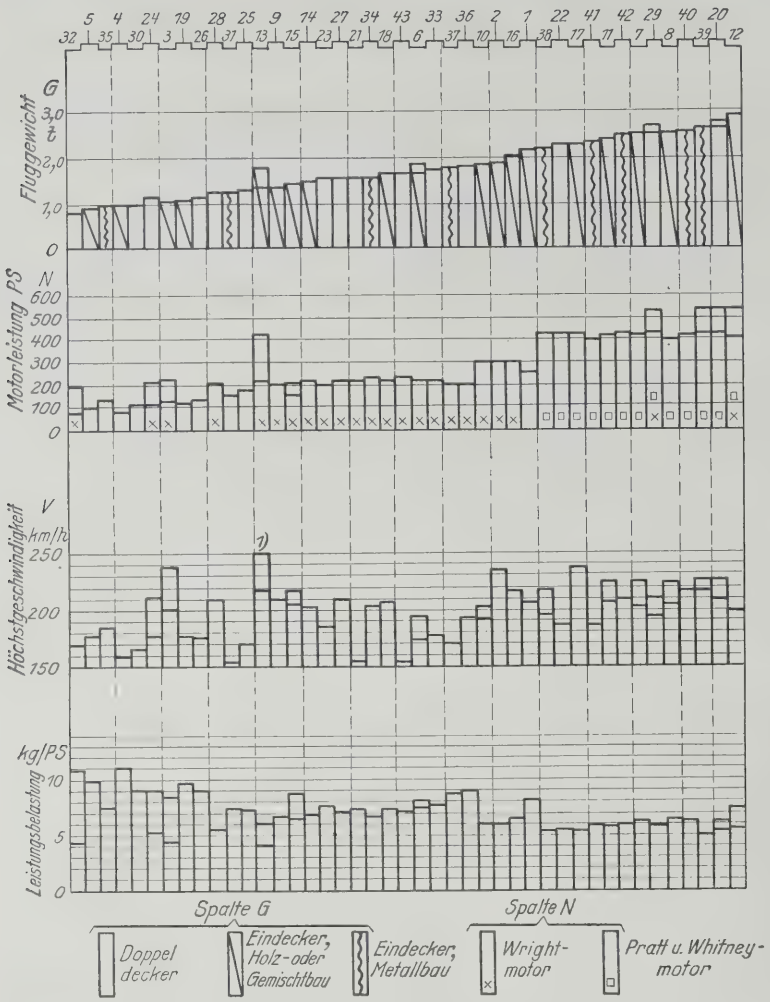



**Abb. 1 bis 4**
Einmotorige Verkehrsflugzeuge (Zahl der Sitze in Klammern).

A. Eindecker in Gemischtbauweise

1. Albatros B 1 . . . . . (8)
2. Bellanca C H 300 . . . . . (6)
3. Cessna, Hochdecker . . . . . (4)
4. Curtiss-Robertson Robin . . . . . (3)
5. Courier, Hochdecker . . . . . (3)
6. Fairchild F C 2, Land und See . . . (3)
7. „ F C 2 W 2. Land und See (5)
8. „ F 71 . . . . . (7)
9. „ F 41 . . . . . (4)
10. Fokker Universal, Land und See . . (4)
11. Fokker Super Universal, Land und See . . . . . (5 bis 6)
12. Fokker F 11 A. Amphibien . . . (6 „ 8)
13. LockheedVega, Air Express, Wasp (4 „ 6)
14. Mahoney-Ryan Brougham . . . . . (5)
15. Stinson Junior . . . . . (4)
16. „ Detroiter . . . . . (6)
17. „ Wasp . . . . . (8)
18. Travel-Air Type 6000 . . . . . (6)
19. Verville Air-Coach . . . . . (4)

B. Doppeldecker in Gemischtbauweise

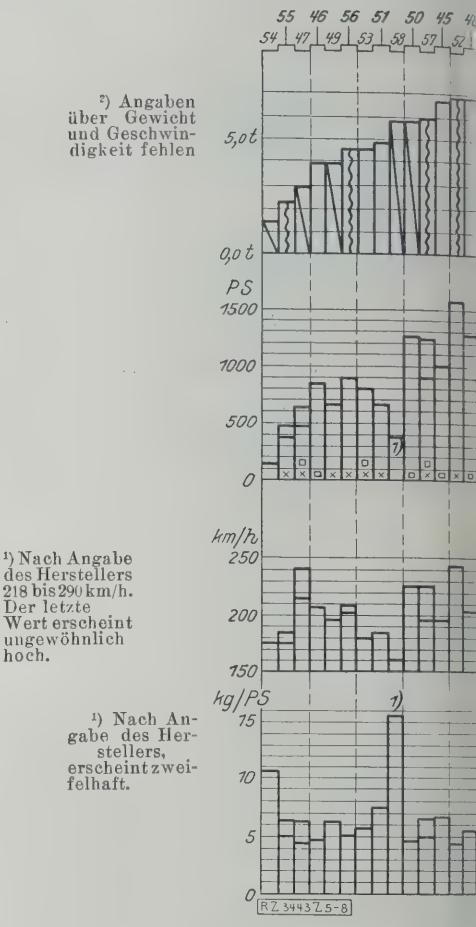
20. Boeing Mailplane 40 A, 40 B, 40 C, 95 . . . . . (2 bis 4)
21. Boeing-Flugboot B 1 D . . . . . (4)
22. „ „ B 1 E . . . . . (6)
23. Buhl Airsedan . . . . . (5)
24. „ Junior-Airsedan, Special-Airsedan . . . . . (3)
25. Gates-Day Standard GD 24 . . . . . (5)
26. Gillis Crusader . . . . . (4)
27. International F 18 Air-Coach . . . . . (6)
28. Laird Whippoorwill . . . . . (4)
29. Keystone-Loening Air-Yacht, Modell 1929 . . . . . (4 bis 8)
30. Paramount Cabinaire . . . . . (4)
31. Richmond Sea-Hawk . . . . . (5)
32. Wallace Touroplane . . . . . (3)
33. Zenith Doppeldecker . . . . . (5)

C. Metalleindecker

34. Federal CM 1 Lone-Eagle . . . . . (5)
35. „ CM 3 . . . . . (3)
36. Hamilton H 19 (Land) . . . . . (6 bis 8)
37. „ H 20 (See) . . . . . (4 „ 6)
38. „ H 21, H 22 (Land u. See) (6 „ 8)
39. Hamilton H 45, H 47 . . . . . (8)
40. Halpin Flamingo . . . . . (6 bis 8)
41. Prudden SE 1 . . . . . (8)
42. Thaden Eindecker . . . . . (8)

D. Doppeldecker überwiegend aus Metall

43. Ireland Neptune . . . . . (5)




[2]) Angaben über Gewicht und Geschwindigkeit fehlen

[1]) Nach Angabe des Herstellers 218 bis 290 km/h. Der letzte Wert erscheint ungewöhnlich hoch.

[1]) Nach Angabe des Herstellers, erscheint zweifelhaft.

**Abb. 5 bis 8**
Mehrmotorige Verkehrsflugzeuge (Zahl der Sitze in Klammern).

A. Zweimotorige Flugzeuge

44. Chapman Airliner, Konstruktion Burnelli .
45. Sikorsky S 37 . . . . . .
46. „ S 38 . . . . . .

B. Dreimotorige Flugzeuge

47. Bach Air-Yacht . . . . . (6 b
48. Boeing Type 80 . . . . . .
49. Fokker F 7 . . . . . .
50. „ F 10 A . . . . . .
51. Keystone Pathfinder . . . . . .
52. „ Patrician . . . . . .
53. „ Sign-Carrier . . . . . .
54. Kreutzer Air-Coach . . . . . .
55. Prudden TM 1, Super TM 1 . . . . . .
56. Stout 4 ATE . . . . . .
57. „ 5 AT-B, 6 AT . . . . . .
58. Zenith Albatros . . . . . .

1. Fluggewicht $G$ in t
2. Motorleistung $N$ in PS
   } als Maßstab für Flugzeuggröße
3. Höchstgeschwindigkeit $V$ in km/h — die für Verkehrszwecke wichtig Leistung.
4. Leistungsbelastung $\frac{G}{N}$ in kg/PS Kennzeichen des Leistungsaufwan

## Neuere Flugzeuge

Der großen Zahl der verschiedenen amerikanischen Verkehrsflugzeuge wegen ist es nicht möglich, alle einzeln zu besprechen. Deshalb sind die neueren Baumuster soweit sie bis Frühjahr 1929 näher bekanntgeworden sind, zunächst in zwei Gruppen, einmotorige und mehrmotorige, getrennt, und listenmäßig, Abb. 1 bis 8, derart aufgezählt worden, daß sich daraus bereits eine Übersicht über die wichtigsten Bauarten ergibt. Für beide Gruppen sind die technisch wichtigsten Kennzeichen graphisch dargestellt, Abb. 1 bis 8, und zwar

Dabei sind verschiedene wenig voneinander weichende Ausführungen, z. B. durch Ausrüstung verschiedenen Motoren oder durch Auswechslung Fahrgestellen gegen Schwimmer zur Verwendung See oder Land, als ein Baumuster betrachtet und un einer Nummer zusammengefaßt, so lange nicht sonst Änderungen der Konstruktionszahlen — Spannweite o Flächengröße — damit verbunden sind. Daher rüh die Spannen in den Gewichts- und Leistungsangal einiger Baumuster. Bei den Angaben über Motoren zu beachten, daß es oft möglich ist, neben den auf

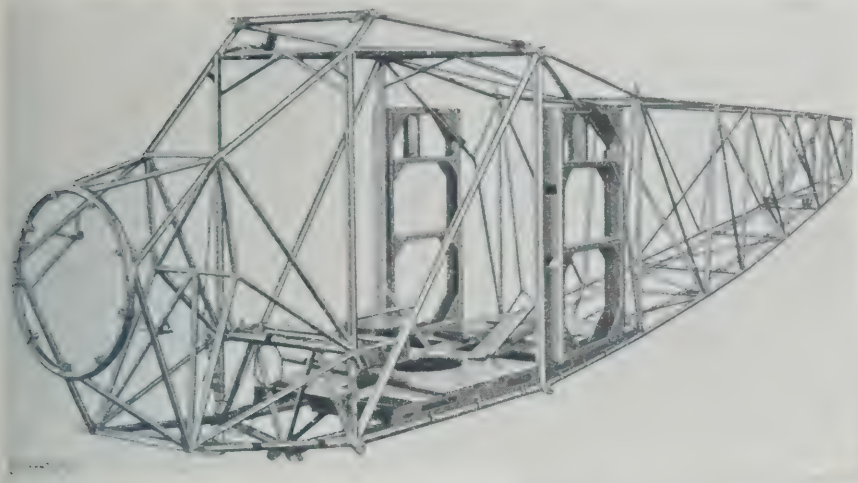


Abb. 9 und 10
Fairchild F 71
Seitenansicht und Rumpfgerüst

| | | Land | See |
|---|---|---|---|
| Leergewicht | kg | 1360 | 1515 |
| Vollgewicht | " | 2490 | 2490 |
| Höchstgeschwindigkeit | km | 222 | 206 |
| Spannweite | m | 15,2 | 15,2 |

Fluggasträume:
Länge 2,75 m, Breite 0,96 m, Höhe 1,37 m

führten Wright- oder Pratt & Whitney-Motoren noch andre einzubauen.

Die Zusammenstellung zeigt gegenüber den neueren Bauten der deutschen Flugzeugindustrie erhebliche Unterschiede. Die Zahl der kleineren und mittleren Verkehrsflugzeuge ist sehr groß. Unter den einmotorigen Flugzeugen sind zwischen 1000 bis 3000 kg Fluggewicht alle Größen gleichmäßig vertreten. Die deutschen einmotorigen Verkehrsflugzeuge dagegen liegen meistens — von Messerschmitt M 18 abgesehen — an der oberen Grenze dieses Bereiches oder sogar darüber. Weiter ist in Amerika der Begriff des mehrmotorigen Flugzeuges durchaus nicht mit dem des Großflugzeuges gleichbedeutend. Es gibt mehrmotorige Ausführungen mit verhältnismäßig sehr geringen Abmessungen. Aber auch die größeren mehrmotorigen Flugzeuge sind kleiner als die deutschen. Die Größenverhältnisse der Rohrbach Romar (19,5 t Fluggewicht), des Dornier Superwal, der Junkers G 24 — von der Junkers J 38 und dem Dornier Do X nicht zu sprechen — werden nicht erreicht. Zur Zeit sind allerdings auch in Amerika größere Flugzeuge, z. B. ein Fokker-Flugzeug für 32 Personen, im Bau. Das ändert aber nichts daran, daß bei gleichaltrigen Flugzeug-Baumustern Deutschland in der Vergrößerung der Flugzeuge rascher vorangegangen ist als Amerika.

### Einzelne Baumuster[1])

Bei den abgestrebten Hochdeckern, Baumuster F 71, der Fairchild Airplane Corp, Abb. 9, sind die Flügel aus Holz hergestellt und mit Stoff bespannt. Die Holme sind Kastenholme mit beiderseitigen Sperrholzstegen. Stirndruck und Verdrehungsmomente werden durch doppelt geführte Innenverspannung aufgenommen; der Rippenabstand beträgt etwa 275 bis 280 mm. Die Querruder sind aus geschweißtem Stahlrohr hergestellt; jedes Ruder ist auf vier selbsteinstellbaren Kugellagern gelagert. Der Flügel ist durch V-förmig gelegte Rohre mit Tropfenquerschnitt versteift.

Der gesamte Flügel ist klappbar; dazu kann das Hinterende des Flügels hinter dem Hinterholm zwischen Querruder und Rumpf für sich hochgeklappt werden, dann wird der Flügel um die Anschlußpunkte des Hinterholmes nach dem Rumpfe zu umgeklappt; ähnlich wie es bei kleinen Flugzeugen öfter vorgesehen wird. Dadurch wird der Raum, den das Flugzeug beim Unterstellen, bei der Beförderung am Boden gebraucht, außerordentlich vermindert. In einem Fall z. B. wurde ein leichtbeschädigtes Flugzeug durch den Hudsontunnel, quer durch New York, über die Queensboro-Brücke nach der Werkstatt geschleppt.

Das Fahrwerk hat geteilte Achse, Ölstoßdämpfer mit Federn, der gesamte Federweg beträgt 200 mm. Die Radbremse wird vom Fußhebel aus betätigt. Der Sporn ist gleichzeitig Spornkufe und Spornrad; ein breiter Stahlschuh trägt ein kleines Stahlrad; bei weichem Boden muß der breite Schuh die Last tragen, auf festem Boden wird die Last vollständig vom Rad aufgenommen. Zur Stoßfederung im Sporn dient Druckgummi.

Das Leitwerk ist aus geschweißten Stahlrohren hergestellt; Höhen- und Seitensteuer haben Ausgleichflächen. Die Seitenflosse ist am Boden, die Höhenflosse im Flug verstellbar. Die Seitenflosse hat man durch Drähte nach der Höhenflosse, die Höhenflosse durch Streben nach dem Rumpf abgestützt; dabei ist Vorder- und Hinterholm abgestützt, bei Verstellung der Flosse werden die unteren Enden der Vorderholmstreben am Rumpf mitbewegt.

Der Rumpf ist aus Stahlrohr zusammengeschweißt, Abb. 10. Vorn im Rumpf sind ein Führersitz, dahinter je zwei Sitze für Fluggäste nebeneinander, dahinter der Gepäckraum angeordnet; Türen zur Fluggastkabine sind an beiden Seiten, eine besondere Tür zum Führersitz an der Steuerbordwand eingebaut. Das Triebwerk bildet ein luftgekühlter 425 PS-Motor, Pratt & Whitney, Baumuster Wasp. Die Duraluminschraube hat veränderliche Steigung. Die Brennstoffbehälter, dreigeteilt, liegen im Mittelstück und Außenflügel; die Behälter im Flügel sind mit dem Mittelstück durch biegsame Metallrohre verbunden, die beim Klappen des Flügels nicht getrennt zu werden brauchen.

Zur Verwendung als Wasserflugzeug hat man in sämtliche Flugzeuge des Baumuster F 71 Anschlußstücke für Schwimmer eingebaut. Die Schwimmer können von zwei Mann in etwa einem halben Tag angebaut werden.

Eine ähnliche Bauweise wie die Verkehrsflugzeuge der Fairchild Airplane Corp. zeigt die Reihe der Stinson-Flugzeuge, und zwar Baumuster Junior, Detroiter und Wasp. Auch sie sind abgestrebte Hochdecker, allerdings nicht klappbar, mit zwei Streben unter Vorder- und Hinterholm, haben Holzholme, jedoch mit gepreßten Metallrippen und Stoffbespannung, weiter Stahlrohrrumpf, Spornrad, am Fahrgestell Radbremse. Als Triebwerk sind die Motoren Wright Whirlwind, Curtiss Challenger oder Pratt & Whitney Wasp eingebaut.

Fast dieselbe Bauweise hat Bellanca C H 300, Abb. 11. Auch hier findet man wieder Holzholme, Stahlrohrrippen, Metallpropeller, Radbremsen.

Doppeldecker werden in mehreren Ausführungen von der Boeing Airplane Co. gebaut. Ein Beispiel aus der Reihe der Post- und Verkehrsflugzeuge, Baumuster 40 B 4 zeigt Abb. 12. Das Flugzeug ist ein verspannter Doppeldecker mit gleicher Spannweite oben und unten, Strebenabstützung mit zwei Stielen. Holme und

[1]) Für die Überlassung der Abbildungen und Angaben sei den amerikanischen Flugzeugfirmen an dieser Stelle nochmals bestens gedankt.

Rippen sind aus Holz, die Flügelbespannung aus Stoff, die Flügelnase ist mit Sperrholz beplankt. Das Fahrgestell hat gekreuzte Achse; das Rumpfgerüst ist aus Stahlrohr, die Verkleidung aus Stoff, im Bereich der Kabine aus Duralblech hergestellt. Fluggast- und Frachtraum liegen vor dem Führersitz — und zwar zunächst hinter dem Triebwerk ein Gepäckraum von 0,7 m³, dahinter der Fluggastraum; dieser ist für zwei oder vier Fluggäste eingerichtet. Hat er nur zwei Sitze, kommt hinter dem Fluggastraum noch ein weiterer Frachtraum von 1,05 m³, bei vier Sitzen fällt dieser weg. Bei einigen Ausführungen liegt zwischen Fluggastraum und vorderem Frachtraum noch ein kleiner Gepäckraum. Hinter sämtlichen Nutzräumen befindet sich der Führersitz.

Eine sehr große Verbreitung haben die Fokker-Flugzeuge gefunden. Das bisher größte ist der Fokker-Supertrimotor, Abb. 13 bis 15, ausgerüstet mit drei Pratt & Whitney-Wasp-Motoren, für 12 bis 14 Fluggäste, einem Fluggewicht von 5925 kg und einer Geschwindigkeit von rd. 225 km/h. Auch für diese Großkonstruktion ist *Fokker* von der Bauweise seiner früheren kleineren Baumuster Universal, Superuniversal und Trimotor nicht abgegangen; nach wie vor verwendet er Holzflügel mit Stahlrohrrumpf. Einen Einblick in die Anordnung des Führerraums zeigt Abb. 14. Den Holzflügel hat Fokker bis jetzt auch da noch beibehalten, wo er von der üblichen Rumpfbauart abweichen mußte, z. B. dem Fokker F 11 A, Amphibium, einem sechs- bis achtsitzigen Flugboot von 2900 kg, Abb. 16. Hier verwendet er ein gekieltes Duralboot. Bemerkenswert ist die Triebwerkanordnung, hochliegender Motor über dem Flügel mit Druckschraube, so daß kein Widerstand im Schraubenstrahl liegt, und ein hoher Schraubenwirkungsgrad erreicht werden kann. Die Metallschraube ist dreiflügelig; die Achsen des Fahrgestells sind hohl und wasserdicht und dienen als Bootsstummel, beim Hochziehen legt sich das Rad in den Stummel hinein.

Die gleiche günstige Triebwerkanordnung mit Druckschraube hat Boeing in einem Flugboot, Abb. 17, übernommen. Es hat ein Fluggewicht von 2260 kg, und mit Pratt & Whitney-Wasp-Motor ausgerüstet eine Geschwindigkeit von 185 km/h. In dem Fluggastraum ist Platz für fünf Personen und einen Führer. Die Abmessungen der Kabine betragen: 1,32 m Breite, 1,27 m Höhe, 2,8 m Länge.

Eine der bekanntesten Metallbauweisen Amerikas, das dreimotorige Flugzeug der Stout Metal Airplane Co. (Ford), Titelbild und Abb. 18, ist der Junkers-Bauweise ähnlich, jedoch nicht gleich. Der Flügel ist freitragend und vollständig mit 0,3 mm dickem Wellblech beplankt. Der Rumpf ist ebenfalls aus Leichtmetall mit Wellblechhaut hergestellt. Der Grundriß des Flügels ist trapezförmig. Die Holmhöhe nimmt von innen nach außen im Verhältnis 4,3 zu 1 ab. Der ganze Flügel ist dreiteilig; die Motoren sind am Mittelteil angehängt; das Flügeltragwerk ist dreiholmig. Die Holme sind aus Profilen mit Knotenblechen zusammengenietet. Die Außenflügel werden mittels Bolzenverbindung angeschlossen. Der Fluggastraum hat zwei Reihen von Sesseln. Bei den neuesten Baumustern 5 T B und 6 A T b trägt das Fluggewicht 6000 kg, die Motorleistun 3 × 300 PS oder 3 × 410 PS, die Geschwindigkeit 196 b 225 km/h, die Spannweite 23,7 m; die Kabinen haben 5,7 Länge, 1,37 m Breite, 1,83 m Höhe.

### Vorherrschende Richtungen

Ein Blick über die aufgeführten und besprochene Flugzeuge läßt den beherrschenden Einfluß einig grundlegender Richtlinien und Gedanken im amerikan schen Flugzeubau erkennen.

Der luftgekühlte Motor hat im Wettbewe mit dem wassergekühlten restlos den Sieg davongetr gen. Unter den sämtlichen 58 Baumustern der Zusa menstellung, Abb. 1 bis 8, sind lediglich vier mit wasserg kühlten Motoren ausgerüstet (mit Hispano Suiza, od Curtiss OH-5, C-6, oder Conqueror), alle übrigen ve wenden Luftkühlung. Unter den luftgekühlten Motor stehen wiederum an erster Stelle die Erzeugnisse d Firmen Wright und Pratt & Whitney; danach komm die Ryan-Siemens-Motoren. Die Entscheidung zwisch ihnen ist in erster Linie durch die Größe des zu erbaue den Flugzeuges bestimmt, da die verschiedenen Motor in ihren Leistungen stark abgestuft sind. Der Wrigl Whirlwind leistet mit 5 bis 9 Zylindern 165 bis 300 P Wright Cyclone 525 PS, Pratt & Whitney Wasp 400 b 425 und Hornet 500 bis 525 PS (alle mit 9 Zylindern Für kleinere Flugzeuge kommen also die Wright Whi wind-Motoren in Frage, für größere Wasp- und Horn Motoren von Pratt & Whitney. Der Einbau der luftgekü ten Motoren vermindert die Baugewichte erheblich; für d praktisch in Frage kommenden Strecken wird dies Gewichtsvorteil auch nicht durch den im allgemein größeren Brennstoffverbrauch des luftgekühlten Moto ausgeglichen.

Nicht so einheitlich wie die Auswahl der Motore gattungen ist die Auswahl der B a u f o r m e n. Der Ei decker ist zwar im Vordringen, aber der Doppeldeck hat das Schicksal des wassergekühlten Motors nicht g teilt, er ist nicht verdrängt, sondern wird in zahlreich Mustern ausgeführt. Allerdings haben in letzter Z nicht nur neuere Firmen den Eindecker aufgenomme sondern manche Hersteller sind vom Doppeldecker zu Eindecker übergegangen. Die Keystone Aircraft Co z. B. schuf zuerst den dreimotorigen Kabinendopp decker Pathfinder für 10 Fluggäste. Das neuste dr motorige Flugzeug dieser Gesellschaft Patrician ist d gegen ein Eindecker. Eindecker bedeutet aber ste Hochdecker, — die Junkers-Form hat keine Gefolgsch gefunden (wenigstens nicht für Verkehrsflugzeuge, unt den kleineren zweisitzigen Flugzeugen gibt es mehre Tiefdecker). Mit den deutschen Auffassungen über d Vorteile des Eindeckers — geringerer Widerstand, g ringere Spannweitenbelastung —. scheint sich also ei gewisse Übereinstimmung anzubahnen.

Abb. 11 (oben). Bellanca C H 300.

Abb. 12
Boeing-Post- und Fluggast-Doppeldecker, Baumuster 40 B 4.

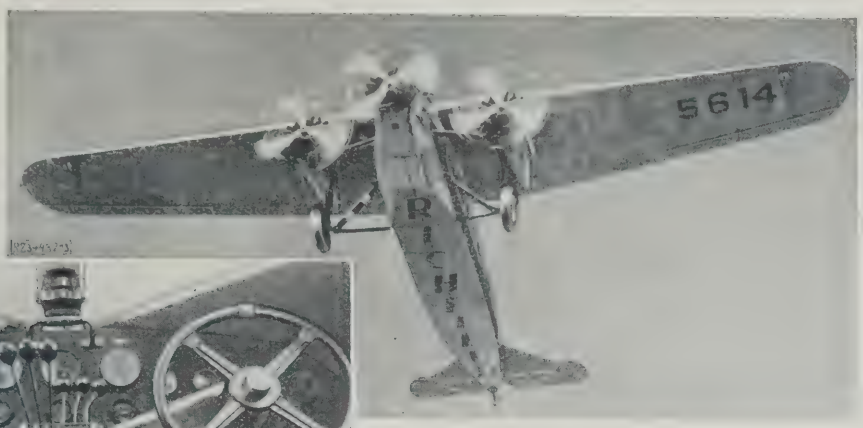



**Abb. 13**
Fokker-Supertrimotor F 10.

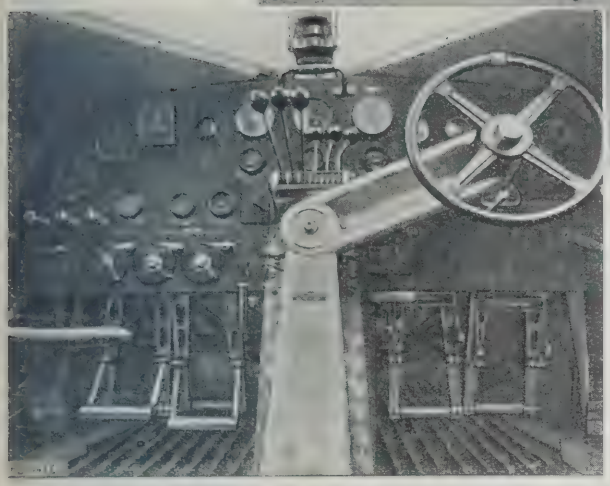


**Abb. 14.** Führerraum des Fokker-Supertrimotor.
Für die Ablösung der Flugzeugführer ist das Höhen- und Querruder schwenkbar angeordnet.

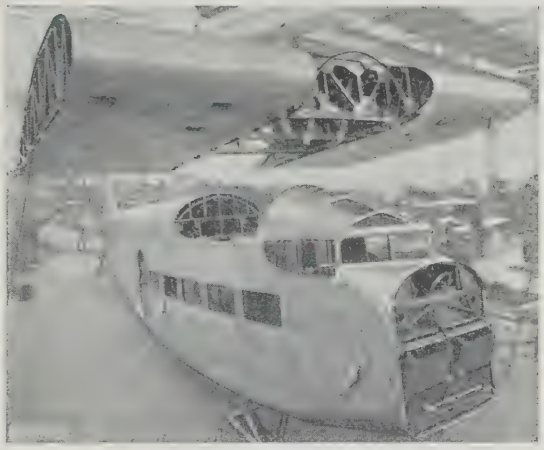


**Abb. 15.** Rumpf des Fokkerflugzeuges F 10.

**Abb. 18**
Zusammenbau eines Stout-Flugzeuges.
Das fertige dreimotorige Flugzeug zeigt das Titelbild S. 1603.

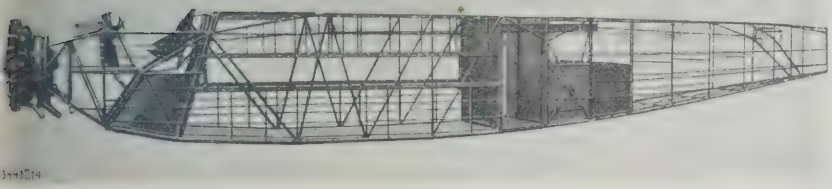


**Abb. 16**
Fokker F 11, Amphibium.

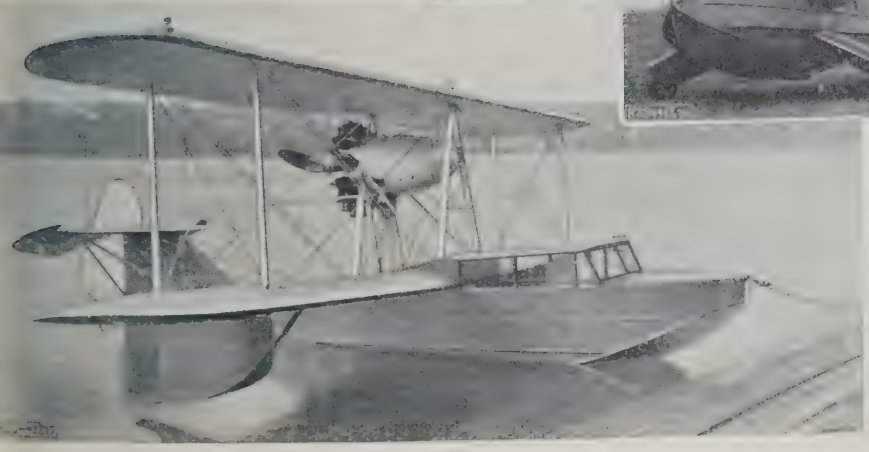


**Abb. 17**
Boeing-Flugboot B 1 E.

Die deutsche Hochschätzung des reinen Duralumin-baues mit Metallbeplankung zeigt dagegen bis heute wenig Anhänger. Man scheut sich zwar nicht vor dem Leichtmetallbau; die Flugzeuge von Stout und Hamilton sind nicht die einzigen Beispiele gelungener Metallbauten; trotzdem tritt das Duralumin zurück, und die größte Rolle spielt der Gemischtbau aus Holz und Stahlrohr. Begünstigt wird er durch die Liefermöglichkeit hochwertiger, schweißbarer Stahlrohre aus Chrom-Molybdän-Stahl. Bezeichnet als Stahl 4130 hat er mit 1 vH Nickel und 0,3 vH Kohlenstoff eine Zugfestigkeit von 63 kg/mm². Diese Rohre werden für Leitwerke, Motoreinbauten, Streben, Stiele, vor allem für Rümpfe weitgehend verwendet. Der Rumpf aus geschweißtem Chrom-Molybdän-Stahlrohr ist der meistgebrauchte Rumpf des amerikanischen Verkehrsflugzeuges vom Dreisitzer bis zum Fokker-Supertrimotor. Sogar in Verbindung mit Duraluminflügeln wird er angewendet.

Aber nicht nur Rumpf und Flügel, auch die einzelnen Teile des Flügels selbst werden oft aus verschiedenem Werkstoff ausgeführt. Holz und Metallteile werden auch da nebeneinandergesetzt, wo Einheitlichkeit möglich wäre, z. B. wird auf einen Holzflügel nicht eine Sperrholznase, sondern eine Aluminiumnase aufgesetzt. Sehr oft werden Holzholme mit Leichtmetallrippen verbunden. Dies geschieht wohl aus wirtschaftlichen Gründen, da die Rippen in diesem Fall gepreßt werden können.

Diese Abstufung des Werkstoffes bildet ein Kennzeichen des amerikanischen Flugzeugbaues, besonders bei den kleinen und mittleren Verkehrsflugzeugen; bei den mehrmotorigen Großflugzeugen ist der Anteil Metallkonstruktionen größer. Auch da, wo man n Ganzmetallbau strebt, beschränkt man sich indes nicht auf das Duralumin als Werkstoff; z. B. verwe seit langem die Federal Aircraft Corp. nicht nur den Rumpf, sondern auch für den Flügel Stahlrol Holme und Rippen sind aus Chrom-Molybdän-Stahlroh zusammengeschweißte Fachwerkträger.

Aus allem Vorstehendem ergibt sich eine auf ordentlich rege, vielseitige und fortschrittliche Tätig im amerikanischen Verkehrsflugzeugbau; denn fast aufgeführten Flugzeug-Baumuster sind Schöpfungen letzten Zeit. Selbstverständlich ist diese rege Arbeit durch bedingt, daß in den letzten zwei Jahren die gr Umstellung in der amerikanischen Luftfahrt von Postdienst und Gelegenheitsverkehr auf den Flugg verkehr erfolgte[2]). Es ist wohl möglich, daß in nächsten Jahren ein langsameres Zeitmaß in der Schaff neuer Baumuster eintreten wird, nachdem eine gew Sättigung des Marktes erreicht ist. Auch wenn dies Fall sein sollte, wird damit aber die Entwicklung se nicht ruhen, sondern höchstens ihre Richtung änd Die diesjährige Luftfahrtausstellung in Detroit ze z. B. gegenüber der vorjährigen eine Zunahme in Zahl der ausgestellten zweisitzigen Flugzeuge von auf 32. Die in den letzten Jahren geweckte starke teilnahme des Publikums, wie auch finanzkräft Kreise, wird mitwirken, die erreichte Grundlage ra zu verbreitern. [B 344

[2]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 17 S. 593.

## Holzprüfung

*Fachsitzung gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Königsberg 1929.*

Die Fachsitzung, unter dem Vorsitz von Prof. *Graf*, Stuttgart, behandelte ein wichtiges Teilgebiet der „Lehrschau Holz", Königsberg 1929[1]): die Eigenschaften des Holzes und ihre Prüfung. Prof. *Schwalbe*, Eberswalde, sprach über

**die chemischen und physikalisch-chemischen Eigenschaften des Holzes.**

Hierzu gehören: Widerstandfähigkeit gegen chemische Agentien und gegen Einwirkung der Atmosphärilien, Adsorption, Quellung, Diffusion, Benetzbarkeit usw. Der Vortrag ist in Heft 42 S. 1521 dieser Zeitschrift veröffentlicht.

Die Aussprache diente zur Klärung der Fragen über die Einflüsse hoher Temperatur und des Flößens, über Färbung des Holzes durch Salzzusätze, über Schutz gegen Insekten durch Verwendung von Giftgas und über Frierwirkung.

Hieran schloß sich ein Vortrag von Prof. *Graf*, Stuttgart, über

**die Festigkeitseigenschaften des Holzes und ihre Prüfung**[2]).

Ausgehend von der Verschiedenheit der Hölzer, bedingt durch Klima, Bodenverhältnisse, Wachstumverhältnisse usw., berichtete *Graf* über den Einfluß der äußeren Eigenschaften auf die Festigkeit. Zug- und Biegefestigkeit werden durch Äste stark, Druckfestigkeit dagegen weniger stark vermindert. Je nach der praktischen Verwendung müssen daher Prüfverfahren für ästige und astfreie Proben entwickelt werden. Nach Alter des Stammes und Lage der Proben im Stamm sind die Festigkeitswerte verschieden. Ein großer Anteil des Spätholzes entspricht größeren Festigkeitswerten. Jedoch ist die Ermittlung der Festigkeit aus dem Raumgewicht, das dem Spätholzanteil entspricht, sehr ungenau.

Der Feuchtigkeitsgehalt muß zu allen Festigkeitswerten angegeben werden, da gerade im lufttrockenen Gebiet (10 bis 20 vH Feuchtigkeitsgehalt) besonders die Biege- und Druckfestigkeit, in geringerem Maße die übrigen Festigkeitswerte, mit steigendem Feuchtigkeitsgehalt abnehmen. Von einer Behandlung der allgemein bekannten Zug-, Biege- und Druckversuche sah der Vortragende ab. Über Verdrehu festigkeit wurden in der Technischen Hochschule Münc Versuche angestellt. Die Kugeldruckprobe (Brinellpr wurde eingeführt, jedoch sind die Ergebnisse der Vers noch nicht ausreichend zur Empfehlung allgemeiner wendung. Zur Ermittlung des für manche Zwecke w vollen Elastizitätsmoduls wurde die in der Material fungsanstalt Stuttgart benutzte Vorrichtung erwähnt. Bestimmung der Dauerfestigkeit des Holzes wurden in S gart und im Ausland Versuche mit einzelnen Holza durchgeführt. Durch besondre Behandlung, Kochen, Dä fen und Stauchen, kann die Formbarkeit des Holzes er werden (Patentbiegeholz).

Die Scherfestigkeit wird zweischnittig an besond Proben untersucht. Zur Ermittlung der Knickfestig dienen schlanke, astfreie, geradfaserige, gleichmäßige Pr stäbe, die an ihren Enden kugelig gelagert sind. Die nutzbarkeit wird mittels des Sandstrahles ermittelt steigt im allgemeinen mit dem Raumgewicht. Die R der Fasern der angegriffenen Fläche beeinflußt stark Ergebnis. Die Schlagbiegeversuche, ausgeführt mit Pendelschlagwerk an Proben mit 250 mm Auflageren nung, geben Aufschluß über die Brauchbarkeit des Ho für Geräte usw. Bei der praktischen Verwendung der zer ist die Kenntnis des Schwindens und Quellens großer Wichtigkeit. Im allgemeinen fällt das Schwi um so größer aus, je schwerer die Hölzer sind.

*Graf* schloß mit einer Aufforderung zur Gemeinsch arbeit von Ingenieur und Forstmann.

In der Aussprache wurde die Forderung nach eng Zusammenarbeit von Ingenieur und Forstmann noch be ders betont und die Notwendigkeit der Aufstellung Prüfverfahren für Holz hinsichtlich richtiger Bewertung einzelnen Holzarten auf dem Markt und in bezug auf Sc fung von Konstruktionsunterlagen für dringend notwe erachtet. Im besonderen wurde als Mangel empfunden. bisher nur wenig Versuche zur Ermittlung der Lebensd von Holzschwellen, die zum großen Teil eingeführt we müssen, angestellt wurden. Betreffs der bei der Auf lung von Prüfverfahren einzuschlagenden Richtung w beschlossen, von der Durchforschung der Konstrukti elemente ausgehend die Methodik der Prüfung zu wickeln. Die bisher benutzten Prüfverfahren entspre zum Teil dieser Forderung und bedürfen nur noch ein Ergänzungen, um in die Praxis eingeführt zu werden. [N 3649]

[1]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 31 S. 1085.
[2]) Veröffentlicht in „Maschinenbau" Bd. 8 (1929) Nr. 19 S. 641.

# Der Einfluß von Poren auf die Festigkeit von Spritzguß

*Von L. FROMMER, W. KUNTZE und G. SACHS*

*Mitteilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt und den Kaiser Wilhelm-Instituten für physikalische Chemie und für Metallforschung*

*Röntgenographischer Nachweis von Poren im Aluminiumspritzguß. — Zerreißversuche bei künstlicher Verlegung der Bruchstelle an porige oder gesunde Stellen. — Festigkeitswerte und Porengröße. — Einflüsse der Einspannung und Streuungen stofflicher Art.*

Spritzguß weist gewöhnlich höhere Festigkeitswerte als Sandguß und auch als Kokillenguß aus dem gleichen Werkstoff auf; in manchen Fällen ist diese Steigerung sogar erheblich. In der Praxis begegnet der Anwendung des Spritzgusses jedoch häufig ein gewisses Mißtrauen, da infolge der Besonderheiten des Gießvorganges im Spritzguß[1]) kleine Hohlstellen unvermeidlich sind. Auf der Anwesenheit von solchen Poren wird oft eine starke festigkeitsmindernde Kerbwirkung infolge ungleichmäßiger Spannungsverteilung[2]), auch bei der für Abnahme in erster Linie in Frage kommenden Zugbeanspruchung zugeschrieben, die wesentlich über den Einfluß des unmittelbaren Querschnittverlustes hinausgehen soll. Indessen wurde bei neueren Kerbversuchen eine Beeinträchtigung der Zugfestigkeit durch Kerben nicht festgestellt[3]). Der Zweck der vorliegenden kleinen Untersuchung ist es, den Einfluß von Poren auf die Zugfestigkeit von Spritzguß festzustellen.

### Nachweis von Poren durch Röntgenstrahlen

Eine eindeutige Feststellung des Poreneinflusses bei unseren Untersuchungen wird besonders dadurch erschwert, daß die Festigkeiten von gleichartigen Spritzgußproben erhebliche Streuungen aufweisen. Bei Heranziehung von Röntgenaufnahmen und passender Ausgestaltung der Festigkeitsprüfung kann jedoch, wie im folgenden gezeigt wird, das gesuchte Ziel in verhältnismäßig einfacher Weise erreicht werden.

Die Anwendung von Röntgenstrahlen zum Nachweis von Fehlstellen in Schweißungen und Güssen ist heute, wie zahlreiche Untersuchungen gezeigt haben, ein praktisch brauchbares Hilfsmittel der Werkstoffprüfung. Der zahlenmäßigen Beurteilung des Einflusses unvermeidbarer Undichtheiten stehen jedoch noch erhebliche Schwierigkeiten entgegen, die darin begründet sind, daß sich die Größe von Hohlstellen oder Fremdkörpern meist schwer abschätzen läßt, so daß der Einfluß von Löchern und Kerben auf die Festigkeitskennziffern nicht ohne weiteres angebbar ist. Einen ersten Schritt in dieser Richtung hat *N. Lefring*[4]) im Kaiser Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem, unternommen, indem er die bei Lichtbogenschweißungen unter verschiedenen elektrischen Bedingungen auftretenden Bindungsfehler und Gasporen röntgenographisch festgestellt und ihre Auswirkung auf die Festigkeitseigenschaften größenmäßig verfolgt hat.

Bei unsern Untersuchungen konnten wir die Hohlstellen durch Röntgenaufnahmen (Aufnahmebedingungen: 200 kV effektive Spannung bei 500 Hertz, 5 mA, 5 min, Abstand Platte–Antikathode 750 mm — durch Umkopieren auf matte und harten Abzug kann man die Kontraste der Röntgenaufnahmen wesentlich steigern) sehr genau nachweisen und ihre Größe abschätzen. Abb. 1 bis 3. Inzwischen eröffnete sich die Möglichkeit, den Bruch durch allmähliche Verjüngung der Probestäbe nach Wunsch an einer porösen oder einer dichten Stelle auftreten zu lassen, wenn man den engsten Querschnitt an eine solche Stelle legte.

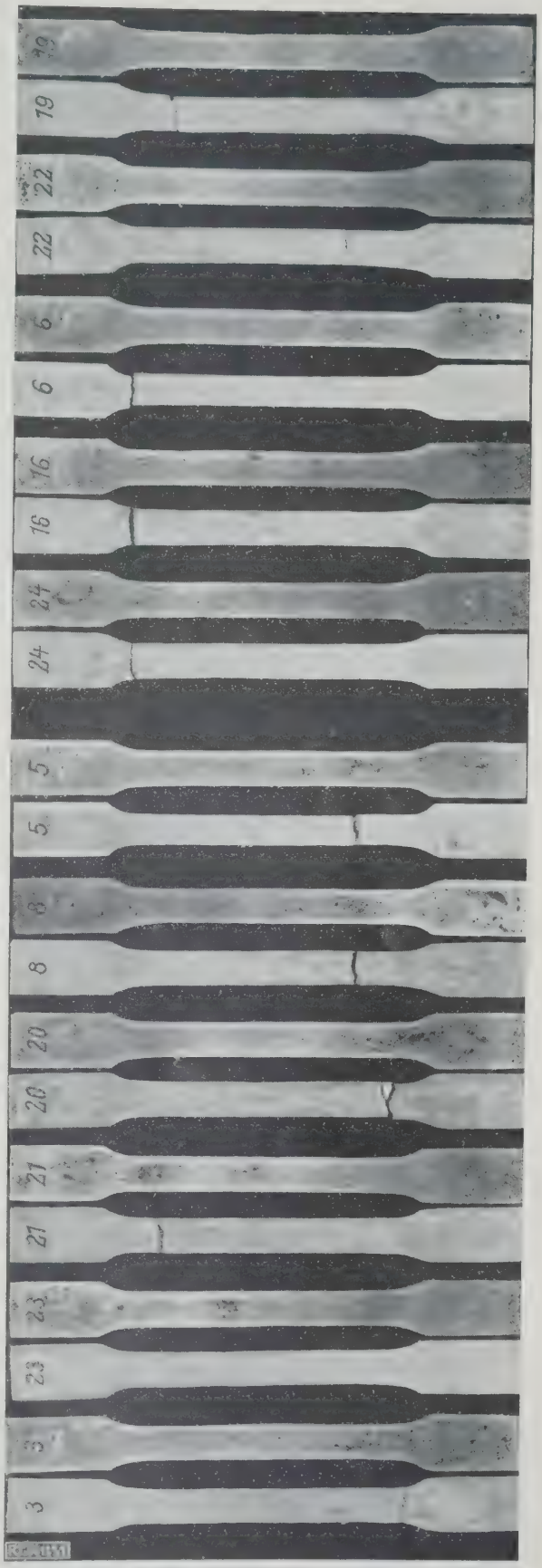



Abb. 1. Röntgenaufnahmen und Bruchbilder von Zugstäben aus Aluminiumspritzguß.

Stäbe 5 und 6 (DC. Zahlentafel 1) in Stabmitte schwach verjüngt. Gußstücke mit solchen Hohlstellen wie z. B. 8, 20, 21 oder 23 gehören praktisch zum Ausschuß.

[1]) *L. Frommer*, Der Spritzguß, erscheint demnächst bei Julius Springer, Berlin.
[2]) Vergl. *E. Preuß*, Z. Bd. 56 (1912) S. 1349, 1780; Bd. 57 (1913) S. 664.
[3]) *W. Kuntze*, Arch. f. d. Eisenhüttenwesen Bd. 2 (1928) S. 109.
[4]) Erscheint als Forschungsarbeit.

### Vergleichende Prüfung von dichtem und porigem Spritzguß

Zunächst zeigt sich nämlich entsprechend Abb. 1, daß bei einem prismatischen Stab sehr häufig der Einfluß von Stabkopf und Keileinspannung den Bruch an der Übergangstelle vom Stabkopf zum prismatischen Stabteil eintreten läßt. Die in Abb. 1 wiedergegebenen Versuche wurden in der Weise durchgeführt, daß von einer Gruppe durchleuchteter Spritzgußstäbe elf, teils besonders dichte, teils besonders undichte ausgewählt und zerrissen wurden. Zusammenfassend zeigen die Ergebnisse in Zahlentafel 1, daß

1. am Kopf gerissene Stäbe (16, 24, 6) im Mittel 14 vH weniger als frei gerissene Stäbe hielten,
2. unter den frei gerissenen die dichten (19 und 22) im Mittel 9 vH mehr als die undichten (8, 20, 21, 23, 5) hielten.

Der erste Punkt läßt erkennen, wieviel zu der Streuung der Festigkeitswerte der anscheinend ungünstig gestaltete Stabkopf beiträgt, und daß diese Wirkung größer ist als der Einfluß der Undichtigkeiten.

Um den Grad der Herabsetzung der Festigkeit d die Hohlstellen noch weiter zahlenmäßig zu bele wurde eine Anzahl von Spritzgußstäben durch beson Maßnahmen bei der Herstellung mit besonders gr Poren erzeugt, die weit über das Maß des im p tischen Betriebe Unvermeidlichen hinausgehen. Hi wurden die Entlüftungskanäle der Gießform abgesp damit die Luft nicht aus der Form entweichen sollte. der Tat ergab sich dabei entsprechend Abb. 2 Reihe von Stäben mit besonders großen Hohlst Andere fielen allerdings auch jetzt noch, wie Abb. 3 z dicht, und zwar z. T. besonders dicht aus. Dies ist je falls darauf zurückzuführen, daß die Gußform bei de treffenden Güssen aus irgendwelchen Gründen (etwa in von versetzten Gratresten) ein wenig klaffte, wodurc diesen Fällen doch eine besonders gute Entlüftung finden konnte.

Berücksichtigt man nun, daß die in der Ansicht Abb. 2 sehr groß erscheinenden Poren im Quersch Abb. 4, eine längliche Form haben, so macht der ihnen hervorgerufene Verlust an tragendem Quersc schätzungsweise im Höchstfalle etwa 15 vH aus und

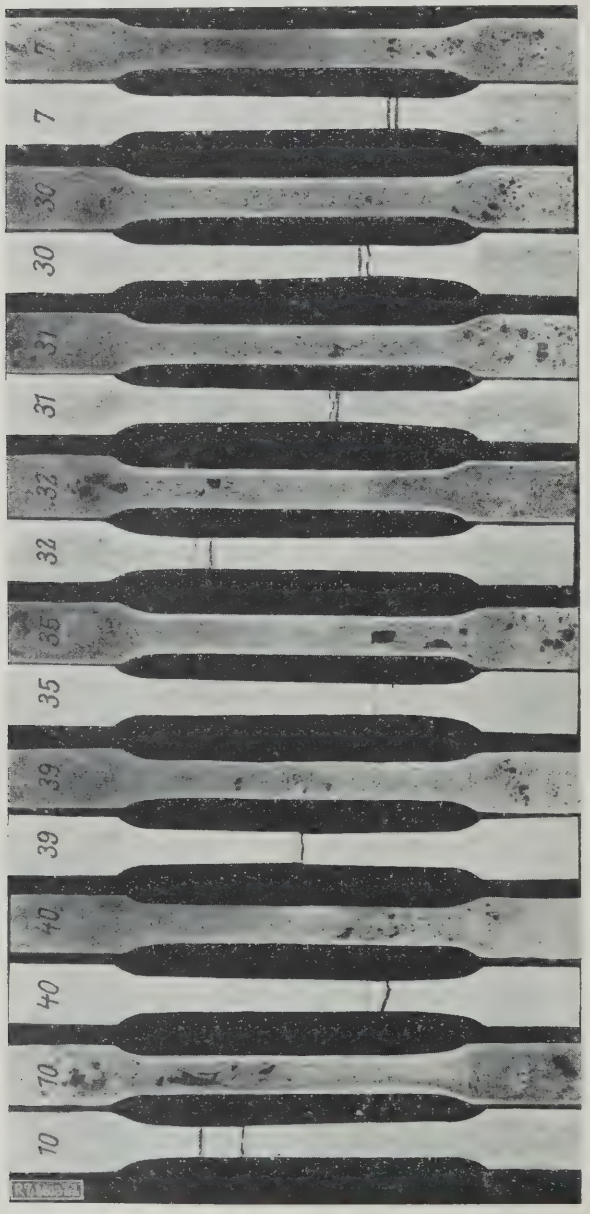



**Abb. 2**
Aluminium-Spritzgußstabe mit besonders großen, durch Absperrung der Formentlüftung erzeugten Poren.

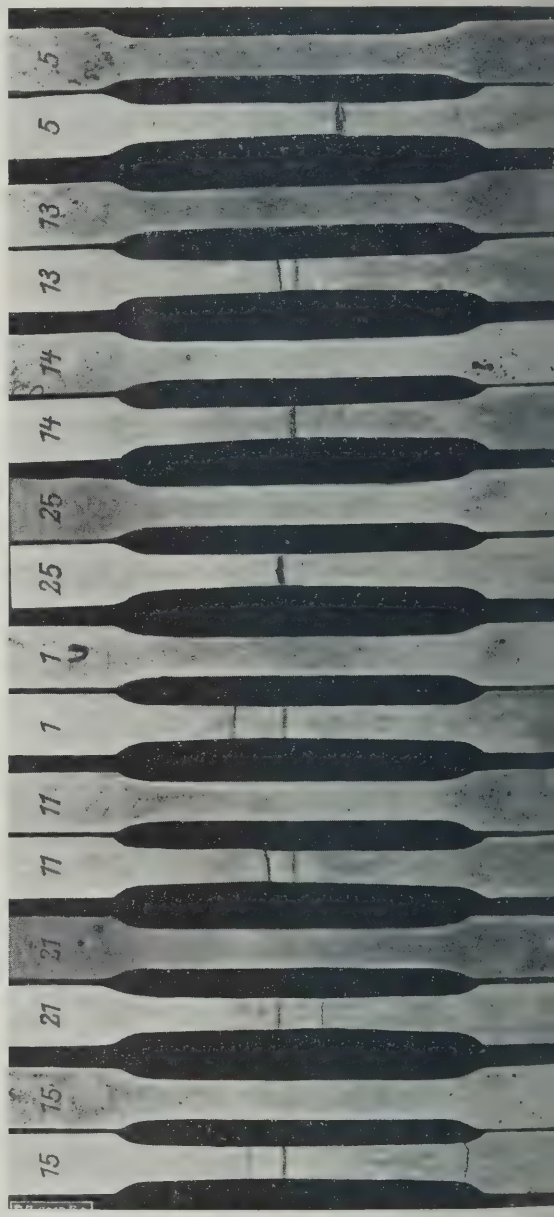



**Abb. 3**
Innerhalb der Zerreißlänge dichte Aluminiumspritzgußstäbe.

(Die Stäbe DCO, Zahlentafel 1, wurden an der mit einem Strich bezeichneten Stelle vor dem Zerreißen von 8 auf 6,5 mm verjüngt.)

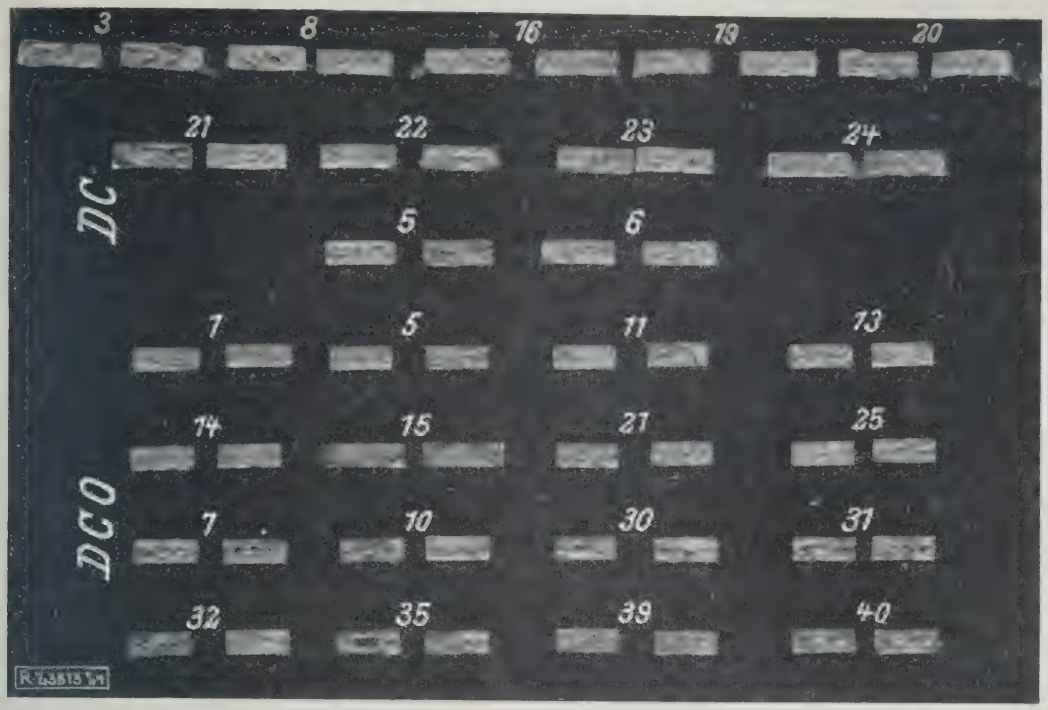



**Abb. 4** Bruchflächen on zerrissenen Aluminium-Spritzguß-stäben.

ei einigen der sieben als porös zer-issenen Stäbe auf rd. 5 vH herunter. m Mittel macht der Querschnitts-erlust durch die Blasen schätzungs-eise 10 vH aus.

Um bei solchen Stäben den Bruch wirklich an der blasigen Stelle zu erhalten, wurde dort die Breite von 8 mm auf 6,5 mm verrin-gert, mit allmählichem keilförmigem Übergang zum Stabkopf (Stäbe 7, 10, 30, 31, 32, 35, 39, 40). Diese engste Stelle ist auf der Ansicht in Abb. 2 mit einem Querstrich kenntlich gemacht. Die Stäbe brachen dann auch tatsächlich in unmittelbarer Nähe der Gußporen. Bei einer Breitenverringerung von 8 auf 7,3 mm bei den Stäben 5 und 6, Abb. 1, war diese Wirkung noch nicht erreicht worden. Einige wei-tere, dicht erscheinende Stäbe (1, 5, 11, 13, 14, 15, 21, 25), Abb. 3, wurden in gleicher Weise meist in der Stabmitte verjüngt. Sie brachen zum kleineren Teil in einiger Entfernung vom kleinsten Quer-schnitt, einer sogar wieder am Stab-kopf. Mit Ausnahme dieses Stabes wurden die Festigkeitswerte nach dem Querschnitt, den der Stab vor dem Versuch an der Stelle des Bruches aufwies, ermittelt.

### Geringe Festigkeitsminderung durch Poren

Nach Zahlentafel 1 ergibt sich nun für den Festigkeitsunterschied der blasigen und der dichten Stäbe rd. 8 vH. Dieser Verlust an Trag-fähigkeit entspricht gut dem reinen Verlust an Querschnitt durch die Blasen, ohne daß eine die Festig-keit noch mehr verringernde Kerb-wirkung, welche der Konstrukteur fürchtet, hinzukäme. Es zeigt sich hier wieder, daß auch bei spröden Werkstoffen die Wirkung von

**Zahlentafel 1.** Ergebnisse der Zugversuche an durch-leuchteten Spritzgußstäben.

| Bezeich-nung der Probe | Zustand | Abmessungen: Dicke $a$ mm | Breite $b$ mm | Quer-schnitt $f$ mm² | Bruch-last kg | Festig-keit kg/mm² | Angaben über die: Bruchlage | Bruch-fläche |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DC 3 | unbearbeitet | 2,63 | 8,12 | 21,4 | 460 | 21,5 | am Kopf gerissen | undicht |
| 8 | | 2,6 | 8,13 | 21,1 | 470 | 22,3 | frei gerissen | |
| 16 | | 2,67 | 8,14 | 21,7 | 410 | 18,9 | am Kopf gerissen | gut dicht |
| 19 | | 2,63 | 8,13 | 21,4 | 520 | 24,3 | | |
| 20 | | 2,69 | 8,18 | 22 | 507 | 23 | | undicht |
| 21 | | 2,7 | 8,16 | 22 | 470 | 21,4 | frei gerissen | |
| 22 | | 2,61 | 8,22 | 21,5 | 500 | 23,3 | | gut dicht |
| 23 | | 2,67 | 8,13 | 21,7 | 460 | 21,2 | | undicht |
| 24 | | 2,65 | 8,16 | 21,6 | 442 | 20,5 | am Kopf gerissen | gut dicht |
| DC 5 | Querschnitt schwach verjüngt | 2,62 | 7,31 | 19,2 | 396 | 20,6 | frei gerissen | undicht |
| 6 | | 2,66 | 7,28 | 19,4 | 423 | 21,8 | am Kopf gerissen | gut dicht |
| DCO 1 | Querschnitt verjüngt | 2,53 | 6,72 | 17 | 346 | 20,4 | frei gerissen | gut dicht |
| 5 | | 2,51 | 6,45 | 16,2 | 406 | 25,1 | frei im verjüngten Querschnitt gerissen | |
| 11 | | 2,54 | 6,58 | 16,7 | 414 | 24,8 | frei gerissen | |
| 13 | | 2,54 | 6,47 | 16,4 | 387 | 23,6 | frei im verjüngten Querschnitt gerissen | |
| 14 | | 2,54 | 6,48 | 16,5 | 377 | 22,8 | | |
| 15 | | 2,53 | 6,54 | — | 390 | — | am Kopf gerissen | |
| 21 | | 2,53 | 6,68 | 16,9 | 390 | 23,1 | frei gerissen | |
| 25 | | 2,55 | 6,51 | 16,6 | 376 | 22,7 | frei im verjüngten Querschnitt gerissen | |
| Mittel | | — | — | — | — | 23,2 | | — |
| DCO 7 | | 2,54 | 6,56 | 16,7 | 350 | 21 | frei im verjüngten Querschnitt gerissen | undicht |
| 10 | | 2,54 | 6,7 | 17 | 370 | 21,8 | frei gerissen | |
| 30 | | 2,54 | 6,58 | 16,7 | 379 | 22,7 | | |
| 31 | | 2,53 | 6,51 | 16,5 | 368 | 22,3 | | |
| 32 | | 2,53 | 6,53 | 16,5 | 365 | 22,1 | | |
| 35 | | 2,54 | 6,55 | 16,6 | 367 | 22,1 | frei im verjüngten Querschnitt gerissen | |
| 39 | | 2,53 | 6,4 | 16,2 | 318 | 19,6 | | |
| 40 | | 2,53 | 6,54 | 16,5 | 304 | 18,4 | | |
| Mittel | | — | — | — | — | 21,3 | | |

Löchern und anderen Kerben bei statischer Beanspruchung nicht den Voraussagen der Festigkeitslehre entsprechend zu einer Verminderung der Festigkeit auf einen Bruchteil führt, sondern die Tragfähigkeit des unverletzten Werkstoffes voll wirksam wird. Ob die Hohlstellen ein zusätzliches Gefahrenmoment bei besonderen Beanspruchungen, wie Schlag und Biegung darstellen, muß einer besonderen Untersuchung vorbehalten bleiben.

Streng genommen, gibt das angewendete Verfahren nicht den wahren mittleren Festigkeitswert des Werkstoffes an, da einige Stäbe nicht an der vorgezeichneten Stelle gebrochen sind, sondern an einer trotz größeren Querschnitts weniger tragfähigen. Mithin ist der Fehlereinfluß mit 8 vH etwas zu gering ermittelt; bei Vergleich mit nur denjenigen Stäben, die in der vorgezeichneten Stelle rissen, erhöht sich der Fehlereinfluß auf 10 vH. Dieser Unterschied erscheint zu gering, um sich näher mit der Frage zu befassen, ob das angewendete Verfahren den praktischen Festigkeitsverhältnissen voll gerecht wird. Dies erübrigt sich um so mehr, als ja auch der übliche Zugversuch nicht eine mittlere Werkstoffestigkeit ergibt, sondern der Bruch stets an der schwächsten Stelle des Probestabes eintritt.

Zu betonen ist noch, daß der festigkeitsmindernde Einfluß der Poren im Spritzguß mit weniger als 10 vH noch innerhalb der Streuungsgrenzen (20 vH) der Festigkeit von üblichem Spritzguß verbleibt, vergl. Zahlentafel 1. Die Festigkeitsschwankungen beruhen also hauptsächlich auf den wechselnden Eigenschaften der gesunden Gußstücke. Schwankungen dieser Größe und noch wesentlich stärkere werden auch bei Kokillen- und Sand regelmäßig festgestellt. Es hängt dies damit zusamm daß von Guß zu Guß niemals genau gleichartige Be gungen, insbesondere in bezug auf die Temperatur hältnisse, eingehalten werden können.

Wegen dieser großen Streuung ist die zuverläss Feststellung des Poreneinflusses ohne Zuhilfenahme Röntgendurchleuchtung nur durch Großzahlforsch möglich. Dabei muß auch noch die Beurteilung auf D tigkeit oder Undichtigkeit des Gusses durch Beobachtu der Bruchstelle erfolgen, wobei besonders eine zahl mäßige Abschätzung der Porengröße wenig zuverläs erscheint.

**Zusammenfassung.**

Die vorliegende Untersuchung ergibt demnach:

1. Bei reiner Zugbeanspruchung verringern Hohlstel im Spritzguß nur entsprechend ihrer Querschn größe die Tragfähigkeit eines Querschnittes. E zusätzliche Kerbwirkung tritt in diesem Falle nicht
2. Der Einfluß auch solcher Hohlstellen, welche betriebsübliche Maß erheblich überschreiten, Abb. bleibt mit weniger als 10 vH innerhalb der Gren der Festigkeitsstreuungen (20 vH) von gesund Spritzguß.
3. Röntgenuntersuchungen bilden bei Vermeidung Großzahlforschung eine notwendige Ergänzung eine planmäßige Werkstoffprüfung von Spritzg
4. Die übliche Stabform für Zugversuche ist nicht eignet, um die Einflüsse der Poren auf die Fest keit erkennen zu können. [B 3613]

## Untersuchungen an Alclad-Blechen

Aluminiumplattierte Bleche der amerikanischen Leichtmetall-Legierung 17 ST (amerikanisches Duralumin) werden von der Aluminium Co. of America hergestellt und unter der Bezeichnung Alclad (Al = Aluminium, clad = bekleidet) in Amerika in den Handel gebracht. In der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof, wurden an diesen Blechen eine Reihe von Untersuchungen ausgeführt[1]).

**Festigkeitseigenschaften**

Zur Untersuchung wurden Alclad-Bleche von 0,8 bis 3,3 mm Blechdicke verwendet, deren Plattierungsschicht auf jeder Seite etwa 5 vH der Blechdicke, also insgesamt 10 vH betrug. Die Zugversuche ergaben folgende Werte: Streckgrenze $\sigma_{0,2} = 23{,}4$ bis 29,5 kg/mm², Bruchfestigkeit $\sigma_B =$ 36,5 bis 39,7 kg/mm², Dehnung $\delta_{10} = 16{,}7$ bis 20,4 vH, Einschnürung $\psi = 27$ bis 31 vH. Die Biegeversuche ergaben für das 0,8 mm dicke Blech 17 bis 19 Hin- und Herbiegungen um einen Halbmesser von 5 mm; das 3,3 mm dicke Blech konnte um einen Halbmesser von 2,2 mm bis um etwa 180 ° gebogen werden. Tiefziehprüfungen mit dem *Erichsenschen* Blechprüfer ergaben für das 0,8 mm und 1,6 mm dicke Blech eine Tiefung von 7,6 und 8,4 mm.

Die gefundenen Werte für Streckgrenze, Zugfestigkeit und Dehnung liegen beim Alclad etwa 8 bis 9 vH niedriger als bei dem zum Vergleich mit untersuchten Duralumin der Legierung 681 B ½, sind aber fast ebenso hoch wie die von den Dürener Metallwerken in ihren Druckschriften für diese Legierung angegebenen Werte. Die Einschnürung ist beim Alclad größer als bei dem Vergleichs-Duralumin, dementsprechend sind auch Biegefähigkeit und Tiefungsfähigkeit etwas besser. Das Elastizitätsmaß wurde aus Feinmeßversuchen bestimmt zu $E = 7110$ kg/mm² und ist praktisch gleich dem des Vergleichs-Duralumins. Die Wechselfestigkeit ist mit etwa 9,5 bis 10 kg/mm² nur wenig niedriger als bei dem Vergleichs-Duralumin. Die durch verschiedene Proben gelegten Schliffe zeigten, daß die Aluminium-Deckschicht auch bei höchster mechanischer Beanspruchung nicht abblättert oder rissig wird, sondern bis zum Bruch fest auf dem Duralumin haftet. Dagegen wird die Schicht infolge ihrer Weichheit leicht durch Kratzer, Eindrücken von Spänen und dergl. verletzt.

**Korrosionsbeständigkeit**

Die Korrosionsbeständigkeit verschieden dicker Alclad-, Duralumin- (Leg. 681 B ½) und Aluminiumbleche wurde bestimmt in:

a) Kochsalzlösung (3 vH NaCl) mit 0,1 vH Wasserst superoxydzusatz (Schnellprüfverfahren),
b) einem Sprühnebel aus einer Kochsalzlösung (20 NaCl), ferner wurden bestimmt:
c) Korrosionsbeständigkeit genieteter Alcladblec (Schnellprüfverfahren),
d) Korrosionsbeständigkeit von Alclad bei verschieden Verhältnissen von aluminiumgeschützter Walzoberfläc zu ungeschützter Schnittfläche (Schnellprüfverfahre
e) die Wirkung von Oberflächenverletzungen und Ka verformungen auf die Korrosionsbeständigkeit,
f) Korrosionsbeständigkeit von Duraluminblech in Ve bindung mit Reinaluminium oder Alcladblech.

Die dem Korrosionsangriff ausgesetzten Proben wurd auf Oberflächen-(Gefüge-)Veränderung, Gewichtsveränd rung, Festigkeitsverlust und Dehnungsverlust untersuch Der Korrosionsangriff beschränkte sich beim Alclad in erst Linie auf die Aluminiumdeckschicht. Oberflächenveränderu gen und Gewichtsverlust durch Anfressung traten ein, war aber bei den verschieden starken Alcladblechen verschiede

Die ungeschützten Schnittflächen von Alclad wurd im allgemeinen auf Kosten eines verstärkten Angriffs d Aluminiumdeckschicht an den Blechrändern geschützt. Nu die Schnittflächen der stärkeren Alcladbleche wurden unt Bedingungen des Schnellprüfverfahrens angegriffen.

Mit Verringerung der Größe der Schnittfläche im Ve hältnis zur Größe der Aluminiumdeckschicht verbesse sich die Beständigkeit gegen Anfressung von Alcladbleche um bei vollständiger Ausschaltung der Schnittfläche d von Reinaluminium gleichzukommen. Duralumin-Niete i Alcladblechen wurden auf Kosten einer verstärkten An fressung der Aluminiumdeckschicht geschützt.

Ein Abblättern der Aluminiumdeckschicht unter Korro sionsangriffen trat in keinem Falle ein, auch wurde ein interkristalline Anfressung der Bleche an den Rändern od andern Stellen in keinem Falle beobachtet.

Obwohl beim Alclad unter den Versuchsbedingunge Oberflächenveränderungen und Gewichtsverluste stattfande wurden die Festigkeitseigenschaften durch Anfressung nu sehr wenig beeinflußt. Lediglich die dünneren, 0,8 mm dicken Alcladbleche verloren unter den Bedingungen de Schnellprüfverfahrens und auch durch 66tägigen Angrif im Salzwassersprühnebel etwas an Festigkeit (Dehnungs verluste 9 und 15 vH). Dickere Bleche erlitten unte diesen Versuchsbedingungen keine Festigkeitsverluste wi das zum Vergleich herangezogene Duralumin.

Die Plattierung von Duralumin mit Aluminium, wi sie beim Alclad erfolgt ist, muß als wesentlicher Fort schritt zur Erhöhung der Beständigkeit gegen Anfressung veredelbarer Aluminiumlegierungen angesehen werden.

Berlin-Adlershof [N 3623] *E. K. O. Schmidt*

[1]) *K. Matthaes*, Prüfung der Festigkeitseigenschaften von Alcladblechen. *E. Rackwitz* und *E. K. O. Schmidt*, Prüfung der Korrosionsbeständigkeit von Alcladblechen, Luftfahrtforschung Bd. 3 (1929) S. 142 und 153.

# Herstellungsfehler an Gasflaschen

*Von Dr. E. AEUER und Dr. O. SORGE, Berlin*

***Beobachtungen und röntgenographische Untersuchungen der Firma Osram, G. m. b. H., Fabrik A, Berlin, an Wasserstofflaschen. Eine besondere Art von Fehlern wird festgestellt, die bei der Prüfung nach den bestehenden amtlichen Vorschriften unerkannt bleiben können. Es wird vorgeschlagen, die amtlichen Vorschriften dahingehend zu erweitern, daß die Flaschen nach der Fertigstellung auch noch mittels Röntgenstrahlen untersucht werden.***

Beim Abladen von vollen Wasserstofflaschen, die infolge regnerischen Wetters naß waren, wurde an zwei Flaschen das Austreten von äußerst feinen Gasblasen am Flaschenboden beobachtet. Diese mehr oder weniger zufällige Entdeckung erregte unsere lebhafteste Beachtung, zumal es sich um verhältnismäßig neue, erst acht Jahre alte Flaschen handelte, die vor drei Jahren der letzten amtlichen Druckprüfung unterworfen und als gut befunden waren. Es erhob sich zunächst die Frage, ob der Fehler bereits bei der amtlichen Druckprüfung vorhanden und nur nicht erkannt war, oder ob er sich nachträglich eingestellt haben konnte.

Zunächst wurde deshalb nochmals eine den Prüfungsvorschriften für Behälter mit verdichteten Gasen entsprechende Wasserdruckprüfung ausgeführt, wobei keine Undichtigkeiten bemerkt wurden. Hierauf wurde die eine Flasche vom Staatlichen Materialprüfungsamt Berlin-Dahlem untersucht, das das Austreten von Gasblasen aus der mit Gas gefüllten Flasche in der Mitte des Bodens bestätigen konnte. Bei einer daraufhin vom Staatlichen Materialprüfungsamt ausgeführten Wasserdruckprüfung ergab sich, daß bei 111 at Innendruck an der fraglichen Stelle Wasser heraustrat, und daß sich bei einer weiteren Steigerung des Druckes die Undichtigkeit etwas stärker bemerkbar machte. Allerdings konnte das Austreten des Wassers nur dadurch sichtbar gemacht werden, daß der Flaschenboden mit Kreide bestrichen war und diese das Feuchtwerden erkennen ließ. Ein irgendwie bemerkbarer Druckabfall trat bei der Prüfung nicht ein, so daß sich hieraus erklärt, daß bei den amtlichen Druckprüfungen die Undichtigkeit nicht gefunden wurde.

Der Boden der Flasche wurde nun abgeschnitten, und es zeigte sich, daß sich an seiner Innenseite eine große kraterförmige Vertiefung befand, die in der Mitte des Bodens nur noch eine ganz dünne Werkstoffschicht von etwa 1 mm Dicke übrig ließ, Abb. 1. Die metallographische Untersuchung des Staatlichen Materialprüfungsamtes ergab in der Nähe des Loches bei *A*, Abb. 1, grobes Gußgefüge, Abb. 2, ähnlich grobes Gefüge, Abb. 3, fand sich auch an dem Übergang vom Boden zu dem zylindrischen Teil der Flasche bei *B*, Abb. 1, während die Flaschenwand bei *C*, Abb. 1, Kleingefüge zeigte, Abb. 4. Nachdem der Flaschenboden einer Glühung bei 800° mit anschließender Ofenkühlung unterworfen worden war, wies er die Struktur, Abb. 5, auf. Man sieht, daß durch das Glühen eine erhebliche Kornverfeinerung erreicht worden ist. Das Staatliche Materialprüfungsamt gelangte zu dem Ergebnis, daß es sich um einen Herstellungsfehler bei der Ausbildung des Flaschenbodens handelt.

Wenn auch während der acht Jahre des Gebrauches noch die ursprünglich fehlerhafte Stelle durch Rostbildung geringfügig weiter geschwächt sein mag, so muß man doch damit rechnen, daß bei der amtlichen Druckprüfung gewisse Werkstoffehler unerkannt bleiben können. Vielleicht hängt das glücklicherweise verhältnismäßig seltene Zerspringen von Flaschen mit verdichteten Gasen ohne erkennbare äußere Ursache, das man meistens nicht richtig erklären kann, mit ähnlichen Fehlern zusammen.

Es handelt sich nun darum, wie man in Ergänzung der regelmäßig alle fünf Jahre vorzunehmenden amtlichen Druckprüfung aus seinem Flaschenpark verdächtige Flaschen herausfinden kann, ohne natürlich, wie bei der oben geschilderten Untersuchung, die Flaschen zerstören zu müssen. Da bei der Flasche, Abb. 1, beim Ausleuchten die Andeutung einer fehlerhaften Stelle am Boden mit dem Fernrohr zu entdecken gewesen war, so versuchten wir dasselbe bei der zweiten undichten Flasche. Es war jedoch nicht das Geringste zu erkennen, so daß das Ausleuchten als unsicher verworfen werden mußte. In Betracht kam also lediglich noch eine Untersuchung mittels Röntgenstrahlen, die in dem Röntgenlaboratorium der Osram-Gesellschaft, Fabrik A, Berlin, durchgeführt wurde.

Abb. 6 zeigt die Einzelheiten der Versuchsanordnung. Die Wasserstofflasche *a* ruht auf einem Gestell *b*; *c* ist die Mitte des auf der Antikathode erzeugten Brennflecks

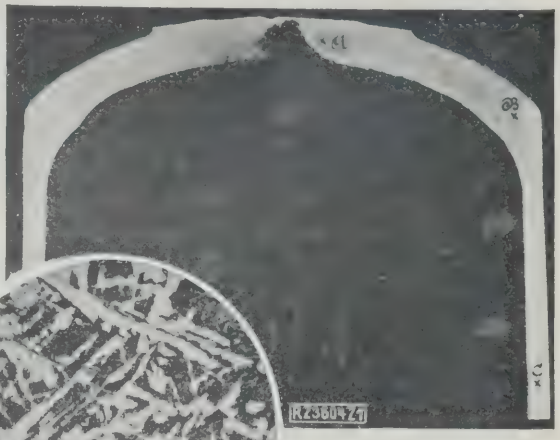


**Abb. 1**
Schnitt durch die Mitte des Bodens einer Gasflasche.
In der Mitte des Bodens kraterförmige Vertiefung. *A*, *B*, *C* Entnahmestellen von Gefügeproben.

**Abb. 2**
Probe *A* aus der Nähe des Loches.
Grobes Gefüge
120fache Vergrößerung.

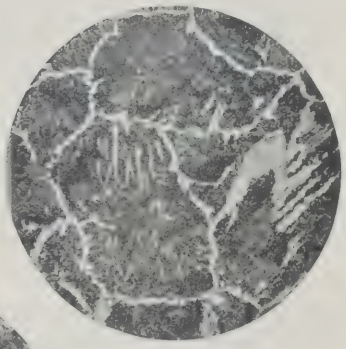


**Abb. 3**
Probe *B* aus dem Übergang vom Boden zum zylindrischen Teil der Flasche.
120fache Vergrößerung.

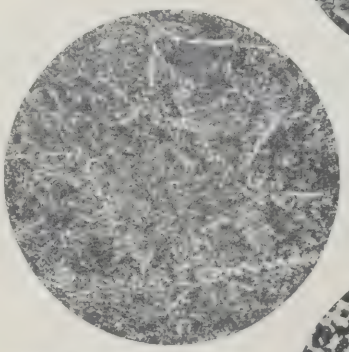


**Abb. 4**
Probe *C* aus der Flaschenwand.
120fache Vergrößerung.

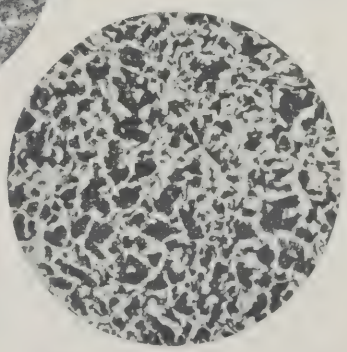


**Abb. 5**
Probe *A* nach Glühen bei 800°.
120fache Vergrößerung.

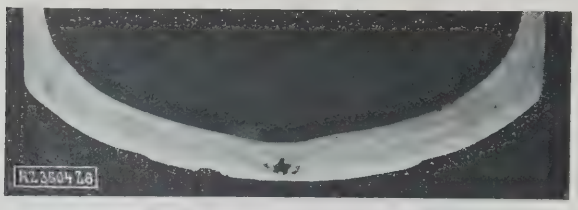
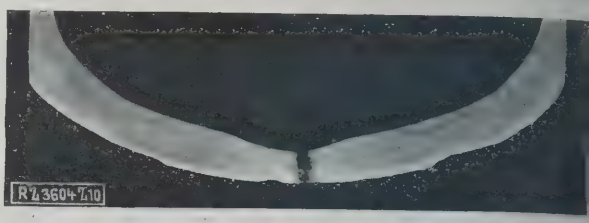


Abb. 8 und 9
Gasflaschenboden mit eingeschlossenem Lunker.
Schnitt und Röntgenaufnahme.



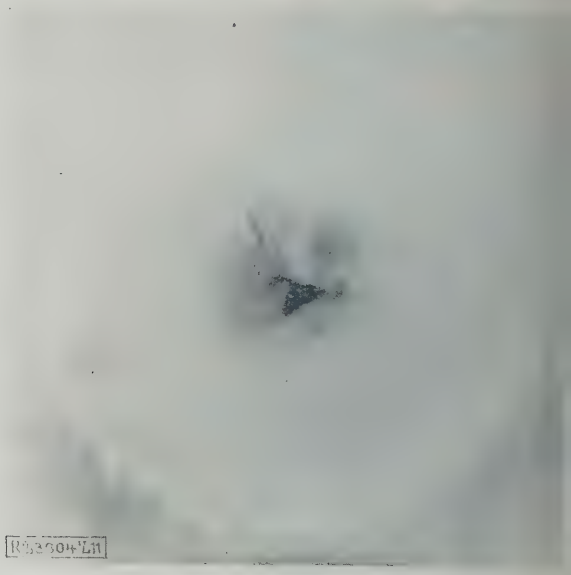




Abb. 10 und 11
Gasflaschenboden mit Lunker in der inneren Randzone. Schnitt und Röntgenaufnahme.

der Röntgenröhre *d* und *e* der Film. Die Mitte des Brennflecks *c*, die Mitte der Öffnung der Flasche *f* und die Mitte des Bodens *g* müssen in einer Geraden liegen. Um dies zu erreichen, trifft man die Anordnung, Abb. 7[1]).

An der künftigen Stelle der Bodenmitte befindet sich, ehe die Flasche aufgelegt wird, ein Schirm mit einer kleinen Öffnung *l* von etwa 3 mm Dmr., durch die man b brennender Glühkathode den Brennfleck deutlich sehe kann. An der Stelle, wo die Mitte der Öffnung de Flasche hinkommen soll, befindet sich ein Fadenkreuz oder eine Nadelspitze. Man visiert nun durch das Loch die Brennfleckmitte *c* an und verschiebt das Fadenkreu so lange, bis sich die drei Punkte *l*, *k* und *c* decken. S dann wird die Flasche aufgelegt und bei *f* so lange ve schoben, bis sich die Mitte der Öffnung *f* mit *k* und di Mitte des Bodens *g*, die man vorher durch ein Kreid kreuz festgelegt hat, mit *l* deckt. Hat man eine Ga flasche einmal so ausgerichtet, so ist beim Auflegen vo neuen Flaschen meist keine oder höchstens eine gering fügige Verschiebung notwendig. Die Entfernung de Brennfleckmitte von der Flaschenöffnung muß so klei sein, daß der durch die Öffnung der Flasche eintretend Strahlenkegel den ganzen Boden bedeckt. Bei unsere Versuchen betrug die Entfernung etwa 15 cm. Um un erwünschte unmittelbare und Streustrahlung zu verhin dern, ist an der Flaschenöffnung und in der Nähe de Bodens je ein Bleischirm *h* und *i*, Abb. 6, angebrach Die Belichtungszeit betrug bei 200 bis 220 kV Spannun und 5 mA ohne Verstärkungsfolien etwa 45 min. Ver wendet man Verstärkungsfolien, so läßt sich die Zei auf etwa 15 min herabsetzen.

Die Röntgenaufnahme der zweiten Flasche zeigte i der Bodenmitte deutlich stärker durchleuchtete Stellen die auf Lunker hinwiesen, Abb. 9. Beim Durchschneiden des Bodens fand sich auch ein solcher, Abb. 8.

Da sich also die Durchleuchtung mit Röntgenstrahlen als durchaus zweckmäßiges Untersuchungsverfahren er wiesen hatte, wurden nunmehr von vielen hundert Flaschen Röntgenaufnahmen hergestellt. Hierbei fanden sich eine ganze Anzahl, deren Böden Herstellungsfehler aufwiesen. Abb. 11, 13 und 15 zeigen eine Auswahl kenn zeichnender Aufnahmen. Abb. 10, 12 und 14 geben als Ergänzung der Röntgenbilder die Schliffe der durch schnittenen Böden wieder. Abb. 14 und 15 sind des halb bemerkenswert, weil es sich bei dieser Flasche un

[1]) AEG-Röntgenröhre, Bauart III, mit 200 bis 220 kV Gleichspannung und 5 mA.

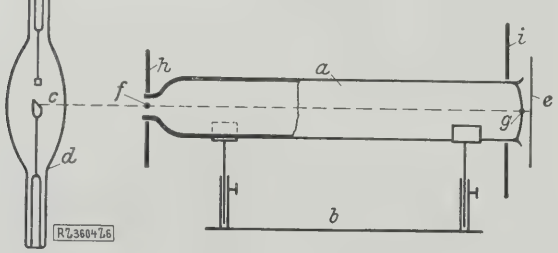



Abb. 6 und 7
Versuchsanordnung zur Durchleuchtung von Gasflaschenböden mittels Röntgenstrahlen.

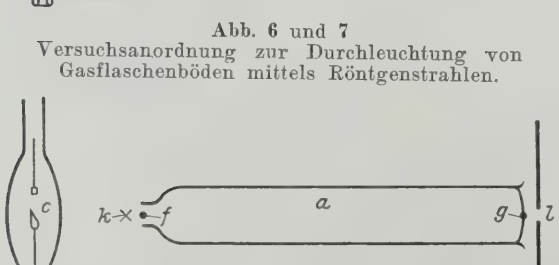
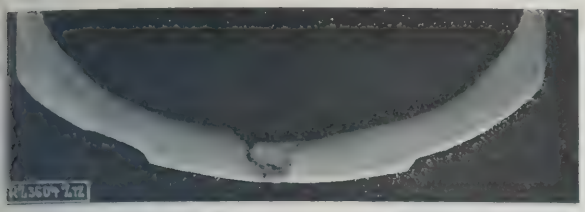
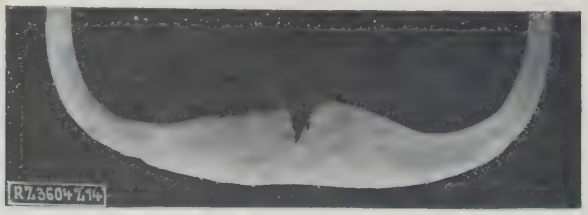



Abb. 7. Anordnung zum Ausrichten der Flasche.

*a* Wasserstofflasche
*b* Gestell
*c* Mitte des Brennflecks
*d* Röntgenröhre
*e* Film
*f* Mitte der Öffnung der Flasche
*g* Mitte des Bodens der Flasche
*h*, *i* Bleischirm
*k* Fadenkreuz
*l* Schirm mit Öffnung



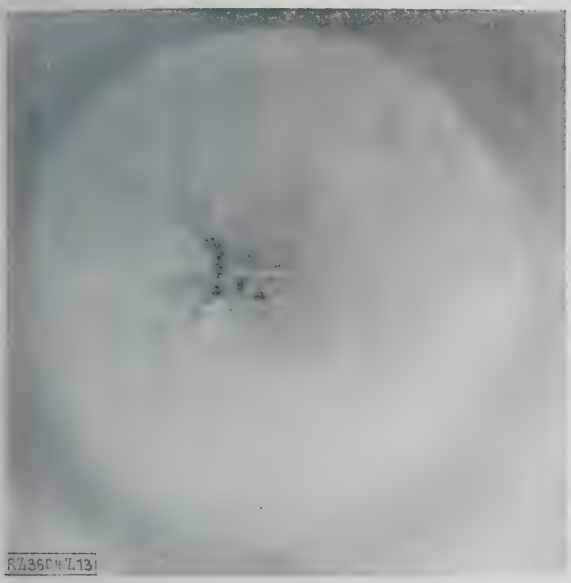



Abb. 12 und 13
Gasflaschenboden mit eingeschlossenem Lunker.
Schnitt und Röntgenaufnahme.

Abb. 14 und 15
Gasflaschenboden mit Rißbildung in der Randzone.
Schnitt und Röntgenaufnahme.

...e andre Herstellungsreihe handelt. Offenbar ist bei ...ser Flasche der Boden nach einem andern Verfahren ...gestellt und zeigt im Gegensatz zu den Lunkerfehlern ... andern Flaschen ein kennzeichnendes Einreißen des ...rkstoffes.

Zusammenfassend ist festzustellen, daß an den Böden ... Flaschen sehr leicht Herstellungsfehler auftreten ...nen, die bei den bestehenden amtlichen Vorschriften ... die Herstellung solcher Behälter, wie Wahl und ...ifung des Ausgangswerkstoffes, Vornahme von Zer...ßfestigkeitsprüfungen an aus den fertigen Flaschen ...ausgeschnittenen Stücken usw. nicht restlos erkannt ...rden. Da nun die Prüfung mit Röntgenstrahlen ...e gute Gewähr für das Auffinden der Fehler bietet, ... ist einer solchen Prüfung weiteste Verbreitung zu ...nschen. Vor allem müßten die Hersteller die Flaschen ...ort nach der Fertigstellung untersuchen, so daß fehler...te Flaschen überhaupt nicht in den Verkehr kommen ...nten. Gleichzeitig würden durch die dauernde Über...chung des Arbeitsvorganges und der Arbeitskräfte ...lerquellen schnell entdeckt werden; die Herstellung ...nte hierdurch an Sicherheit und somit Wirtschaft...ikeit gewinnen.

Eine Ergänzung der amtlichen Vorschriften für die ...rstellung von Gefäßen für verdichtete Gase in dieser ...htung wäre nur zu begrüßen. Bis dahin können, ohne ... einer übertriebenen Besorgnis das Wort geredet ...rden soll, die Besitzer größerer Flaschenparks die ...riebsicherheit ihrer Flaschen durch Untersuchung mit ...ntgenstrahlen erhöhen. Man gewinnt durch ver...ichende Betrachtung von Röntgenbildern und Schliffen ...r bald die Erfahrung, welche Flaschen Anlaß zu Be...nken geben und aus dem Verkehr zu ziehen sind. ...chdem die Einrichtung einmal geschaffen und eine ge...nete Kraft ausgebildet ist, sind Mühe und Kosten der ...tersuchung verhältnismäßig gering. Einschließlich der ...schreibungen für die Versuchseinrichtung und die Röntgenröhren dürfte sich die Untersuchung je Flasche auf etwa 3,50 ℳ stellen. Dieser Betrag läßt sich gegegebenenfalls noch beträchtlich erniedrigen, da Aussicht besteht, statt der ziemlich kostspieligen Röntgenfilme Bromsilberpapier zu verwenden. Diese, mit dem Anschaffungspreis von Flaschen verglichen, wirklich geringen Aufwendungen werden bei weitem aufgewogen durch das erhöhte Gefühl der Sicherheit bei Benutzung von Flaschen, bei denen man sich von der Abwesenheit von möglicherweise sehr groben Herstellungsfehlern vergewissert hat. [B 3604]

## Personenkraftwagen mit Zwölfzylindermotor

Gelegentlich der letzten internationalen Automobilausstellungen in Paris und London führte die Soc. Anon. Aéroplanes G. Voisin, Paris, ein neues Fahrgestell vor, dessen Motor zwölf Zylinder von 64 mm Dmr. und 100 mm Hub mit Doppelschieber-Steuerung nach Knight hat und bei 3900 U/min. 115 PS leistet. Die Zylinder sind in zwei Sechserreihen winkelförmig über der Kurbelwelle angeordnet; diese hat Zapfen von rd. 100 mm Dmr. und läuft nur in drei Lagern. Die 24 Kolbenschieber sind aus Gußeisen hergestellt. Die äußeren Schieber haben geringere Wanddicke als die inneren. Von den Pleuelstangen, die an einem Zapfen angreifen, ist eine gegabelt. Jeder Zylinderblock hat seinen eigenen Vergaser, seine Kühlwasserleitung und seinen Auspuffsammler. Der Zündzeitpunkt wird mit steigender Drehzahl bis zu 2000 U/min. selbsttätig, darüber hinaus mit der Hand vorgerückt. Das mit dem Motor zusammengebaute Wechselgetriebe hat für den dritten und den vierten Gang ständig miteinander im Eingriff befindliche Zahnräder, die mittels des üblichen Handhebels oder auf elektromagnetischem Wege durch Druckknöpfe am Führersitz geschaltet werden können. („Le Génie Civil“ 19. Oktober 1929 S. 380/89*, „Engineering“ 25. Oktober 1929 S. 521/27*) [N 3730 g] *H.*

# Arbeitsführung nach gesundheitlichen Gesichtspunkten

Dem arbeitenden Menschen günstige Bedingungen für seine Arbeit zu schaffen, unnötigen Aufwand an körperlicher und geistiger Kraft zu vermeiden, schädliche Einflüsse abzuwehren, wird mehr und mehr als betriebswirtschaftliche Aufgabe angesehen und nicht nur als soziale Pflicht gewertet. Wie vielgestaltig die Aufgaben sind, die hier des Betriebs- und Werkleiters harren, erkennt man, wenn man die Vortragstoffe verfolgt, die von der Deutschen Gesellschaft für Gewerbe-Hygiene bei ihren Jahreshauptversammlungen behandelt werden. Die diesjährige Tagung, die unter Leitung ihres Vorsitzenden, Geheimrat Dr. *A. v. Weinberg*, Frankfurt a. M., am 16. bis 18. September in Heidelberg abgehalten wurde, beschäftigte sich mit dem Fabrikbau und der Fabrikspeisung.

### Fabrikbau

Die ärztlich-gesundheitlichen Gesichtspunkte behandelte Dr. *Eisenberg* vom Hygienischen Institut der Berliner Universität. Er ging aus von der Auswahl richtigen Baugeländes, wobei Windrichtung, Abfuhr oder Ausnutzungsmöglichkeit der Abfallstoffe, ausreichende Bauplatzgröße und Baugrundbeschaffenheit zu beachten seien, besprach sodann die Anforderungen an die einzelnen Bauteile, wie Fenster, Türen, Treppen, ging ein auf Schall- und Erschütterungsschutz und erörterte dann eingehend die Beziehungen von Temperatur, Feuchtigkeit und Luftbewegung. Er gab hier Ergebnisse neuerer Forschungen bekannt, die wichtige Hinweise für die Anlage von Heizungs- und Lüftungsanlagen bieten.

In welcher Form der Gewerbeaufsichtsbeamte auf den Werkstattbau Einfluß nehmen kann, erörterte Oberregierungsrat *Emele* vom Badischen Innenministerium, Karlsruhe. Er gab ein anschauliches Bild von der vielseitigen und verantwortungsvollen Tätigkeit der Gewerbeaufsicht und zeigte insbesondere, wie notwendig es ist, daß derjenige, der Vorschriften für Bau und Anlage von Fabriken machen will, gründliche Kenntnis des Arbeitsganges hat. Beachtlich war seine Bemerkung, daß es viel wichtiger ist, sich bei Anlage eines Baues stets die Zweckbestimmung vor Augen zu halten und hiernach die Einrichtungen, dem natürlichen Gange der Fertigung entsprechend, zu entwerfen, als nachträglich in verbautem Raume Schutzeinrichtungen zu häufen.

Der Vortragende hob auch mit Recht hervor, daß der Gewerbeaufsichtsbeamte mit seinen vielfältigen in den Betrieben gesammelten Erfahrungen stets in der Lage ist, wertvolle Ratschläge bei der Errichtung neuer Anlagen zu erteilen. Den Gedanken des Arbeiterschutzes sollte man immer mehr in den Entwurf von Fabrikbauten hineinfließen lassen.

Prof. *Poelzig*, Charlottenburg, sprach über die architektonische Entwicklung des Fabrikbaues, hob hervor, daß Architekt und Ingenieur sich zu fruchtbarer Zusammenarbeit finden müssen, und führte an zahlreichen Lichtbildern Beispiele von einzelnen Baukörpern, geschlossenen Bauten, ganzen Anlagen und Gruppen vor.

### Fabrikspeisung

Der Hygieniker der Ruprecht-Karl-Universität zu Heidelberg, Prof. Dr. *Gotschlich* gab in knappen klaren Sätzen einen Überblick über die wissenschaftlichen Grundlagen der Volksernährung. Er begründete die Notwendigkeit wissenschaftlicher Forschung auf diesem Gebiete damit, daß der Mensch bei einer rein dem Instinkt folgenden Auswahl der Nahrungsmittel vielfach auf Irrwege gerate. Vor allem die Überfeinerung der Kost bei den Städtern habe die ausgiebige Verwendung von grobem Brot, Gemüse und Milch zum eigenen Schaden der Städter zurückgedrängt. Jede Kost solle die nötige Kraft erzeugen und die verbrauchten Stoffe ersetzen. Für die Aufrechterhaltung der Körperwärme, die durchweg 20 ° über derjenigen der Umwelt liegt, sei der Brennwert der Nahrung, in Kalorien gemessen, von Bedeutung, für den Stoffersatz der Gehalt an Fetten, Eiweiß und Kohlehydraten maßgebend. Die physiologische Mindestmenge an Eiweiß reiche zwar aus, damit die Körpersubstanz nicht einschmilzt, zum Wohlbefinden brauche der Mensch wesentlich mehr. Es sei verbrecherisch, für die Volksernährung die durch die Not des Krieges stark herabgesetzte Nahrungsmenge zugrunde zu legen, denn es stehe heute fest, daß mindestens 600 000 Deutsche durch Unterernährung und ihre Folgen der Hungerblockade erlegen seien. Für den Arbeiter sei notwendig, daß er eine gemischte Ernährung erhalte, in der vor allem auch Milch und Obst nicht fehlen dürften.

Gewerbemedizinalrat Dr. *Gerbis*, Berlin, erläuterte anschaulicher Weise die Anforderungen des Arztes an Fabrikspeisung. Er nahm zunächst zu der Frage Stell ob warme Mahlzeiten überhaupt nötig seien, und bej diese entschieden. Die weitere Frage, wann die wa Mahlzeit einzunehmen sei, werde durch die Feststellung antwortet, daß die Leistungskurve des Menschen g Mittag stark absinkt. Der Arzt müsse weiter fordern, die Mittagsmahlzeit mit einer Pause von mindestens e Stunde verbunden werde. Leider stehe dem meisten entgegen, daß der Arbeiter den Wunsch habe, zu mögli früher Stunde die Tagesarbeit zu beenden. Bei der wahl der Speisen müsse man sich wohl in gewissen G zen den Wünschen des heutigen Geschlechtes anpas das sich daran gewöhnt habe, eine abwechslungsreiche leicht verdauliche Kost zu sich zu nehmen.

Von großer Bedeutung sei bei allen Speisungen Art der Darreichung. Hier müsse man durch freundli Umgebung, Sauberkeit, Licht, Luft und Blumen eine g stige Stimmung schaffen, denn bei jeder Nahrungsaufna spiele die seelische Verfassung eine wesentliche Rolle. meiden solle man, wenn irgend möglich, die Ausstatt der Kantinen mit langen Tischen und Bänken. Hier und werde sogar dem Arbeiter die Möglichkeit gegeben, die der Fabrik gestellten oder die von der Familie gebrach Speisen mit dieser zusammen einzunehmen.

Dr. *Reutti*, Berlin, besprach die praktischen Maßnahr zur Durchführung der Fabrikspeisung und führte an dern aus deutschen Großbetrieben mustergültige Anla für die Bereitung des Essens, für Speise- und Aufentha räume vor.

### Aussprache

Der Vertreter des Zentralverbandes Christlicher Tex arbeiter, *Melcher*, Düsseldorf, glaubte darauf hinweisen müssen, daß neben medizinischen und volkswirtschaftlich auch weltanschauliche Fragen bei der Fabrikspeisung n sprechen. Er gab Kenntnis von einem Fragebogen, wo man die Textilarbeiter seines Verbandes darüber befr hat, in welchem Ausmaß die Firmenspeisungen eingefü seien, auf welchem Wege die Versorgung geschehe, wie Preise sich stellten und wie die Arbeiterschaft die Maßn men beurteile. Das Ergebnis der Rundfrage bestätigt leider schon früher gemachte Erfahrung, daß die Teilnah der Arbeiterschaft durchweg gering ist. Als Gründe hier werden die verschiedensten angeführt; u. a. wird vielf über die mangelnde Kochkunst der Kantinenpächter klagt, daneben aber auch die wenig erfreuliche Einrichtu der Speisehallen als Grund der Ablehnung angegeben.

Dr. *Bornstein*, Generalsekretär des Landesausschus für hygienische Volksbelehrung in Preußen, bedauerte, d die Ernährung in der heutigen Zeit zu einer Gaumen- u Zungenfrage geworden sei. Man dürfe nicht den Instinkt der Menschen folgen, sondern müsse vielmehr energisch ei Umschaltung auf kräftigere Kost vornehmen. Vor all verlangte *Bornstein*, daß man diejenigen Nahrungsmit bevorzuge, die in Deutschland selbst erzeugt werden kö nen, und bezeichnete es geradezu als eine Lebensfra des deutschen Volkes, daß in dieser Richtung Fortschri erzielt werden.

Frau Dr. *Züblin-Spille* vom Verbande „Volksdienst der Schweiz“ machte Mitteilung über die im letzten Jah zehnt von einer gemeinnützigen Organisation eingeric teten Fabrikspeisungen. Unter starkem Beifall betonte s daß man den Arbeitern nicht nur eine Verpflegungsste schaffen solle, sondern ein gemütliches Heim. Es sei no wendig, mit etwas Liebe auf die kleinen Wünsche von A gestellten und Arbeitern einzugehen, der ganzen Einrichtu nach Möglichkeit den Charakter der Massenspeisung nehmen. Die Schweizer Fabrikspeisungen müssen sich selb tragen. Die Werke stellen lediglich die Räume dazu.

Der Betriebsratvorsitzende *Roth* vom Höchster Far werk der I.-G. Farbenindustrie untersuchte die Gründe, d den Arbeiter bislang abgehalten haben, von der Einrichtu der Fabrikspeisungen den richtigen Gebrauch zu mache Er gab zu, daß vielfach die Frage der Pausenregelu schuld sei, glaubte aber darüber hinaus, daß die Beteiligu wesentlich stärker sein würde, wenn den Anregungen v Frau *Züblin-Spille* nachgegangen und der Versuch gemac werde, die Räume netter einzurichten.

Die Tagung hat wiederum außerordentlich wertvol Anregungen vermittelt, und es sei die schon im Bericht üb die vorjährige Tagung[1]) ausgesprochene Mahnung wiede holt, daß der Ingenieur, insbesondere der Betriebsingenieu sich stärker an den Arbeiten der Deutschen Gesellschaft fü Gewerbe-Hygiene beteiligen möge.

[N 3635] *Kothe*

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1728.

# Natürliche Technik

Von Dr. KURT W. GEISLER, Aachen

*Es wird gezeigt, daß die Ausübung von Technik nicht Vorrecht des Menschen ist. Die Technik in der belebten und unbelebten Natur wird der menschlichen Technik gegenübergestellt. Die Übereinstimmungen und die Unterschiede beider werden an zahlreichen Beispielen erläutert und die Grundgesetze technischen Schaffens überhaupt angedeutet.*

an kann die Beziehungen zwischen Natur und Technik in zweierlei Richtungen betrachten: ein- ist es möglich, zu untersuchen, welche Faktoren der ur (insbesondere biologische) in der menschlichen hnik wirksam sind. Dieser Aufgabe hat sich bereits *helm Ostwald* in dieser Zeitschrift[1]) unterzogen. So- n aber ist es eine reizvolle Aufgabe, umgekehrt das treten technischer Hilfsmittel in der ien Natur zu betrachten. Das ist das Ziel der vor- enden Arbeit.

### Der Begriff „Technik"

Der Frage, wann und wo und wie arbeitet die Natur „technischen" Mitteln, kommt man zunächst dadurch er, daß man eine Begriffserklärung für „Technik" . Man fasse dabei „Technik" nicht in den beschränk- Sinn als Maschinentechnik oder etwa Bautechnik, son- n man vergegenwärtige sich, daß man auch in vielen ern Wendungen von Technik spricht. Wir hören von chnik des Bankwesens", „Technik der Malerei", chnik des Schwimmens", und wir meinen dabei jeweils Verfahren, das gestattet, einen „Zweck" möglichst zu erreichen. Technik tritt dabei oft in Gegensatz dem sogenannten Geistigen; häufig lesen wir, daß er oder jener Künstler über eine gute Technik ver- e, daß aber sein Spiel „seelenlos" sei.

Welches ist nun der Zweck, den die Natur erreichen l? Wir müssen vorsichtig sein, wenn wir von ecken der Natur sprechen und dürfen nicht mensch- e Zwecke, das sind vorgestellte spätere Entwicklungs- fen, ohne weiteres in die Natur hineinsehen. Wohl r sind wir aus der Beobachtung des Verhaltens der urgegenstände im Sinne *Vaihingers* zu der Annahme echtigt, als ob die Natur Zwecke verfolge und Ziele te.

Dieses Ziel der Naturentwicklung kann offenbar ht bloße Energieersparnis sein. Diese ist wohl ein ttel. Der Zweck jedoch scheint vielmehr in der haltung der Art zu liegen. Da auch in der unbelebten ur dieselben Gesetze gelten wie in der belebten, so ft überall das *Hertzsche* Grundgesetz der Beharrung *venarius-Petzoldtsches* Gesetz der Stabilität) zu: Alle rper beharren in ihrem jeweiligen Zustand so lange, sie daraus verdrängt werden. Die Mittel, jene Be- rung zu ermöglichen, liefert die Technik. Ziel der chnik ist also die Schaffung von tteln, die die Existenzfähigkeit eines lebten oder unbelebten Körpers in glichst vollkommenem Maße sichern.

### Die Technik der organischen Natur

Die Naturbetrachtung des letzten Jahrhunderts hat die „Entwicklungslehre" mit all ihren Abzweigun- gebracht. Der Kampf der Darwinianer und der Anti- winianer tobt noch immer unentschieden. Der Streit ht sich hauptsächlich um die Frage, warum sich die en verändern. Diese Frage vermögen wir eigentlich ht zu entscheiden. Ob bei den Nachkommen „zu- ige" Abweichungen vorhanden sind, die, weil ihre hnik mehr oder weniger richtig ist als die der ern, besser mit der Umwelt fertig werden, oder ob se Abweichungen erst dann eintreten, wenn sie not- ndig werden, ob also zufälliges Passendsein oder ive Anpassung besteht, das ist heute noch ebenso un- schieden wie vor 50 Jahren. Es kann auch sein, daß ganze Frage falsch gestellt ist.

Dem Techniker, der der Natur denkend gegenüber-, würde die Entscheidung, die *Darwin* im Jahre 1859 , durchaus genügen. Er kann sich wohl vorstellen, nicht alle Nachkommen eines Elternpaares über die gleiche Technik verfügen, die gewissermaßen das arithmetische Mittel zwischen der Technik des Vaters und der der Mutter ist. Wenn auch die Eigenschaften der Eltern vorherrschen, so müssen doch Abweichungen, hervorgerufen durch die verschiedenartigen Umstände, unter denen die Entstehung und die Geburt vor sich gingen, notwendigerweise vorhanden sein. Die Technik des einen Nachkommen wird aber zweifellos die Erhaltung des Individuums mehr begünstigen, als die des andern. Auf diese Weise wird eine Auswahl getroffen, die natürliche Zuchtwahl *Darwins*. Diese Auswahl kann durch die Generationen hindurch zu völliger Artumbildung führen.

Gelegentlich ändern sich auch die äußeren Lebensbedingungen der Umwelt. Temperatur und Feuchtigkeit, Fauna und Flora wechseln derart, daß die Technik des betreffenden Lebewesens den neuen Ansprüchen nicht mehr genügt. Das Individuum kann dann nicht mehr beharren; auch die Art geht unter, falls nicht „zufällig" gerade Vertreter vorhanden sind, die über die zweckmäßige Technik verfügen.

Daß man auch bei der natürlichen Technik mit der Feststellung eines Fortschrittes vorsichtig sein muß, das hat bereits *Darwin* gezeigt, als er in seinem Hauptwerk erklärt, wie die Käfer auf Madeira die Flügel verloren haben: „Der Käfer, der am wenigsten flog, entweder weil seine Flügel am wenigsten entwickelt waren, oder weil er der indolenteste war, hatte die meiste Aussicht, die andern zu überleben, weil er nicht ins Meer geweht wurde; während diejenigen Käfer, welche am weitesten flogen, am ersten in die See getrieben oder vernichtet wurden."

#### Arbeitsteilung

Wir haben aber doch einen gewissen Maßstab für den technischen Fortschritt: Den Grad der Arbeitsteilung der Organismen. Die kleinste Arbeitseinheit ist die Zelle, die man mit Recht als Elementar-Organismus bezeichnet. Während bei den einzelligen Tieren sämtliche Funktionen, die Ernährung, die Fortpflanzung und die Fortbewegung von eben dieser Zelle ausgeführt werden, die dem Handwerksmeister vergleichbar ist, haben wir, um mit *Haeckel* zu reden, im durchgebildeten pflanzlichen Organismus eine Republik, im Tierorganismus eine Zellenmonarchie. Die Zentralisation ist zweifellos im tierischen Organismus stärker und dem Techniker drängt sich sofort der Vergleich auf zwischen zentralisiertem und dezentralisiertem Fabrikbetrieb. Vielleicht können wir aus der Betrachtung der Lebewesen lernen, welche Art die naturgemäß richtige ist.

#### Organische Gestaltungskraft

Sehr lehrreich ist es, einen führenden Biologen über die organische Gestaltungskraft urteilen zu hören: „Alles, was geschieht", sagt *von Uexküll*, „geschieht durch physikalische und chemische Kräfte". Man kann daher ohne weiteres diesem Forscher zustimmen, wenn er das ganze Lebewesen einfach als Maschine erklärt. Es sei dahingestellt, ob auch übermaschinelle Eigenschaften vorhanden sind, die *von Uexküll* als treibende, richtunggebende Kräfte der Gesamtorganisation dem Plan der Lebewesen zugrunde legen zu müssen glaubt. Unter den übermaschinellen Eigenschaften sollen am leichtesten erkennbar sein die Formbildung und die Regeneration. Das sind beides Eigenschaften, die die Entstehung der Organismen betreffen, die zweifellos anders verläuft, als die der Maschinen. Demgegenüber zeigen die erwachsenen Organismen in allen ihren ausgebildeten Geweben keine übermaschinellen Fähigkeiten. Jedenfalls kann man aber das Protoplasma als Träger der technischen Ge-

[1]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 33 S. 1149.

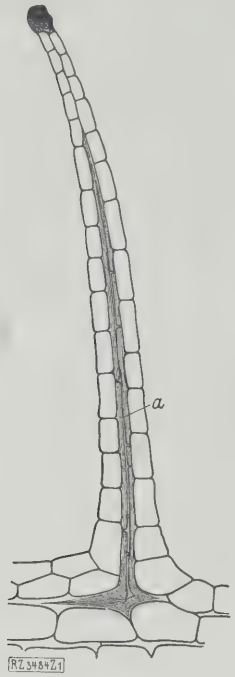



**Abb. 1**
Hoch beanspruchte Zellen erhalten besondere Stützzellen; nach *Haberlandt*.

Drüsenzotte des Blattstieles von Begonia imperialis, deren Stiel von einer an ihrer Basis hakig gekrümmten Sklerenchymzelle durchzogen wird. Vorbild für einseitig eingespannten Balken mit Versteifung in der neutralen Faser.
*a* Bastzelle von großer Festigkeit

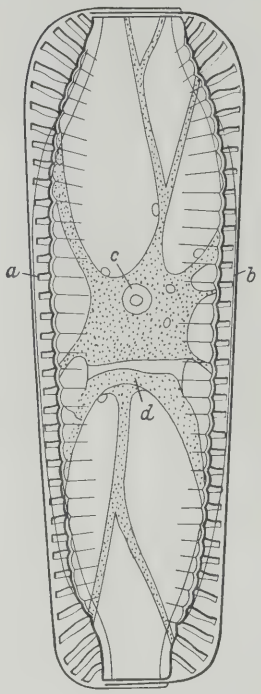



**Abb. 2**
Versteiftes Gehäuse mit beweglichem Deckel einer Diatomee (Surirella dentata); nach *Haeckel*.

Die Schachtelzelle ist vom Rand aus gesehen. Die beiden Schalenklappen *a* und *b* greifen übereinander wie eine Schachtel *a* und ihr zugehöriger Deckel *b*. *c* Kern *d* Protoplasma

staltungskraft ansehen, und zwar nicht nur bei den niedrigsten, noch zellenlosen, sondern auch bei den einzelligen Lebewesen, bei den Zellhorden und schließlich bei den höheren Tieren und Pflanzen.

Dabei besteht ein bestimmtes Verhältnis zwischen den Anlagen und der Betätigung der Organismen. Tier und Pflanze nehmen sich aus der Wirklichkeit den Teil heraus, sie bemerken gerade den Teil, der zu ihrer Organisation (Technik) paßt, auf den sie eingestellt sind. Ändern sich die äußeren Bedingungen in einer nicht zu dem Organismus passenden Richtung, so muß er wohl oder übel zugrunde gehen. Auf diese Weise schafft sich jeder Organismus eigentlich seine Welt dank der Technik seiner Sinnes- und Erkenntniswerkzeuge.

### Natürliche und menschliche Technik

Auf die zahlreichen Übereinstimmungen zwischen der menschlichen Maschinen- und Bautechnik und der natürlichen Technik hat besonders *R. H. Francé*[1a]) nachdrücklich hingewiesen. Aber schon früher war man auf diese Dinge aufmerksam geworden. So bietet z. B. die „Physiologische Pflanzenanatomie“[2]) des Berliner Botanikers *G. Haberlandt* technische Aufschlüsse von hohem Wert. Er führt insbesondere die „Materialersparnis“, das Prinzip der „Oberflächenvergrößerung“, das Prinzip der „Arbeitsteilung“, das Prinzip der „Festigung“, das Prinzip des „größten Nutzeffektes“ an, die in den Pflanzen wirksam seien, vergl. Abb. 1 bis 9.

*Francé* zeigt uns, daß die im Süßwasser lebenden Dinoflagellanten auf der Oberfläche ihres spindelförmigen Körpers Schraubengänge haben, Abb. 10, in die sie mittels einer Geißel Wasser hineintreiben, so daß infolge Re-

[1a]) Insbesondere in „Die technischen Leistungen der Pflanzen“, Leipzig 1919.
[2]) 1. Aufl. 1884; 5. Aufl. 1918.

**Abb. 3**
Stengel (Samium album) mit großer Festigkeit gegen Knickung und Biegung (Querschnitt).

Die festen Bast- und Kollenchymzellen sind zur Vergrößerung des Trägheitsmomentes weit außen angeordnet. Bei Teilen, die nur auf Biegung beansprucht werden, sind die Bastzellen nach innen in die neutrale Schicht gerückt.

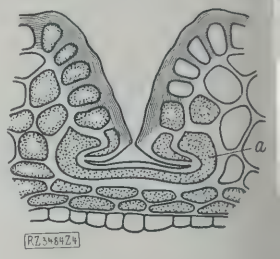



**Abb. 4**
Verstärkung von Blatträndern; nach *Haberlandt*.

Querschnitt durch eine Kommissur der Blattscheide von Equisetum hiemale.
*a* Klammerzelle

aktionswirkung eine Auf- oder Abwärtsbewegung d Lebewesens zustande kommt. Ihm verdanken wir au die Angabe, daß etwa 600 verschiedene Kauwerkzeu bei Rädertieren vorhanden sind[3]), bei denen man d Werkzeuge Zange, Schere, Messer, Hammer und A boß verwirklicht findet.

Leicht läßt sich die Zahl der Beispiele ins Ung messene vermehren. Bedienen sich doch Pflanze u Tier bei den meisten ihrer Lebensäußerungen irger welcher Techniken, die Verwandtes mit der Technik d Maschinen zeigen.

### Die Technik der anorganischen Natur

Auf den Umstand, daß auch in der anorganisch Natur eine Art Technik herrscht, ist bisher noch wen geachtet worden. Daß in dieser Hinsicht kein wese licher, sondern nur ein gradueller Unterschied zwisch den beiden Gebieten besteht, das zeigt der Biologe *J Dembowski*[4]), als er den Begriff der Existenzfähigk erörtert.

„Derselbe Standpunkt läßt sich jedoch auch auf d leblose Welt anwenden, und die Kluft verschwin von selbst. Unter dem Petroleum verstehen wir z. eine ziemlich unbestimmte Mischung verschieden Kohlenwasserstoffe, deren relative Menge beträchtli wechseln kann, ohne den Begriff zu verändern. An nommen, die Temperatur der Erdoberfläche in der Nä einer Petroleumquelle habe sich wesentlich erhöht, et infolge des Ausbruchs eines benachbarten Vulkans. D Erdöl verliert seine flüchtigen Komponenten, die v dunsten oder verbrennen, und verwandelt sich in e schwereres Petroleum. Es hat sich an neue Bedingung angepaßt. Wenn wir mehrere Quellen verschiedener Z sammensetzung haben, wie es oft in der Praxis v kommt, so werden diejenigen, die vorwiegend aus flü tigen Komponenten bestehen (aus manchen Quellen

[3]) VDI-Nachrichten Bd. 8 (1928) Nr. 11 S. 2.
[4]) Das Kontinuitätsprinzip und seine Bedeutung in der Biolo Berlin 1918, S. 23.

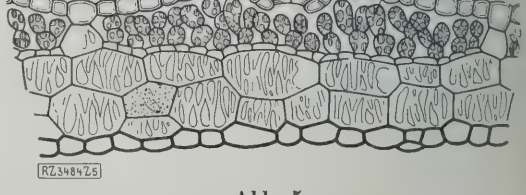



**Abb. 5**
Schaffung großer Oberflächen für Gaswechsel; nach *Haberlandt*.

Querschnitt durch einen Marchantiachallus.
*a* Atemöffnung
*b* Chlorophyllzellen in gelockerter Anordnung

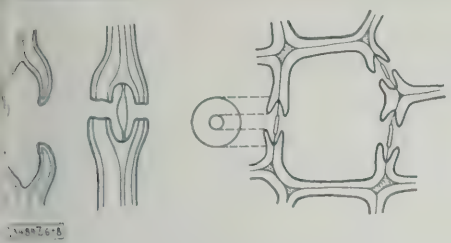


Abb. 6 bis 8
entile in der Natur (nach *Russow* und *Strasburger*).

Abb. 6. Tangential durchschnittene Hoftüpfel (Klappventil) von lufttrockenem Sommerholz.
Abb. 7. Tangential durchschnittene Hoftüpfel von Herbstholz.
Abb. 8. Querschnitt durch eine Tracheïde; an den Wandungen die Hoftüpfel.

Schnitt durch ein Siebrohr von Lagenaria vulgaris nach Einwirkung von Alkohol und Jodlösung.

*a* Siebplatte
*b* zusammengezogener Inhaltschlauch (Ventilplatte), der durch Wasseraufnahme anschwellen kann und dann mittels der Ansätze die Sieblöcher verschließt.

Abb. 9
Verschließbare Siebplatte;
nach *Haberlandt*.

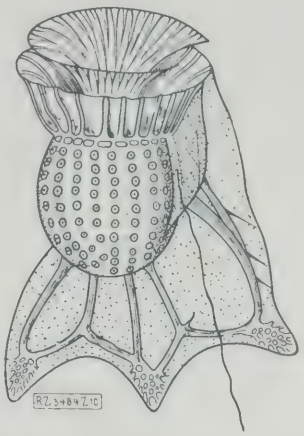



Abb. 10
Benutzung des Rückstoßes für die Fortbewegung;
nach *Francé*.

lizien werden z. B. bis zu 90 vH Benzin gewonnen), nzlich verbrennen. Es ist hier eine Auswahl einge- ten: die existenzunfähigen Petroleumsorten sind „ab- storben", d. h. sie haben aufgehört, als Petroleum fzutreten und verwandeln sich in ganz anders be- affene Gase. Die Analogie ist vollkommen."

Der Mensch wendet seine „Technik" an, um dem döl diese oder jene Eigenschaft zu geben oder zu hmen. Sind wir nicht berechtigt, das Verfahren, das e Natur in diesem und in ähnlichen Fällen einschlägt, enfalls als „Technik" zu bezeichnen?

### Unterschied zwischen natürlicher und menschlicher Technik

Wenn *Ostwald* darauf hinweist, daß die Technik der bewesen von der Technik des Menschen deshalb ver- hieden ist, weil die Technik über andre Werkstoffe, mperaturen und Energien verfügt, so ist doch dies in Unterschied des Wesens, sondern nur des Grades. besteht jedoch noch ein sehr wesentlicher Unterschied ischen menschlicher und natürlicher Technik. Er ist dem Umstand begründet, daß man beim Menschen, und ar nur bei ihm, von einer Wirtschaft sprechen nn, der die Technik eingegliedert ist, daß der Begriff s wirtschaftlichen Wertes nur für menschliche Ver- ltnisse in Frage kommt. Denn es ist in der Tat etwas rchaus verschiedenes, ob das Tier sich Wohnungen ut und Nahrungsmittel für den Winter speichert, oder der Mensch mit der Hilfe seiner Technik wirtschaft- liche (und künstlerische) Werte schafft und neue Bedürfnisse weckt.

Ausschlaggebend jedoch ist die Tatsache, daß der Mensch unter Verwendung fast derselben Bauelemente wie die Natur mittels der Technik sein wesentliches Gut: die menschliche Arbeitzeit, für sich rettet. Die Technik soll dem Menschen behilflich sein, seine Zeit zu sparen, die Naturvorgänge so ablaufen zu lassen, daß sie nicht beliebige unbrauchbare, sondern hochwertige, verwertbare Güter liefern. Der Mensch will sich also vermöge seiner Technik von niedriger wirtschaftlicher Arbeit befreien. Solche Güter aber, die ohne Leistung wirtschaftlicher Arbeit auftreten, sind „freie Güter".

Die natürliche Technik dient somit der unmittelbaren Aufrechterhaltung der Art und der unmittelbaren Anpassung an wechselnde Zustände; die menschliche Technik weckt neue Bedürfnisse, sie dient der Schaffung wirtschaftlicher (und künstlerischer) Werte, der Zeitökonomie und der Vermehrung der freien Güter. [B 3484]

---

## Beryllіumherstellung, Brennstoffchemie und Abwasserfragen

Die 42. Hauptversammlung des Vereines utscher Chemiker, die vom 21. bis 26. Mai in eslau stattfand, brachte mehrere Vorträge, die auch für n Ingenieur von Bedeutung sind. Wie weit die Zusam- narbeit von Chemiker und Ingenieur fortschreitet, ließen e Vorträge deutlich erkennen.

In der ersten allgemeinen Sitzung sprach Prof. Dr. *Stock*, Karlsruhe, über

**Beryllium,**

s vor hundert Jahren fast gleichzeitig mit Aluminium rgestellt worden ist, aber erst heute durch das Verfahren n *Goldschmidt* und *Stock* in größeren Mengen hergestellt rden kann. Das Verfahren beruht auf der Elektrolyse es Beryllium-Barium-Fluoridgemisches bei über 1300 ° d wurde von Siemens & Halske, Berlin, technisch so weit rchgebildet, daß man hiermit Berylliumstücke von rd. g Gewicht und großer Reinheit erhält[1]). Das reine tall eignet sich wegen seiner großen Durchlässigkeit für rzwellige Strahlen (17 mal größer als bei Aluminium) r Anwendung in Röntgenröhren. Überraschend sind die glichkeiten für die Vergütung von Schwermetallen, ins- sondere von Kupfer, mittels Beryllium. Berylliumbron- n aus Kupfer mit zwei bis drei Hundertsteln Beryllium ben hohe elektrische Leitfähigkeit und chemische Wider- ndfähigkeit, lassen sich in der Kälte leicht bearbeiten d durch nachträgliches Erwärmen auf Stahlhärte bringen. sätze von 0,01 bis 0,02 vH Beryllium sind beim Guß von eitfähigkeitskupfer" als Desoxydationsmittel dem bisher meist benutzten Phosphor überlegen. Eine technische Zukunft ist auch für gewisse berylliumhaltige Eisenlegierungen zu erwarten. Der Preis für 1 g Beryllium wird nach der bevorstehenden Fertigstellung einer Betriebsanlage bei Siemens & Halske, die jährlich 1 t Metall liefern soll, etwa 1 *RM* betragen.

Weiter sprach Geh.-Rat Prof. Dr. *F. Haber*, Berlin, über

**Verbrennungs- und Explosionsvorgänge.**

Die frühere Ansicht, daß sich bei Bildung von Wasserstoffsuperoxyd in einer Knallgasflamme Sauerstoff- und Wasserstoffmoleküle durch Addition verbinden, ist zu ändern. Immer mehr rückt die Austauschreaktion in den Vordergrund. Bei Sauerstoff und Wasserstoff liefert Addition Hydroperoxyd, der Austausch zwei Hydroxyle. Die Erfahrung aber zeigt, daß bei gewöhnlicher Temperatur die chemisch verschiedenen Moleküle praktisch unbegrenzte Zeiten unverändert im Knallgasgemisch bestehen. Das Wesen des notwendigen Aktivierungsvorganges konnte man sich bis vor einem Jahr noch nicht vorstellen. Nun hat die wellenmechanische Betrachtungsweise den Wasserstoff, den wir bisher immer für eine einheitliche Form des Elementes gehalten haben, als ein Gemisch aus Ortho- und Parawasserstoff erklärt, das bei gewöhnlicher und höherer Temperatur im Gleichgewicht immer drei Teile des Ortho- und einen Teil des Parawasserstoffes enthält. Zu Beginn dieses Jahres wurde diese Voraussage durch Versuche von *K. F. Bonnhöffer* einwandfrei bestätigt.

Man kann nun den Mechanismus der Wasserbildung darstellen, indem man folgendes annimmt. Den Anfang wird die Umsetzung eines Sauerstoffmoleküls mit einem Wasserstoffmolekül zu zwei Hydroxylen geben, $H_2 + O_2 = 2\,OH$. Dieser Vorgang erfordert eine Aktivierungswärme

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 36 S. 1282.

und verläuft erst bei gesteigerter Temperatur. Jedes Hydroxyl wird mit dem molekularen Wasserstoff, auf den es trifft, in einer Austauschreaktion ohne Aktivierungswärme ein Molekül Wasser und ein Wasserstoffatom liefern können, also $OH + H_2 = H_2O + H$. Zwei Wasserstoffatome werden mit einem Sauerstoffmolekül wieder ohne Aktivierungswärme zwei Hydroxyle zurückbilden, $H + O_2 + H = 2\,OH$. Dies liefert eine Reaktionskette, die so lange fortschreitet, bis ein Hydroxyl und ein Wasserstoffatom in der Additionsreaktion zu Wasser zusammentreten. Um die hiermit aufgeschlossenen Elementarvorgänge übersichtlich ordnen zu können, müssen wir aber erst noch weitere Ergebnisse abwarten.

Sechs Fachgruppen haben in mehr als 140 Vorträgen die verschiedenen Arbeitsgebiete behandelt. Ohne dabei ein Werturteil über die Vorträge zu geben, soll hier über die für den Ingenieur wichtigsten Ergebnisse berichtet werden. In der Fachgruppe für Brennstoff- und Mineralölchemie behandelte ein großer Teil der Vorträge das Koksofen- und Braunkohlengas. Über die

**Zerlegung der Koksofengase und Ausnutzung ihrer Einzelbestandteile**

sprach Ing.-Chem. *J. Bronn*, Charlottenburg. Die von den Nebenprodukten gereinigten Koksofengase werden in mehrstufigen Verdichtern auf 10 bis 25 at verdichtet und unter diesem Druck zuerst mit Wasser und zuletzt mit Natronlauge zwecks völliger Entziehung des Kohlendioxyds gewaschen. Mittels Kühlung nach dem Gegenstromverfahren werden dann zuerst der Rest des Wassers und der Benzoldämpfe, dann die schweren Kohlenwasserstoffe (Äthylen, Äthan) niedergeschlagen. Die letzte Fraktion ist eine Art Blaugas. Ferner scheidet sich ein äthylenreiches Methangasgemisch und daraufhin äthylenarmes verflüssigtes Methan ab. Nach Auswaschen des Kohlenoxyds mittels flüssigen Stickstoffes verbleibt schließlich ein gasförmiges Gemisch von Wasserstoff und Stickstoff, das man ohne weiteres Nachreinigen für die Ammoniaksynthese benutzen kann.

Die Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, A.-G., hat für dieses Verfahren eine betriebsichere Anlage geschaffen. Die großen Mengen von Methan, die bei dem Verfahren gewonnen werden, benutzt man vorläufig als Heizgase. Versuche des Vortragenden zeigten aber die vorzügliche Eignung des Methans als Triebstoff für Lastwagenmotoren. Ein Sechstel der gesamten deutschen Einfuhr an Triebstoffen könnte leicht ersetzt werden, denn jährlich werden in Deutschland allein gegen 12 Milliarden m³ Koksofengas gewonnen.

Über die Wirkung von

**Antiklopfmitteln und ihre Abhängigkeit vom Brennstoff**

hat Prof. Dr. *A. Scharschmidt*, Berlin, gemeinsam mit Dr.-Ing. *H. Hofmeier* eine Reihe von Untersuchungen durchgeführt; dabei hat sich gezeigt, daß die Wirksamkeit der Antiklopfmittel sehr abhängig ist von der Art des Brennstoffes und daß man das Klopfen nur bis zu einer bestimmten Grenze unterdrücken kann. Diese Grenze der Wirksamkeit liegt aber bei den handelsüblichen Triebstoffen hoch genug. Aus den Versuchen ist zu schließen, daß die Antiklopfzahl von *Charch*[2]) für den Wert eines Antiklopfmittels nur von Bedeutung ist, wenn sie auf ein ganz bestimmtes Benzin bezogen wird. Nach den Versuchen zeigt Eisenkarbonyl die besten Mittelwerte. Die beobachteten Erscheinungen deuten darauf hin, daß der vorhandene Brennstoff den Zerfall des Antiklopfmittels weitgehend beeinflußt. Vermutlich spielen hierbei katalytische Vorgänge eine wichtige Rolle.

Dr. *K. Löffl*, Berlin, berichtete in der Fachgruppe für Fettchemie über

**Neue Anwendungsmöglichkeiten des Dispersoid-Druckverfahrens in der Fabrikation von Speiseölen und Fetten.**

Speiseöle und Fette werden entweder mittels Pressen oder mittels Extraktion und folgender Raffination des Rohöles hergestellt. Die mit Pressen erreichbare begrenzte Ausbeute kann man mit neuzeitlichen Extraktionseinrichtungen stark vergrößern. Dem Extraktionsverfahren hafteten aber noch größere Mängel an. Bei der Extraktion erhält man ein Gemisch (Extraktlösung), das etwa zu einem Drittel aus Öl und zu zwei Dritteln aus Lösungsmitteln besteht. Bei dem bisherigen Verfahren wurden bei der Destillation die wichtigen Wachstumstoffe (Vitamine) beträchtlich geschädigt. Um dies zu verhindern, werden nach dem neuen Verfahren Extraktion und Raffination so miteinander verbunden, daß schon das mit dem Lösungsmit verdünnte Öl ohne Lauge und Anwendung hoher Tempe tur entsäuert wird. Das neutralisierte Gemisch wird n auf verhältnismäßig niedrige Temperatur erwärmt, da mittels Düsen versprüht, wobei das Lösungsmittel v dampft. Die Farb- und Geruchstoffe werden nun mitt einer nach einem besonderen Verfahren hergestellten Ko beseitigt. In der Aussprache wurde allerdings vor ei zu großen Anhäufung von Wachstumstoffen in der M garine gewarnt.

In der Fachgruppe für Wasserchemie w den eine Reihe den Ingenieur unmittelbar berührende F gen behandelt. Dr. *Engler*, Stuttgart, sprach über Erfa rungen beim Betrieb einer

**Versuchsanlage des Städtischen Wasserwerkes Stuttgart z Aufbereitung von huminhaltigem Oberflächenwasser.**

Die Stadt Stuttgart beabsichtigt, einen Teil ihres kü tigen Wasserbedarfs mit Schwarzwaldwasser zu decken. D Wasser weist aber eine Gelbfärbung auf, die auf Zuflüs aus einem Moorgebiet zurückzuführen ist. Um die Mö lichkeit einer ausreichenden Reinigung zu beweisen, h man Versuche mit einer Klein-Schnellfilte anlage durchgeführt. Als Füllmittel dienten Aluminiu sulfat und Kalkhydrat. Die Reinigungswirkung wurde erster Linie am Rückgang der Färbung und an der A nahme des Verbrauches an Kaliumpermanganat[3]) gemesse Die Aufbereitung des Wassers wurde auch nach dem *Lühr schen* Verfahren mit Mangansand versucht. Mangansa vermag auch das huminhaltige Wasser ohne Zugabe so stiger Chemikalien zu reinigen. Die Erneuerung des F ters bedarf jedoch noch weiterer Ausbildung, auch ist d Leistung und damit die Wirtschaftlichkeit gering. Für d Entsäuerung des Wassers wurden mechanische und ch mische Verfahren herangezogen, wobei sich keine Schwi rigkeiten zeigten. Die Versuche ergaben insgesamt, d es mit einfachen Mitteln möglich ist, das Huminwasser einem vollkommen klaren, farblosen und geschmacklich ei wandfreien Wasser aufzubereiten.

**Über neuzeitliche Abwasserkläranlagen amerikanischer Großstädte**

sprachen Dr. *W. Hilland*, Bitterfeld, und *Fr. Mieder*, Leipzi *W. Hilland* behandelte die chemischen Verfahren und die den verschiedenen Staaten herrschenden Vorschriften üb die Abwasserreinigung. So darf z. B. in Milwaukee ke lästiges Abfallprodukt die Kläranlage verlassen. Der a fallende Schlamm der Belebtschlammanlage wird desha zu trockenem Dünger mit 6,5 bis 7,5 vH Stickstoff ve arbeitet. In Indianapolis werden die Küchenabfälle ve wertet, die 5 vH Nutzstoffe enthalten. Die Anlage arbeit aber bis jetzt nicht wirtschaftlich.

Über rein technische Fragen berichtete *Fr. Mieder*. machte auf einige in Deutschland bisher weniger bekan gewordene Neuerungen aufmerksam. Beachtenswert ist ei Sandfangkonstruktion mit maschinell betrieb nen Kratzern, die sich in quadratischen Becken mit ausg rundeten Ecken im Kreise bewegen. Dabei schieben sie d abgeschiedenen Schwerstoffe nach einer Außenseite; do wird der Sand mittels Krählwerke in Rinnen von den n ihm vermischten organischen Stoffen nahezu völlig befre und in ein Becherwerk gefördert. Neu ist auch eine v die Sandfänge geschaltete Art von Spülbecken (ski ming tanks), die in rd. 15 min durchlaufen werden. A der Sohle sollen sich die schweren Sinkstoffe und an d Oberfläche die Fehlstoffe abscheiden. Rieselfeld- und Fisc teichanlagen begegnet man nirgends. Dagegen wird d künstliche biologische Tropfkörperverfahren auch bei Ne anlagen heute noch vielfach angewandt. Die Schlammbel bungsanlagen arbeiten größtenteils ohne vorgeschaltete A sitzbecken oder -brunnen.

**Den Bau eines Nachfaulraumes**

und die Möglichkeiten der Begünstigung der Schlammau faulung behandelte Prof. Dr.-Ing. *Heilmann*, Halle a. Saale. Die Faulräume der Emscherbrunnenanlage Hal sind zu klein. Die Ausfaulung des Klärschlammes ka verbessert werden durch den Bau eines Nachfaulraum oder durch Verstärken der Schlammausfaulung im Emsch brunnen. Weitere Versuche über Kalkung und Heizung d Emscherbrunnen-Faulräume sind im Gange. Der günstig $p_H$-Wert[4]) für die Ausfaulung liegt bei 7,3 bis 7,6.

[N 3545] *Schwenninger*

[2]) „Industrial Engineering Chemistry" Bd. 18 (1926) S. 334.

[3]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 16 S. 553.

[4]) Negativer Logarithmus der Konzentration von Wasserstoffion

# UNDSCHAU

## Schiffs- und Seewesen

### tapellauf des Kreuzers „Leipzig“

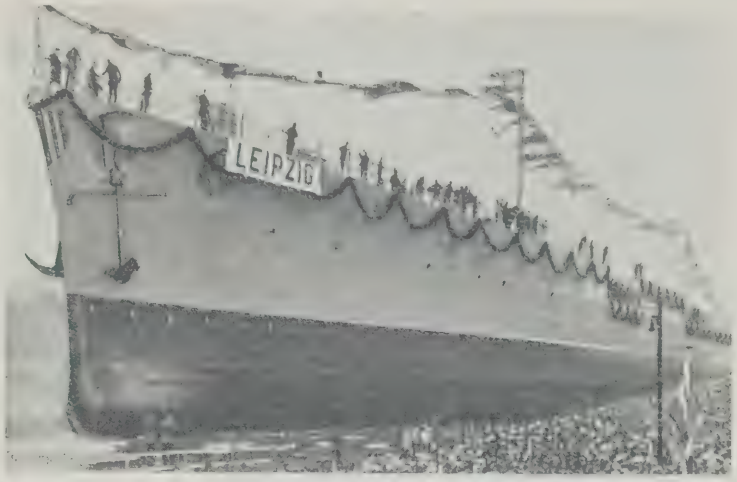



**Abb. 3**
Der Stapellauf.

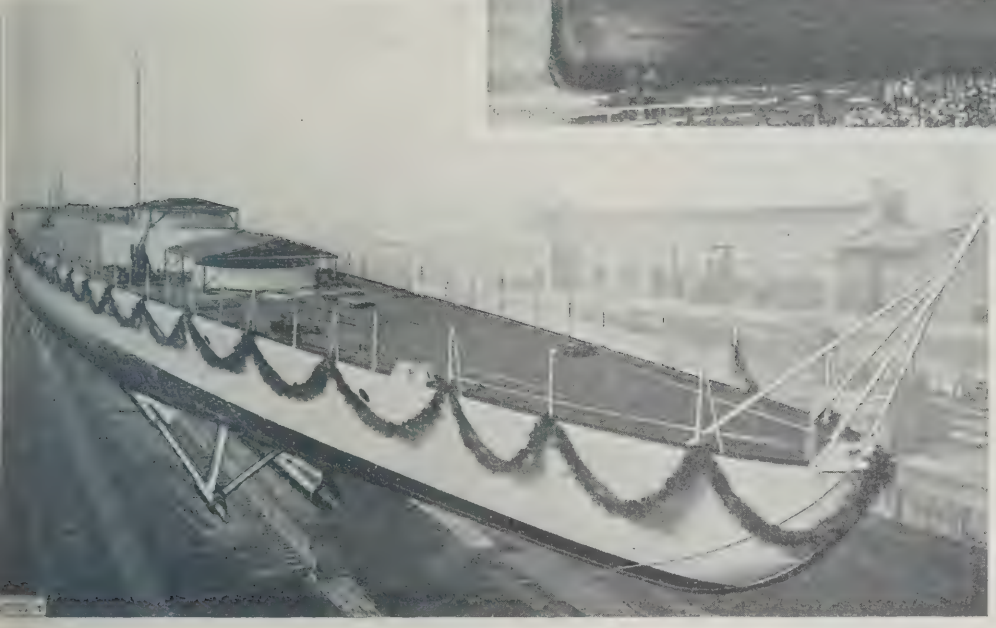


**Abb. 4**
Der Kreuzer „Leipzig“ von hinten gesehen.

Der bei der Marinewerft, Wilhelmshaven, in Bau bedliche Kreuzer „E“, Abb. 1 und 2, lief am 18. Oktober J. glücklich vom Stapel und erhielt dabei den Namen eipzig“. Das Schiff hat 165,77 m Länge in der Wasserie, 16,3 m Breite, 4,75 m Tiefgang, 9 m Seitenhöhe und, e im Friedensvertrage vorgeschrieben, 6096 t Verdränng. Die Maschinenanlage besteht aus zwei Turbinenzen mit Rädergetrieben für die Außenwellen und einer eselmotoranlage, die die Mittelwelle antreibt. Der Dampf rd in sechs Doppelender-Ölkesseln erzeugt. Die gesamte schinenanlage leistet 72 000 PS an der Welle, womit Kn Geschwindigkeit erreicht werden sollen. Bei 14,5 Kn rschgeschwindigkeit und normalem Brennstoffvorrat begt der Fahrbereich mit Dieselmotoren allein rd. 3800 Seelen und nach Verbrauch des Treiböls mit der Turbinenge weitere 3200 Seemeilen, also insgesamt 7000 Seeilen.

Die Bewaffnung besteht aus neun 15 cm-Geschützen in llingstürmen, vier 8,8 cm-Flugzeug-Abwehrkanonen und vier Drillingstorpedorohren. Von den Türmen stehen einer auf der Back und zwei achtern, davon der vordere erhöht.

Wie die gelegentlich des Stapellaufes aufgenommenen Lichtbilder, Abb. 3 und 4, erkennen lassen, hat das Schiff einen *Taylor*-Bugwulst erhalten, den man auch bei älteren deutschen Kriegsschiffen bereits angewendet hat. Solch eine Bugform, deren Vorzüge man in Deutschland durch Schleppversuche weitgehend geklärt hat, weist auch der Schnelldampfer „Bremen“ auf.

Außerdem hat das Schiff seitliche Wulste und dadurch ein gefälliges Aussehen erhalten. Für die Verbindung der einzelnen Bauteile hat man das Schweißverfahren weitgehend benutzt. Äußerlich betrachtet, wird sich der Kreuzer „Leipzig“ von den Kreuzern der Königsbergklasse darin unterscheiden, daß er nur einen Schornstein erhält. Von dem bei jenen Schiffen angewendeten Spiegelheck ist man bei diesem neuesten Kreuzer wieder abgegangen.

[M 3710] *W. S.*

Länge in der Wasserlinie rd. 166 m,
Breite 16,3 m, Tiefgang 4,75 m,
Wasserverdrängung 6096 t,
Maschinenleistung rd. 72 000 PS,
Fahrgeschwindigkeit 32 Kn.

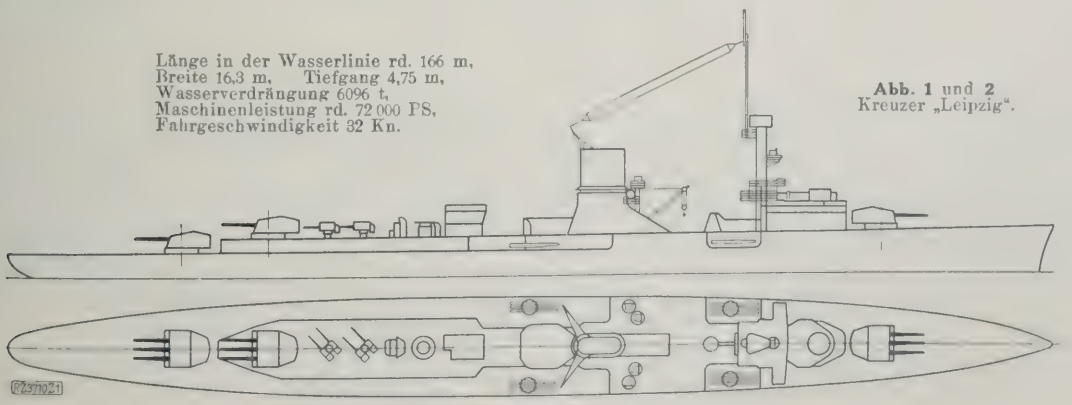


**Abb. 1 und 2**
Kreuzer „Leipzig“.

Abb. 8
Lagerplatzbrücke von der Seite des Schwenkpunktes aus.

Abb. 5
Lageplan des Kohlenplatzes.

## *Fördertechnik*

### Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatz brücke

Die städtischen Elektrizitätswerke Dresden haben ihrem Westkraftwerk seit dem Sommer 1928 ein ne Kesselhaus mit fünf Hochleistungskesseln in Betrieb. D der neuen Kessel sind mit Schürrosten und Kohlenstau Zusatzfeuerungen, zwei mit reiner Kohlenstaubfeuerung au gerüstet. Im Zusammenhang mit dieser Erweiterung Betriebes mußte auch eine neuzeitliche Kohlenförderanla errichtet werden.

Die Ausschreibung machte zur Bedingung, offene Güt wagen rasch entladen zu können, wobei die Kohlen, u zwar fast ausschließlich kleine Preßlinge, entweder stapelt oder dem neuen Kesselhaus zugeführt werden soll Das Kohlenlager, Abb. 5, muß bei etwa 4 m Schütthöhe 20 000 t fassen. Die Beförderung vom Lager zum neu Kesselhaus soll ebenfalls leicht und sicher durchführb sein.

Nach sorgfältiger Prüfung der verschiedenen Vorschlä fiel die Wahl auf eine Elektrohängebahn mit schwenkbar Lagerplatzbrücke nach Abb. 6 und 7. Die von den Mitt deutschen Stahlwerken, A.-G., Lauchhammer, erbaute A lage besteht aus dem festen Strang *a* über dem Aufstellgle für die Reichsbahnwagen, der um einen Punkt schwen baren Lagerplatzbrücke *b*, die durch eine Weiche *c* mit de festen Strang verbunden ist, und einem unterirdischen Fö derband. Dieses Band wird über einen Bunker $d_1$ am Dre punkt der Brücke beschickt. Ein zweiter Bunker $d_2$ für Staubkohle bestimmt, die mittels Druckluft weitergel tet wird. Die Lagerplatzbrücke auf dem Kohlenlagerpla besteht aus einem Paralleträger in großmaschiger Fac werkkonstruktion.

Am festen Turm ruht die Brücke auf vier in zw Schwingen gelagerten Stahlgußrollen, die auf einem g schlossenen Schienenkranz *e* von 5,2 m Dmr. laufen. D Pendelstütze *f* fährt mit vier Stahlgußrädern im Bogen a einer Schiene, die auf einem durchlaufenden Betonfund ment ruht. Je zwei Räder ruhen in Schwingen aus Sta in jeder Schwinge befindet sich ein geschlossener Fah motor von 21 PS.

Die Fahrgeschwindigkeit der Brücke beträgt an d Pendelstützenseite rd. 25 m/min. Zwei elektromagnetisc Backenbremsen bringen beim Ausschalten des Arbeitsstr mes die Brücke zum Stillstand und halten sie auch b einem Winddruck von mehr als 50 kg/m² sicher fest. D Fahrsteuerwalze ist in Mitte jeder Brückenlängsseite b quem zu erreichen. Der Führer tritt aus dem Führersta der Katze auf eine Brücke und betätigt ein Handrad, b die gewünschte Stellung der Brücke erreicht ist.

Die aufklappbare Weiche zur Verbindung des fest Stranges der Elektrohängebahn mit der schwenkbar Brücke, Abb. 8, besteht aus einem Rahmen in Prof eisenkonstruktion mit daran hängender gerader Schie einem Überlaufstück aus Stahlguß mit Stahlzunge, sow dem Mechanismus zum Stellen der Weiche. Die Weic

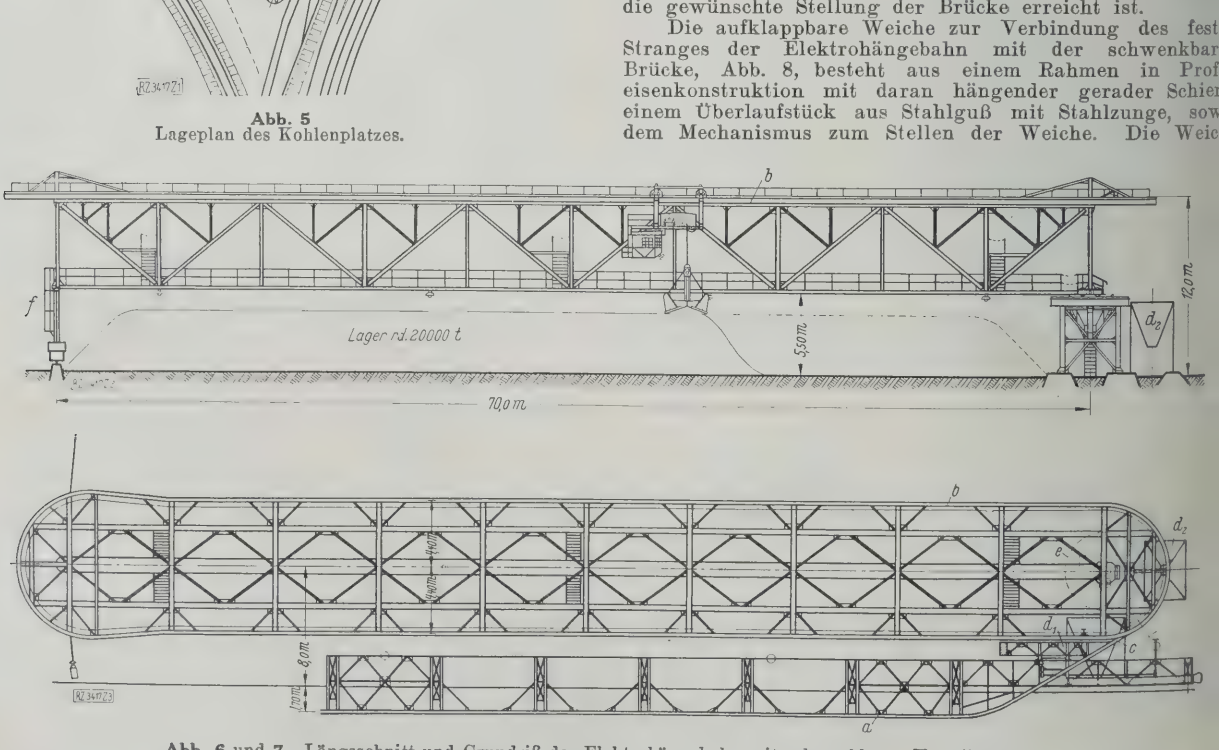



**Abb. 6 und 7. Längsschnitt und Grundriß der Elektrohängebahn mit schwenkbarer Verteilerbrücke.**
*a* Fester Strang *b* schwenkbare Lagerplatzbrücke *c* Weiche $d_1$ Bunker für Stückkohlen $d_2$ Bunker für Staubkohlen *e* Schienenkranz von 5,2 Dmr. *f* Pendelstütze

rd vom Führer mit der Hand betätigt, und zwar ent-der von der Katze oder von einem Laufsteg aus, der über Weiche liegt. Der Bedienungsmann kann die Weiche allen Stellungen beobachten und sich von ihrer richtigen ge überzeugen. Die Weiche ist durch elektrische Schal- blockiert, so daß die Greiferkatze bei nicht ganz ge-lossener oder unvollständig geöffneter Weiche keinen om erhält. Die Katze bleibt also zwangläufig so lange hen, bis die Weiche in Ordnung ist. Die Weiterfahrt ist t möglich, nachdem der selbsttätige Hauptschalter mit llspannungsauslösung von Hand eingelegt worden ist.

Der Aufstieg zur Brücke geschieht vom festen Turm s über eiserne Treppen. In Brückenmitte befindet sich Laufsteg aus gelochtem Blech mit beiderseitigem Ge-der. Von hier aus ist an sechs Stellen über entspre-nde Treppen und Absätze die Laufkatze bequem zu er-chen. Die Greiferlaufkatze besteht aus zwei Fahrgestel-, die durch je einen geschlossenen Motor angetrieben rden, dem Hubwerk mit Greifer und dem Führerhaus. Lauchhammer [M 3417] Obering. *Schlegel*

## Drahtseilforschung

Am 3. Juli 1929 tagte der Ausschuß für Drahtseil-schung des Vereines deutscher Ingenieure in Stuttgart. r Obmann des Ausschusses, Prof. *Woernle*, unterstrich die deutung der Drahtseilforschung durch Hinweis auf gleich-fende, durch große Mittel gestützte Bestrebungen der nerican Society of Mechanical Engineers.

Dipl.-Ing. *Herbst* berichtete über seine in der Seilprü-gsstelle der Westfälischen Berggewerkschaftskasse Bo-um vorgenommenen

### Dauerbiegeversuche mit Drahtseilen.

Die benutzte Maschine[1]) ist mit drei Scheibenpaaren aus-stattet. Die oberen Scheiben sitzen auf einer gemeinsamen elle und werden in hin- und herdrehende Bewegung ver-zt. Die unteren können durch Gewichte oder Druck-rauben mit zwischengeschalteten Meßgeräten und Hebel-ersetzung belastet werden. Mittels auswechselbarer Schei-nkränze von 1 bis 3 m Dmr. können Seile bis etwa 40 mm nr. untersucht werden. Die größte Belastung des Seiles trägt 25 t.

Gegenstand der Versuche waren die Untersuchung des nflusses der Drahtbeschaffenheit auf die Widerstandfähig-it der Seile, sowie der Vergleich von Drahtprüfungsergeb-ssen mit denen der Drahtbewährung im Seil. Man mußte shalb zunächst einerseits Einflüsse der Flechtung mög-hst ausschalten, anderseits möglichst Seile mit Drähten rschiedener Herkunft verwenden. Die Seile von 18 mm nr. hatten daher die einfachste Flechtung: eine Faser-ele, sechs Litzen zu je sieben Drähten von 2 mm Dicke, reuzschlag mit übereinstimmenden Schlaglängen; ge-üft wurden blanke und verzinkte Seile in Festig-iten von 120 bis 130, 150 bis 160, 170 bis 180, 200 kg/mm²

[1]) Nach Angaben von Dipl.-Ing. *Herbst* von den Eisen- und Hütten-rken A.-G., Bochum, gebaut; vergl. a. Z. Bd. 72 (1928) S. 345.

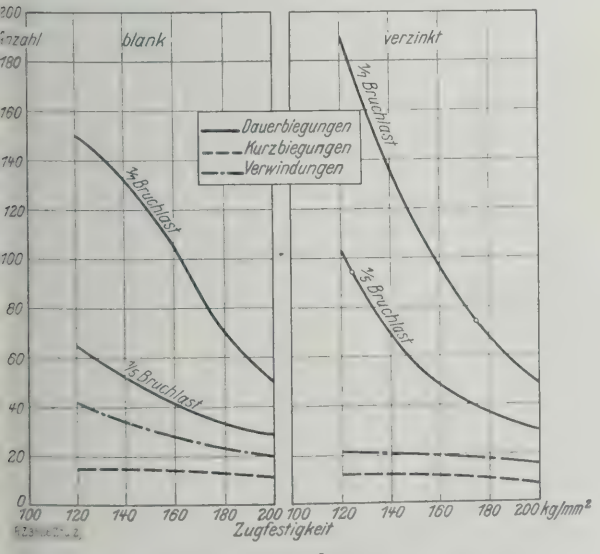



**Abb. 9 und 10**
Vergleich von Dauerbiegungen der Seile (Ordinaten × $10^3$) mit Kurzprüfungen (Hin- und Herbiegungen, Verwindungen) der Drähte.

**Abb. 9** Bei blanken Seilen. **Abb. 10** Bei verzinkten Seilen.

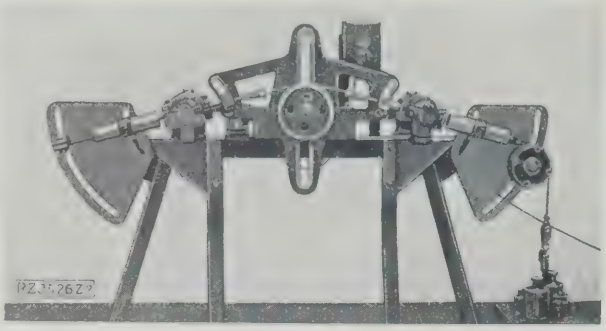


**Abb. 11**
Dauerprüfmaschine für Drähte, Bauart Woernle.

und mehr, und zwar von drei verschiedenen Herstellern, insgesamt also 24 Seile. Benutzt wurden Scheiben von 1 m Dmr. $\left(\frac{D}{d} = 55\,;\ \frac{D}{\delta} = 500\right)$[2]), die Rillenform wies 9,5 mm Halbmesser und Flanken unter 30 ° gegen die Mittelebene auf. Die Versuche wurden durchgeführt unter Belastungen mit $^1/_5$ und $^1/_7$ der ermittelten Seilbruchlast.

In gleicher Weise wie bei den Versuchen von Prof. *Woernle*[3]) ergab sich mit zunehmender Festigkeit sehr regelmäßig eine Abnahme der Biegezahlen bis zum Bruch des Seiles. Abb. 9 und 10 geben einen Überblick über die wichtigsten Ergebnisse. Der Unterschied fällt bei der geringeren Belastung von $^1/_7$ Bruchlast noch stärker aus als bei der höheren von $^1/_5$ Bruchlast. Eine Steigerung der Biegezahlen ergibt sich ferner bei verzinkten gegenüber blanken Drähten[4]), sowie bei geringerer gegenüber höherer Belastung. Letzteres ist leicht dadurch erklärlich, daß bei höherer Belastung schon eine geringere Anzahl von Drahtbrüchen genügt, um den Bruch des Seiles herbeizuführen. Bei Verzinkung ergaben weichere Seile bei gleicher spezifischer Belastung günstigere Werte als härtere. 25 kg/mm² Belastung entspricht z. B. bei Belastung von $^1/_5$ Bruchlast einer Zugfestigkeit von 125 kg/mm², bei $^1/_7$ jedoch einer solchen von 175 kg/mm². Aus der Darstellung ergeben sich für das Seil von 125 kg/mm² bei Belastung mit $^1/_5$ Bruchlast 95 000 und für das Seil von 175 kg/mm² bei Belastung mit $^1/_7$ Bruchlast 74 000 Biegungen. Legt man beim Vergleich nicht die Biegezahlen bis zum Bruch, sondern nur diejenigen bis zu einer bestimmten Zahl von Drahtbrüchen zu Grunde, etwa 20 auf 0,5 m Seillänge, so zeigen sich auch weiche blanke Seile in ähnlichem Maße günstiger als harte blanke.

Die Ergebnisse der Dauerbiegungen im Seil wurden mit denen folgender Drahtkurzprüfungen verglichen: Hin- und Herbiegung mit 10 mm Dmr. des Biegezylinders, Verwindung mit 150 mm Verwindelänge, Wechselverwindung mit jeweils vier Verwindungen in jeder Richtung, Doppelverwindung von zwei Drahtstücken umeinander, Dehnungs- und Einschnürungsmessung. Auch Dauerbiegungen der Drähte mit 100 mm Rillengrundhalbmesser und Belastung gleich $^1/_7$ Bruchlast wurden vorgenommen. Ein sicheres Verhältnis zwischen den Ergebnissen von Seilbiegungen und Drahtkurzprüfungen wurde nicht gefunden. Die Vergleichwerte der Hin- und Herbiege- und Verwindungszahlen sind in den Abb. 9 und 10 angegeben. Nur bei blanken Seilen nahm die Verwindefähigkeit in ähnlicher Weise wie die Seilbiegezahl ab.

Den erwähnten Drahtprüfungen, seien es Kurz- oder Dauerprüfungen, ist nach diesen Versuchen nur ein beschränkter Wert beizumessen. Man kann mit ihnen wohl offenbar mangelhafte Drähte ausscheiden. Eine gute Bewährung im Seil kann aber höchstens auf Grund gleichzeitig guter Ergebnisse in mehreren Prüfungsarten erwartet werden, von denen dasjenige der Zugprüfung besonders hoch zu bewerten ist.

Prof. *Fick* vom Staatlichen Materialprüfungsamt in Berlin-Dahlem sprach über die von diesem Amt zusammen mit der Verwaltung der Märkischen Wasserstraßen (Neubauamt Eberswalde) durchgeführten

### Dauerversuche mit sechslitzigen Drahtseilen von etwa 50 mm Dmr.[4a])

Die Ergebnisse der mit Seilen von verschiedener Machart und gleichem Drahtwerkstoff unter gleichen Betriebsbedingungen ausgeführten Versuche zeigten, daß neben der Machart auch die Sorgfalt der Herstellung von erheblicher Bedeutung für die Lebensdauer der Seile ist.

[2]) $D$ bedeutet Scheibendurchmesser, $d$ Seildurchmesser, $\delta$ Drahtdicke.
[3]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 417. [4]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 425.
[4a]) Vergl. *Freund*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 3 S. 73.

Welchen bisher unbekannten Einflüssen die Versuchsergebnisse von Drahtseilen unterworfen sind, zeigten Zugversuche mit 10 m langen Abschnitten der gleichen Seile. Dehnungsmessungen bei stufenweise auftretender, mehrmals wiederholter Belastung ergaben für 10 über die ganze Länge verteilte Meßstrecken erheblich voneinander abweichende Dehnungswerte, infolge verschiedener Änderung des Seilschlages innerhalb der einzelnen Meßstrecken, die durch Messung der Verdrehung der Endquerschnitte der Meßstrecken gegen die Seilenden festgestellt wurde. Anscheinend ist es nicht möglich, die Probeabschnitte aus einem ganzen Seil zu entnehmen, ohne daß an ihren Enden eine Änderung des Schlages eintritt, die sich bei der Belastung allmählich ausgleicht. Je nach der Länge oder der Lage der Meßstrecke im Probeabschnitt ergeben sich infolgedessen verschiedene Dehnungswerte und aus ihnen natürlich auch Unterschiede in der Größe des berechneten Elastizitätsmoduls. Hiervon abgesehen ist es ferner nicht möglich, für den Elastizitätsmodul eine bestimmte Zahl für ein bestimmtes Seil anzugeben, weil sein Wert sich mit der Zahl der Belastungen und der Höhe der Spannungsgrenzen beträchtlich ändert.

Außer diesen für die prüftechnische Erkenntnis wichtigen Untersuchungen wurden Versuche mit den Seilen zur Ermittlung der Seilsteifigkeit auf einem von der Verwaltung zu diesem Zwecke hergestellten Versuchsturm ausgeführt[5]). Diese Versuche ergaben zunächst die bei verschiedenen Geschwindigkeiten und Anfahrzeiten auftretenden Gesamtwiderstände, aus denen die Einzelwiderstände (Beschleunigung, Lagerreibung und Seilsteifigkeit) unter Benutzung der auf einer besonderen Anlage bestimmten Lagerreibung und der selbstätig aufgezeichneten Fahrdiagramme zu berechnen sind.

Prof. *Benoit* verwies auf den günstigen Einfluß der Gummifütterung von Rillen, insbesondere bei Rollenbatterien, auf die Lebensdauer von Drahtseilen.

Prof. *Woernle* berichtete noch kurz über Versuche zur Klärung des Einflusses der Länge des Seilbiegeabschnittes auf die Ergebnisse bei der Dauerprüfung, über den Einfluß der Schlaglänge und der Flechtwinkel auf die Lebensdauer von Seilen. Es zeigte sich wieder[6]) der günstige Einfluß der Anordnung gleicher Schlaglängen der Drahtlagen in den Litzen.

Im Gegensatz zu den Darlegungen in der Sitzung vom 6. November 1928 haben inzwischen eingehende Versuche bei der Firma Felten & Guilleaume-Carlswerk, A.-G., Köln-Mülheim, gezeigt, daß sich auch Trulay-Seile bei sorgfältiger Ausführung der Spleißung ebenso sicher spleißen lassen wie gewöhnliche Seile[6]).

Im Anschluß an die Sitzung wurde im Institut für Fördertechnik der Technischen Hochschule Stuttgart eine von Prof. *Woernle* entworfene neuartige Dauerprüfmaschine für Drähte im Betrieb vorgeführt, Abb. 11. Der um eine Scheibe gelegte Draht wird von beiden Enden her um seine Achse in Drehung versetzt. Auf diese Weise werden nach Maßgabe des Krümmungshalbmessers der Scheibe Biegungsspannungswechsel im Draht erzeugt. [M 3526] *Woernle*

[5]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 3 S. 73.
[6]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 425.

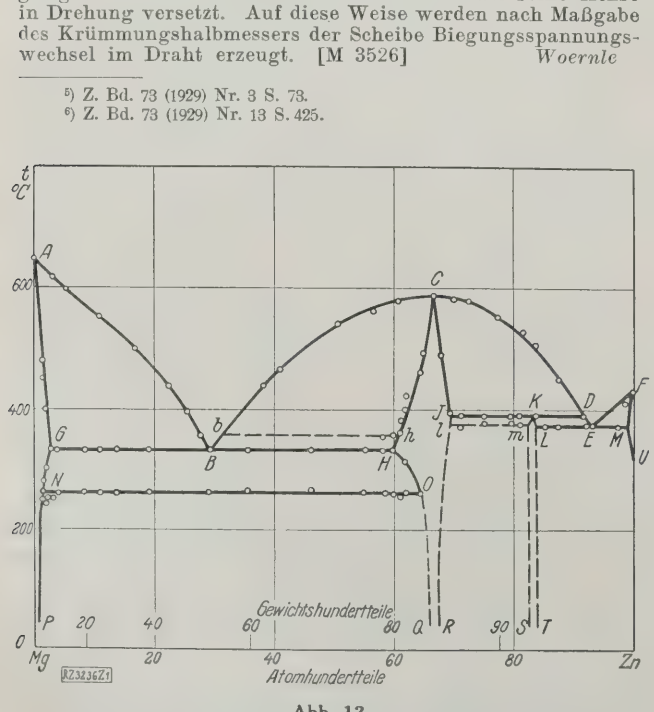



**Abb. 12**
Das Zustandsschaubild der Magnesium-Zinklegierungen.

# *Werkstoffe*

## Das Zustandsdiagramm der Magnesium-Zink-Legierungen

Die Magnesium-Zink-Legierungen haben in letzter Ze eine größere technische Bedeutung erlangt; erinnert s nur an die Vergütung. Mit Rücksicht hierauf sind dah eine Reihe von Untersuchungen angestellt worden, die i folgenden besprochen werden sollen. Bekannt ist das Vo handensein der Verbindung $Mg\,Zn_2$[1]). *W. Schmidt* u *M. Hansen*[2]) haben hinsichtlich der Vergütbarkeit d Magnesiums durch Zinkzusatz die Löslichkeit des Zink in festem Magnesium untersucht und gefunden, daß bei d eutektischen Temperatur von 344 °C etwa 6 vH, bei Zimme temperatur etwa 1,8 vH Zink von Magnesium in fest Lösung aufgenommen werden. Weiterhin sind durch d thermischen und mikrographischen Untersuchungen v *R. Chadwick*[3]) unsere Kenntnisse von Magnesium-Zink-L gierungen erheblich erweitert worden.

Hiernach tritt außer der Verbindung $Mg\,Zn_2$ in de Zustandsschaubild, Abb. 12, noch die Verbindung $Mg\,Z$ auf, die in den Legierungen zwischen 9 und 30 Ato hundertteilen Magnesium durch eine peritektische Reakti der primär ausgeschiedenen $Mg\,Zn_2$-Kristalle mit ein zinkreicheren Schmelze bei 381 ° gebildet wird. Aus d Diagrammen ist weiter zu entnehmen, daß die Verbindu $Mg\,Zn_2$ mit Zink und mit Magnesium in begrenztem U fange Mischkristalle bildet, und daß ferner Zink gerin Mengen von Magnesium aufzunehmen vermag.

Endlich ist von *Grube* und *Burkhardt*[4]) eine sehr au führliche Untersuchung über das Zustandsschaubild dies Legierungssystems angestellt worden, und zwar auf Gru von Messungen der elektrischen Leitfähigkeit, der therm schen Ausdehnung und der Härte. Die verschiedenen Eige schaftskurven führen zu übereinstimmenden Ergebnisse sie bestätigen zum großen Teil die Messungen von *Cha wick* und bringen noch verschiedene neue Gesichtspunk hinein.

Wie das Zustandsschaubild in nunmehr endgültig Form zeigt, ist auf der Seite des Magnesiums das Gebi der homogenen Mischkristalle von der Temperaturordina und ferner von dem Kurvenzug AGNP begrenzt. Der En punkt der eutektischen Waagerechten G wird bei der Ko zentration von 6,5 Gewichtshundertteilen Zn gefunden, d mit dem von *Schmidt* angegebenem Wert praktisch übe einstimmt. Die für die Vergütung des Magnesiums dur Zink wichtige Löslichkeit des Zinks im Magnesium beträ somit:

bei 250° : 3,5 Gewichtshundertteile,
„ 280° : 4 „
„ 300° : 5 „
„ 332° : 6,5 „

Die Verbindung $Mg\,Zn_2$ bildet mit Magnesium Misc kristalle; die Grenze des Gebietes dieser homogenen Misc kristalle ist durch den Kurvenzug *C h H O Q* angegebe Die Entmischungslinie *H O Q* ist nun in dem Gebiet *H* scharf festgelegt. *H* liegt bei 80 und *O* bei 83 Gewicht hundertteilen Zink.

Die Linie *b h*, Abb. 12, ist sowohl von *Chadwick*, w von *Grube* und *Burkhardt* gefunden, und deutet darauf hi daß eine Reaktion in der teilweise geschmolzenen Legi rung vor sich geht, über deren Natur jedoch bisher nich gesagt werden kann.

Die Legierungen zwischen der Konzentration der Ve bindung $Mg\,Zn_2$ und des Punktes *D*, Abb. 12, scheiden na *Chadwick* beim Erstarren primär Mischkristalle von $Mg\,Z$ mit Zink aus, deren Zusammensetzung durch die Solidu kurve *J C* angegeben ist. Bei der Temperatur der Waag rechten *J K D* reagieren die Mischkristalle der Konze tration *J* mit der Schmelze der Konzentration *D* unter Bi dung einer neuen Verbindung der Formel $Mg\,Zn_5$, der Konzentration im Zustandsschaubild durch den Punkt angegeben ist. Die Temperatur dieser Waagerechten wi zu 381 ° angegeben.

Ferner ist zu ersehen, daß $Mg\,Zn_5$ mit Zink u Magnesium Mischkristalle in sehr beschränktem Umfan bildet. Das Gebiet dieser homogenen Mischkristalle i durch den gestrichelt gezeichneten Kurvenzug *S m K L* angedeutet.

Die Leitfähigkeitsisothermen lassen deutlich die g samten Mischkristallgebiete, sowie die der heterogenen G menge erkennen. Die beiden auftretenden Verbindunge sind durch scharf hervortretende Spitzen erkenntlich. Au die Kurven der thermischen Ausdehnung in Abhängigke

[1]) *G. Grube*, Z. f. anorg. Chemie Bd. 49 (1906) S. 77.
[2]) Z. f. Metallk. Bd. 19 (1927) S. 452.
[3]) Journ. Inst. of Metals Bd. 39 (1928) S. 285.
[4]) Z. f. Elektrochemie Bd. 35 (1929) S. 315.

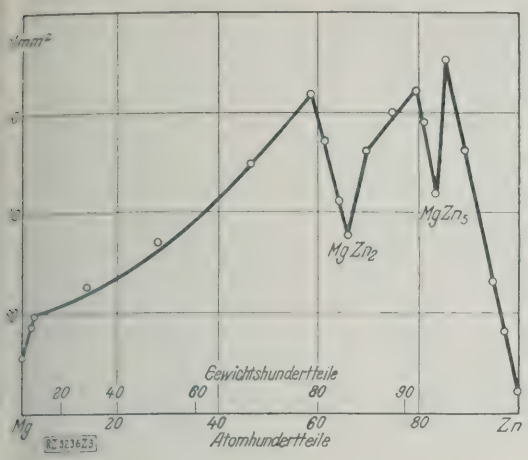



**Abb. 14**
Die Brinellhärte der Magnesium-Zinklegierungen.

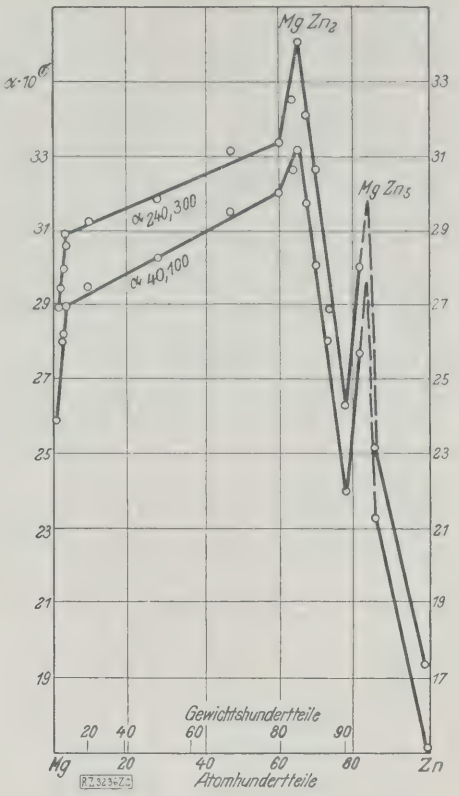



**Abb. 13**
Lineare thermische Ausdehnungszahl der Magnesium-Zinklegierungen.

n der Konzentration lassen zum großen Teil die verhiedenen Phasengebiete erkennen. In dem Konzentraionsgebiet von $MgZn_5$ konnte die thermische Ausdehnung egen der Brüchigkeit der Legierungen nicht untersucht erden. Wegen der Wichtigkeit für praktische Zwecke nd die Ausdehnungskurven, Abb. 13, und auch die Härteurve, Abb. 14, der ganzen Legierungsreihe wiedergegeben. an sieht hier gewaltige Unterschiede der Zahlen bei den rschiedenen Konzentrationen.

Noch nicht besprochen sind in dem Zustandsschaubild, bb. 12, die Umwandlungswaagerechten *N O* und *l m*, die n *Grube* und *Burkhardt* gefunden sind. Diese kommen zu r Annahme, daß auf der Waagerechten *l m* bei 375 ° eine lymorphe Umwandlung der Verbindung $MgZn_5$, auf der aagerechten *N O* (bei 270 °) die Bildung einer neuen Verndung unbekannter Zusammensetzung stattfindet. Diese nnahme wird, unterstützt durch Messungen der Röntgenruktur, bestätigt. [M 3236]

Berlin *A. Schulze*

## *Technische Physik*

## Internationale Tagung der Vertreter der Aerodynamik in Aachen

Zur Einweihung des Neubaues des Aerodynamischen stitutes der Technischen Hochschule Aachen, fanden sich n 26. bis 29. Juni 1929 etwa 100 Vertreter der Aerodynaik zu einer wahrhaft internationalen Tagung ein. Es aren nicht nur fast alle europäischen Länder, sondern B. auch Japan vertreten. An dieser Stelle soll nur über e wichtigsten der 27 gehaltenen Vorträge berichtet erden.

*L. Prandtl*, Göttingen, sprach über den

**Einfluß stabilisierender Kräfte auf die Turbulenz.**

cteorologische Beobachtungen führten zu folgender Beachtung der Energiebilanz an einem Volumenelement in ner turbulenten Strömung: Bestehen Dichteunterchiede (Warmluft über Kaltluft, Süßwasser über Salzasser) quer zur waagerechten Hauptströmungsrichtung, ist zur Aufrechterhaltung der Turbulenz im Volumenement entgegen der Schwere eine Arbeit erforderlich, der i einem Geschwindigkeitsgefälle eine Arbeitsleistung der folge Impulsaustausch auftretenden (scheinbaren) Schubannungen gegenübersteht. Die Turbulenz bleibt in ihrer ärke nur erhalten, wenn die zweitgenannte (am Element ißere) Arbeit überwiegt. Entsprechende Verhältnisse tren auch überall innerhalb von Flüssigkeiten gleicher Dichte ei Bewegung auf gekrümmten Bahnen inlge Zentrifugalwirkung ein. Besondere Experimentalnordnungen sind erdacht worden und werden in Göttingen probt.

Im engsten Zusammenhang hiermit stand der Vorag von *A. Betz*, Göttingen. Er berichtete über Versuche, us denen hervorgeht, daß, der Theorie entsprechend, die renzschicht an einer hohlgewölbten Fläche sehr viel turulenter und dadurch entsprechend dicker ist als bei einer haben gewölbten Fläche. Bei den meisten Krümmern t annähernd kreisförmigem oder quadratischem Querhnitt wird diese Erscheinung durch die Sekundärströmung on Mitte außen längs des Umfangs oben und unten nach itte innen und in der Mitte zurück) verwischt; denn diese ängt die entstehenden Reibungsschichten nach der nenseite des Krümmers. Um bei den Versuchen diese örende Nebenerscheinung zu vermeiden, wurde ein Krümer von länglich rechteckigem Querschnitt auf der Schmalseite stehend ausgeführt. Hier ergab sich auf der Außenseite ein wesentlich stärkeres Totwasser als innen. Die Versuche ergaben sehr große Einflüsse der Krümmung, die sich wahrscheinlich bei vielen Grenzschichtvorgängen geltend machen.

**Turbulenz**

Zur Theorie berichteten über eine Arbeit, die einen wesentlichen Fortschritt der klassischen Behandlungsweise bedeuten dürfte, *W. Tollmien*, Göttingen[1]), und über den ersten Teil einer von der statistisch-kinetischen Seite durchgeführten Untersuchung *J. M. Burgers*, Delft[2]). Über sehr genaue Messungen (0,5 bis 1 vH mittlerer Fehler) bei *Reynoldsschen* Zahlen $\frac{v\,d}{Z}$ von 2 bis 3 Mill. in geraden Rohren sprachen *L. Schiller*, Leipzig und *J. Nikuradse*, Göttingen. Der Widerstandsbeiwert sinkt weiter, aber weniger stark als man nach *Jakob* und *Erk*[3]) extrapolieren würde; das Geschwindigkeitsprofil wird immer völliger; das $^1/_7$-Potenz-Gesetz stellt also sicher kein allgemein gültiges Gesetz dar und gilt als gute Näherung nur im Bereich bestimmter *Reynoldsscher* Zahlen. Bei 2 bis 3 Mill. paßt besser etwa die $^1/_{10}$-Potenz.

**Grenzschicht, Wirbel in idealer und zäher Flüssigkeit**

*T. Levi-Civita*, Rom, teilte eine Formulierung der Grenzschichtgleichungen mit, die die Erweiterung auf dreidimensionale Fälle formal leicht gestattet und auch in der Ebene fruchtbar zu werden verspricht. Über sehr fleißige Rechnungen betr. Wirbelstraßen verschiedener Anordnung zwischen parallelen Wänden und ihre interessante Stabilität sprach *L. Rosenhead*, Cambridge; über die Stabilität von Wirbelanordnungen in zäher Flüssigkeit zwischen parallelen Wänden sprach im Anschluß an die *Southwellsche* Arbeit *Miss Chitty*, Cambridge.

Über umströmte Zylinder bei kleinen *Reynoldsschen* Zahlen berichtete *T. Thom*, Glasgow, zur mathematisch-formalen Seite des ebenen Widerstandsproblems in zäher Flüssigkeit *Friedrichs*, Aachen.

**Propeller, Schaufelradströmung, Kühlerwirkung, Kavitation und Überschallgeschwindigkeit.**

*S. Goldstein*, Cambridge-Göttingen, hat das Problem der in idealer Flüssigkeit längs bewegten Schraubenwirbelfläche streng gelöst und damit die Möglichkeit einer Abschätzung der Güte der *Prandtl-Betzschen* Näherungslösung für die Schraube geringsten Energieverlustes und günstigster Schubverteilung auch im Falle weniger Flügelblätter

[1]) Gött. Nachr. 1929.
[2]) Amst.-Ber. 1929.
[3]) Forsch.-Arb. a. d. Geb. Ing.-Wes. Nr. 267.

gegeben sowie einer genaueren Erfassung der Abströmverhältnisse hinter dem Propeller. *Mißtal,* Aachen, dehnte die übliche Triebschraubenberechnung auf den Fall schräger Anblasung aus; der Einfluß auf die charakteristischen Werte $c_a$, $c_w$ ist ziemlich bedeutend.

*Th. v. Kármán,* Aachen, berechnete die Größe einer für den Auftriebbeiwert eines Profils erforderlichen Korrektur, wenn dieses in einem unstetigen Geschwindigkeitsfeld z. B. teilweise im Propellerwind arbeitet. Diese Korrektur ist etwa wie die für den Einfluß der Windkanalwandungen zu verstehen; sie kann in üblichen Fällen, wo vor der Düse die Windkanalwandung auf ein Stück fehlt und die Strömung an ruhende Luft grenzt, z. B. 5 vH betragen. *Lorenz,* Aachen, sprach über Messungen an verschiedenen Modellen von Flugzeugkühlern, die zur Definition eines Gütegrades und gewisser Leistungszahlen geführt haben und sich praktisch dahin auswirken, daß an Stelle eines genauen Kühlermodelles ein einfach herzustellender, voller Ersatzkörper entsprechender Abmessungen untersucht werden kann.

*M. Roy,* Paris, schilderte einen neuen Propeller, der sich die Luft von vorn her in der Nabengegend ansaugt und die Auspuffgase mit Rückstoß ähnlich wie beim *Segnerschen* Wasserrad entläßt (hélice à réaction).

*W. Spannhake,* Karlsruhe, dehnte frühere eigene Untersuchungen über die ebene Potentialströmung in Kreiselrädern, die von *Sörensen, Schulz*[4]), *Busemann* für gerade radiale oder logarithmische Schaufelformen ausgebaut worden waren, auf beliebige Schaufelformen dadurch aus, daß jetzt nur eine der Schaufeln auf den Kreis konform abgebildet wird, während die andern andre Konturen ergeben; dafür erhalten aber alle Schaufeln außerdem eine — für alle Schaufeln gleiche — in fortschreitendem Annäherungsverfahren halb rechnerisch, halb auf zeichnerischem Wege bestimmbare Quellenverteilung. Letztere läßt sich unter Beachtung der Randwertforderungen an den Schaufeln vom Kreis aus verhältnismäßig leicht bestimmen. Außerdem teilte *Spannhake* im Meinungsaustausch zu *Rosenhead* den beachtenswerten Fall einer Wirbelstraße hinter einer radialen ebenen Schaufel mit, die sich schaufelradmäßig um den nicht mehr auf der Plattenfläche liegenden Mittelpunkt dreht.

Über gerade Verdichtungsstöße in stationären Gasst... men, die man auf Grund eines Adiabaten enthaltenden Z... standsdiagrammes (Druck über Wärmegefälle oder ... schwindigkeit) und eines zugehörigen Diagrammes: Impu... über Geschwindigkeit erfassen kann, sprach *A. Buseman* ... Göttingen.

*Douglas,* Farnborough, fand symmetrische Profile ... Überschallgeschwindigkeit günstiger als unsymmetrisch... *Lerbs,* Hamburg, berichtete, daß bei höheren $c_a$-Werten ... Druckbedingungen für den Eintritt der Kavitation bei dü... nen Profilen für alle Profilformen nahezu die gleichen si... und sich formelmäßig leicht darstellen lassen; auch ... geringe Abhängigkeit von der Dicke läßt sich erfass... Für kleinere $c_a$-Werte ergeben sich stärkere Abhängigkeit... vom Profil und nach Rechnungen an *Joukowsky*-Profilen ... gegebenem Verhältnis des größten Unterdruckes zum Sta... druck eine obere und eine untere (dem negativen Anste... winkel entsprechende) Grenze für Kavitationseintritt.

Zur Statik der Verbundholme sprachen: *W. Prag...* Darmstadt, zur Dynamik des Flugzeuges; *Glauert,* Far... borough, über beschleunigte Bewegungen; *Töpfer,* Karlsru... über Vorschläge zur Start- und Landebeurteilung; *Koni...* Amsterdam, über Steuerungsstabilität auf Grund von M... sungen während des Fluges; *L. Hopf,* Aachen, in sehr klar... übersichtlicher Weise über die möglichen Bewegungstyp... beim Fliegen und ihre Gefahren (Trudeln, Looping usw.

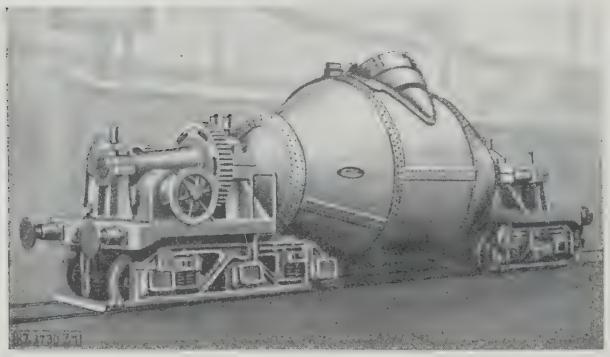
Schließlich berichtete *E. Trefftz,* Dresden, über ei... neue Berechnung von Kurbelwellenschwingungen unter ... rücksichtigung der einzelnen Massenwirkungen und *Ha... mann,* Kopenhagen, führte einen Erzeuger akustisch... Schwingungen vor, der in geschickter Weise die Strukt... eines mit Überschallgeschwindigkeit strömenden Ausflu... strahles benutzt.

Berlin [N 3503] Dr. *Eisner*

[4]) Forsch.-Arb. a. d. Geb. Ing.-Wes. Nr. 307.

# Kleine Mitteilungen

## Fahrbarer Roheisenmischer



Ähnlich wie in den Vereinigten Staaten von Amerika[1]) ist jetzt auch in England ein fahrbarer Roheisenmischer, s. Abb., gebaut worden. Der 125 t fassende Mischer (3,2 m größter Außendurchmesser und 6,1 m Länge) ruht auf zwei dreiachsigen Fahrgestellen und wird elektrisch gekippt. Der Wagen ist 12,2 m lang und wiegt leer rd. 75 t; er wird mittels einer Lokomotive vom Hochofen zum Stahlwerk befördert. („The Iron and Coal Trades Review" 25. Oktober 1929 S. 622*) [N 3730 a] *Gw.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 446.

## Explosion eines geschweißten Heizkessels

Am 26. Juni explodierte in einem Wohnhaus in Detroit ein geschweißter Niederdruck-Heizkessel, wodurch eine Hausbewohnerin getötet wurde. Nach dem Untersuchungsbericht des Dampfkessel-Inspektors wurde der Kessel Ende 1926 aufgestellt, jedoch dem Department of Buildings and Safety Engineering nicht gemeldet. Er wurde daher nicht jährlich untersucht und auch nicht von einem geprüften Heizer betrieben. Der Kessel hatte 32,5 m² Heizfläche, die Blechdicke betrug überall rd. 8 mm; der Mantel war mit der Feuerbüchse durch schmiedeeiserne eingeschweißte Stehbolzen von 19 mm Dmr. verbunden. Das 63,5 mm-Sicherheitsventil war nicht nach den Vorschriften der American Society of Mechanical Engineers angebracht; denn ... Öffnung in der Kesselwand hatte nur 38 mm Dmr. ... Sommer, also zur Zeit der Explosion, wurde der Kessel ... Warmwasserbereitung benutzt.

Die Untersuchung zeigte, daß ein Stehbolzen an ... Feuerbüchse gerissen war. Dieser Schaden muß sch... längere Zeit bestanden haben, da das Blech an der Wass... seite infolge Lufteintritts am Bolzenende angefressen w... Die Wände der Feuerbüchse zeigten Beulen, die auf ... hohen Druck im Kesselinnern schließen ließen. Sie könn... jedoch auch beim Abreißen weiterer Stehbolzen entstand... sein. Der Dampfdruck zur Zeit des Unglücks wird auf me... als 7 at geschätzt.

Der Bericht gibt als Hauptursache der Explosion ... daß die Stehbolzen beim Schweißen z. T. verbrannt und ... Bleche nicht vor dem Schweißen entzundert worden war... Es wird eine Verschärfung der Vorschriften der Americ... Society of Mechanical Engineers gefordert. Insbesond... soll für Stehbolzen nur weicher Stahl zugelassen werd... („Power" 15. Oktober 1929 S. 613*) [N 3730 c] *Le...*

## Englands Elektrizitätserzeugung im Jahre 1928/29

Der amtliche Bericht über den Brennstoffverbrau... und die Stromerzeugung der englischen Kraftwerke in ... Zeit vom 1. April 1928 bis zum 31. März 1929 ist ... 15. Oktober 1929 erschienen[1]). Danach hat der Zusamm... schluß der englischen Kraftwerke seit dem letzten Beri... noch keine wesentlichen Fortschritte gemacht; denn ... Gesamtzahl der Kraftwerke ist nur um 6 auf 564 gesunk... Dagegen haben die Stromerzeugung und die Wirtscha... lichkeit zugenommen. Im ganzen wurden rd. 10 879 M... kWh erzeugt, d. s. um 9,58 vH mehr als im Jahre 1927/... davon 95,39 vH in Kraftwerken mit Kohlenfeuerung, 2,2 ... aus Abwärme, nur 1,37 vH in Wasserkraftwerken, 0,68 ... mittels Ölmaschinen und der Rest von 0,36 vH mittels G... maschinen und in Müllverbrennungsanlagen. Der gesam... Brennstoffverbrauch (Kohle, Koks und Öl) ist um 3,66 ... auf rd. 9,7 Mill. t gestiegen.

Elf Kraftwerke haben mehr als je 200 Mill. kWh ... zeugt. Der Gesamtwirkungsgrad des wirtschaftlichs... Kraftwerkes (Padiham der Lancashire Electric Power ... mit mehr als 67 Mill. kWh Jahreserzeugung) hat 21,35 ... betragen; damit ist allerdings noch nicht der im Ja...

[1]) Return of fuel consumption and units generated. H. M. Sta... nary Office, London 1929, Preis 1 sh 6 d.

'27 erzielte Wirkungsgrad des Barton-Kraftwerkes von
3 vH erreicht worden. Einige kleinere Werke errei-
nicht mehr als 12 bis 13 vH Wirkungsgrad. Den
sten Leistungsfaktor cos $\varphi = 0{,}946$ hat das Kraftwerk
Landkreises Hebden Bridge erzielt. („Engineering"
)ktober 1929 S. 533) [N 3730 d] *Pa.*

**reinheitlichung der Frequenz in Paris**

In den letzten Jahren hat die Einführung einer ein-
lichen Frequenz in der Pariser Stromversorgung wesent-
e Fortschritte gemacht. Während noch im Jahre 1919
den gesamten Maschinen von 451 950 kW 35 vH für
Hertz, 38 vH für 41⅔ Hertz und 27 vH für 50 und
Hertz bemessen waren, hatten am 1. Oktober 1928 bei
9 950 kW Gesamtleistung der Maschinen 8,5 vH 25 Hertz,
41⅔ Hertz und 90,5 vH 50 Hertz. Am 1. Juli 1930
t man den ein- und zweiphasigen Wechselstrom von
Hertz ganz beseitigt und nur noch 6 vH der Leistung
25 Hertz, die übrigen 94 vH mit 50 Hertz zu haben.
einigen Jahren soll auch der für die Staatsbahnen be-
nmte Wechselstrom von 25 Hertz aus Paris verschwin-
(„Le Génie Civil" 26. Oktober 1929 S. 416*)
N 3730 e] *Pa.*

**Die Wasserkraftanlage in Conowingo**

Den Fluß Susquehanna, der durch die Staaten New
k, Pennsylvanien und Maryland fließt und ein Nieder-
agsgebiet von 70 000 km² hat, hat man jetzt für die
eugung von Wasserkraft erschlossen. Bei Conowingo
man eine Wasserkraftanlage errichtet, deren Bau 1926
Angriff genommen worden ist. Die Anlage besteht
aus einem Staudamm und einem Krafthaus. Sie leistet augenblicklich 378 000 PS; ihre Höchstleistung soll rd. 594 000 PS betragen. Der Staudamm besteht aus vier Teilen: einer 360 m langen Strecke am linken Ufer, einer 680 m langen Überfallstrecke, einem Schützenwehr von 40 m Länge und dem Krafthaus, das sich über 290 m Länge erstreckt. Auf der dem Krafthaus gegenüberliegenden Flußseite befindet sich noch eine Stützmauer von 43 m Länge. Die drei Schützentafeln sind je 3 m hoch und 12,5 m breit und dienen dazu, den Wasserstand noch feiner zu regeln, als es zunächst durch die Überfalltore geschieht. Der Damm ist auf Fels gegründet und aus Beton gebaut. („Engineering" 25. Oktober 1929 S. 515*) [N 3730 b] *W. B.*

**Bemerkenswerte Leistung einer kanadischen Großdieselkomotive**

Eine weitere Großdieselkomotive mit elektrischer Übertragung der bereits beschriebenen Bauart[1]) (Achsfolge 2 D 1 + 1 D 2, Länge rd. 31 m, Leistung 2660 PS, zwei Gruppen, bestehend aus Zwölfzylindermotor und Stromerzeuger, Dienstgewicht rd. 300 t) hat die Werkstätte verlassen und auf dem Weg von Montreal zur Kanadischen Nationalausstellung in Toronto einen Expreßzug befördert. Die 520 km lange Strecke hat sie mit 88,5 km/h mittlerer Geschwindigkeit zurückgelegt. Dabei verbrauchte sie rd. 1500 l Öl, entsprechend rd. 100 *RM* an Brennstoffkosten, gegenüber etwa 335 *RM* einer Dampflokomotive für die gleiche Fahrt. („The Engineer" 25. Oktober 1929 S. 450) [N 3730 f] *Ro.*

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 966, Bd. 73 (1929) Nr. 4 S. 34.

# BÜCHERSCHAU

**Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).**

schungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens. 18. H.: **Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner** *cheiben.* Von *Adolf Eduard Müller.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 22 S. m. 33 Abb. Preis 4,50 *RM*, für Mitglieder es V. d. I. 4 *RM*.

Die Riemenforschung wendet sich neuerdings mit Recht ir der Untersuchung der Arbeitsfähigkeit des Werkstoffs nachdem die kinematischen Verhältnisse durch *Stiel, tzbach, Schulze-Pillot, Skutsch* und andre im wesentlichen rgestellt worden sind. Die vorliegende Arbeit enthält gehende Untersuchungen über die Größe des Biegungs-derstandes von Riementrieben, die im wesentlichen kleine eiben oder Riemen betreffen. Die Leerlaufmessungen einen für den vorliegenden Zweck ausreichend genau sein und geben die Möglichkeit, eine allgemeine Formel die Messung des Riemenwiderstandes aufzustellen.

Von dieser ausgehend, wird eine Beziehung zur Dauer-igkeit des Riemens hergestellt, indem das Produkt aus gezahl und Biegewiderstand als Maßstab für die innere beit des Riemens benutzt wird. Diese Ableitung ent-icht gleichartigen Überlegungen bei der Untersuchung Dauerfestigkeit von Metallen, d. h. sie schiebt die sta-ische Rechenmethode an die Stelle der statischen und gibt gewissen Vorbehalten eine Möglichkeit, Kurzversuche hohen Wechselzahlen durchzuführen. Ob indessen die gungsbeanspruchung und nicht der durch die Belastung vorgerufene Spannungswechsel für die Lebensdauer aus-laggebend ist, dürfte mit diesen Versuchsreihen allein ch nicht entschieden sein. Hierzu wären noch weitere ysikalische oder biologische Forschungen notwendig, die er das eigentliche Wesen der erstaunlich hohen Dauer-tigkeit des Riemenstoffs bei geringer statischer Be-tungsfähigkeit bessern Aufschluß geben. Jedenfalls stel- aber die vorliegenden Versuche einen erheblichen Fort-ritt in der Erkenntnis über das angegebene Gebiet dar.

Weniger einleuchtend sind die Untersuchungen über „Abreißwiderstand" getränkter Riemen. Die Erklärung „Abreißwiderstandes" bald als Moment und bald als fangskraft ist nicht eindeutig. Die gewählten mathe-tischen Bezeichnungen sind in Abbildungen und Text ver-ieden, und der Zusammenhang der Formeln 14 bis 16 ist ht einwandfrei. Diese nur im Leerlauf festgestellten ätzlichen Widerstände lassen sich ohne Kenntnis der higkeitseigenschaften des Tränkmittels schwer beurteilen d sind jedenfalls auf belastete Riemen nicht ohne weite-übertragbar, weil bei diesen die Wirkung des elasti-en Schlupfes und dessen Änderung durch die Flüssig-itsreibung hinzukommt.

Die Zusammenstellung der gesamten Verluste im leer-fenden Riementrieb ist anschaulich und für Voraus-rechnungen von Riementrieben nützlich. Es darf aber ch hierbei nicht übersehen werden, daß beim belasteten Riemen die Größe des sich ergebenden oder erwünschten Gleitschlupfes als weitere Veränderliche in die Untersuchungen eingeht und daß diese Größe wiederum von der gewählten Vorspannung und von deren Verhältnis zur Belastung abhängig ist. Die Auswahl des für einen vorliegenden Fall günstigsten Riementriebes wird also auch von dieser Seite her beeinflußt.

Die Arbeit, deren Studium jedem Forscher für Riementriebe sehr empfohlen werden kann, würde an Geschlossenheit gewonnen haben, wenn sie sich ausschließlich auf die besprochenen Versuchsgebiete beschränkt und nicht in den einleitenden Kapiteln versucht hätte, die ganze Riementheorie mit ihren sonstigen Einflüssen nebenbei mit abzuhandeln; die dabei gewählten Sätze sind nicht immer glücklich. Weitere Forschungen nach verschiedenen Richtungen hin bleiben auch hier noch wünschenswert.

[E 3640] *Heidebroek*

**Die Stromtarife der Elektrizitätswerke,** Theorie und Praxis. Von *H. E. Eisenmenger.* Deutsche Bearb. von *A. G. Arnold.* München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 242 S. m. 67 Abb. Preis 15 *RM*.

Das Buch verdankt seine Entstehung den Forschungen, die der Verfasser im Auftrage der Glühlampenfabriken der General Electric Co. im Tarifwesen angestellt hat. Trotz reichlich ausführlichen Eingehens auf grundlegende Zusammenhänge, die beim Wirtschaftler und beim Techniker das Verständnis für den Stoff bereiten sollen, bietet die Arbeit in ihrer sachlich gedrängten, übersichtlichen Form viel Wertvolles. Die gesonderte Anordnung von grundlegenden und von tiefer eindringenden Teilen in Form von Nachträgen bedeutet für den Leser eine große Erleichterung, die im technischen Schrifttum Nachahmung verdient.

Die Tarifformen werden ausführlich behandelt, nachdem die Gesetze der Preisbildung allgemein und der Preisbildung beim elektrischen Strom im besonderen dargelegt sind. Bei den Tarifen steht der Grundgebührentarif in seiner mannigfachen Form sehr im Vordergrund. Daß die Mehrfachtarife und auch die Überverbrauchtarife, die in Europa vielfach vertreten sind, fast ganz übergangen werden, ist wohl darauf zurückzuführen, daß dem Verfasser vorwiegend amerikanische Unterlagen zur Verfügung standen. Breiten Raum nehmen die arithmetische, algebraische und geometrische Tarifanalyse ein. Der letzte Abschnitt bringt die geradlinige graphische Darstellung der Tarife.

Das Buch wird Stromverkäufern und Stromabnehmern ein willkommenes Hilfsmittel sein. Im übrigen kann man aber dem Verfasser nur zustimmen, wenn er sagt, daß neben der Ingenieurtätigkeit und der Mathematik auch Erfahrung und Fingerspitzengefühl für das mögliche Geschäft ihren Platz beim Aufstellen von Tarifen haben.

[E 3588] *Fi.*

**Werkstattgerechtes Konstruieren.** Regeln und Beispiele. Zusammengest. von *A. Erkens*. Spanlose Formung: Gießen. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 29 S. Preis 5 *RM*.

Mit der Herausgabe dieses Heftes ist der Anfang gemacht, einem seit langer Zeit und oft ausgesprochenen Wunsch der deutschen Maschinenindustrie nachzukommen, der darin besteht, daß den Konstrukteuren an der Hand einer Sammlung von Beispielen aus der Praxis gezeigt werden möchte, wie Konstruktionen aussehen müssen, wenn sie nicht nur dem jeweiligen Gebrauchszweck entsprechen, sondern auch die Forderung vorteilhafter Herstellmöglichkeit erfüllen sollen.

Zusammenfassend sei bemerkt, daß die gestellte Aufgabe von der Gruppe „Konstruktion" der Arbeitsgemeinschaft deutscher Betriebsingenieure, Ortsgruppe Berlin, glänzend gelöst worden ist. Die Einteilung des Heftes ist übersichtlich und praktisch; der Ingenieur kann sich leicht unterrichten, und der Wert der zahlreichen Falsch-Richtig-Bilder wird ganz wesentlich durch die treffenden Erklärungen zu den Bildern erhöht. Für die technischen Lehranstalten aller Grade sollte selbstverständlich sein, daß das Heft im Unterricht zweckentsprechende Verwendung findet. Recht baldiges Erscheinen weiterer Hefte wäre wünschenswert. [E 3652] *Gm.*

**Bevölkerung und Wirtschaft in Ostpreußen.** Von *v. Batocki* und *Gerhard Schack*. Jena 1929, Gustav Fischer. 170 S. m. 10 Abb. Preis 9,50 *RM*.

Mehr als in vielen andern deutschen Gebieten droht in Ostpreußen infolge allzu großer Ungleichheit der Zu- und Abwanderungsverhältnisse eine kulturell und wirtschaftlich ungesunde Entwicklung. Die Verfasser schlagen daher nach einer eingehenden Darlegung über die Bevölkerung und die Wirtschaft Ostpreußens vor, die Abwanderung zu bekämpfen mit agrarpolitischen Maßnahmen: u. a. intensive Wirtschaft und Rationalisierung durch weitgehende Mechanisierung, dabei gleichzeitig Vermehrung landwirtschaftlicher Arbeitsgelegenheit. Ein wirksames Mittel erhofft man von der Schaffung gewerblicher Arbeitsgelegenheit, mit der Hand in Hand eine planmäßige Siedlung durchzuführen wäre.

Wenn dem Buche auch die besonders schwierigen ostpreußischen Verhältnisse zugrunde gelegt sind, so können die Folgerungen doch auch für andre deutsche Gebiete mit ähnlichen Verhältnissen gelten. [E 3641] *Ro.*

**The Aslib directory.** Herausgeg. von *G. F. Barwick*. London 1928, The Oxford University Press. 425 S. Preis 1 £ 1 s.

Ein Handbuch aller bedeutenden fachlichen Sammlungen und Bibliotheken auf englischem Boden, dem weder für England noch für andere Länder bisher etwas Ähnliches an die Seite zu stellen ist. Die ungeheure, wenn auch noch nicht vollständige Zahl von Quellen ist zweckmäßig gegliedert: 1. nach dem Gegenstand der Sammlung, mit Angabe über Umfang, Zugänglichkeit, besondre Einrichtungen; 2. nach Orten und unter diesen alphabetisch nach Namen; 3. nach Namen der einzelnen Sammlungen. Infolge dieser übersichtlichen Ordnung wird jeder Fragende schnell und sicher an die richtige Stelle geleitet, zumal häufige Verweisungen auf die Hauptstellen eingeschaltet sind, unter denen größere Gruppen von Begriffen zusammengefaßt wurden.

Unter den rd. 1000 Schlagworten des 1. Teiles findet der Suchende leicht seinen Gegenstand; er erfährt, wo und in welcher Bibliothek sich Sonderliteratur über irgendein Gebiet befindet, z. B. Schiffbau, Schiffahrt, Seide, Musikinstrumente, Waffen, Warenzeichen, Feuerung, Licht, berei, Schmiedekunst usw. Den größten Raum neh freilich die Sammlungen aus den allgemeinen Wissensc ten ein, aber zum erstenmal in derartigen Nachschl büchern sind auch Technik und Wirtschaft zu Worte kommen. Namentlich haben zahlreiche technische Firn Vereine und industrielle Körperschaften ihre sonst we bekannte und schwer nachweisbare Literatur zur fügung gestellt. Das ist wichtig, weil in England ebe wie bei uns schon lange über die Vernachlässigung technisch-wirtschaftlichen Literatur in den öffentlic Bibliotheken geklagt wurde.

Das Directory ist daher auch für den Ingenieur beachtenswerte Leistung der erst wenige Jahre bestehen „Aslib"[1]); das vorliegende Handbuch wird durch Erg nisse weiterer Umfragen und Nachforschungen noch we ausgestaltet und sicher bald in neuer Auflage erschein [E 3633] *Predec*

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1253.

**Berechnung und Verhalten von Wasserrohrkesseln.** *Friedrich Münzinger*. Berlin 1929, Julius Springer. 12 m. 127 Abb. und 20 Taf. Preis 24 *RM*.

**Regeln für Leistungsversuche an Kältemaschinen und Kü anlagen.** Aufgest. vom Deutschen Kälteverein und Verein deutscher Ingenieure. Berlin 1929, Gesellsch für Kältewesen m. b. H. 46 S. m. 5 Taf. Preis 4,50

**Die Elektronenröhren und ihre technischen Anwendung** Von *Hans Georg Möller*. 3. Aufl. Braunschweig 1 Friedr. Vieweg & Sohn. 262 S. m. 232 Abb. Preis 17,50

**Die Akkumulatoren.** Von *W. Bermbach*. 4. Aufl. Be 1929, Julius Springer. 214 S. m. 107 Abb. Preis 9,75

**Die Berechnung rotierender Scheiben und Ringe** nach ei neuen Verfahren. Von *M. Donath*. 2. Aufl. Be 1929, Julius Springer. 16 S. m. 5 Abb. u. 1 Taf. P 3 *RM*.

**Die deutschen Gewindetoleranzen.** Von *G. Berndt*. Be 1929, Julius Springer. 179 S. m. 61 Abb. Preis 18,50

Die Metallhüttenpraxis in Einzeldarstellungen. Heraus von *Karl Nugel*. 3. Bd.: **Metallstock und Wirtschaftl keit.** Von *Rudolf Hoffmann*. Halle a. d. Saale 1929, helm Knapp. 104 S. Preis 9,80 *RM*.

**Edelguß.** Im Auftrage der Edelgußverband G. m. b. herausgeg. von *G. Meyersberg*. 2. Aufl. von „Perlitg Berlin 1929, Julius Springer. 170 S. m. 129 Abb. P 11 *RM*.

**Eisenbeton-Schleuderrohre Bauart Vianini** der Interna nalen Siegwartbalken-Gesellschaft Luzern. Von *M.* 11 S. m. 36 Abb. — **Belastungsversuche an der Eisenbe Bogenbrücke über die Urnäsch bei Hundwil.** Von *M.* 7. S. m. 12 Abb. (Sonderabdrucke aus der „Schwe Bauzeitung" Bd. 93 vom 22. Juni und Bd. 94 vom 10. gust 1929).

**Müller-Pouillets Lehrbuch der Physik.** 11. Aufl. 2. Lehre von der strahlenden Energie. 1. u. 2. T.: ausgeg. von *Karl Wilhelm Meissner*. Braunschweig 1 Friedr. Vieweg & Sohn. 1464 S. m. 721 Abb. Preis 95 *RM*.

**Hydro- und Aeromechanik** nach Vorlesungen von *L. Pra* Von *O. Tietjens*. 1. Bd.: Gleichgewicht und reibungs Bewegung. Berlin 1929, Julius Springer. 238 S. 178 Abb. Preis 15 *RM*.

**Handbuch der Experimentalphysik.** Herausgeg. von *W.* und *F. Harms*, unter Mitarbeit von *H. Lenz*. 9. 2. T.: Wärmekraft- und Wärmearbeitsmaschinen. *A. Loschge*. Leipzig 1929, Akademische Verlagsge schaft. 362 S. m. 270 Abb. Preis 36 *RM*.

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Die Hubbrücke über den Koningshaven in Rotterdam. Von *Joosting* | 1597 |
| Elektrisch geschweißte Hallenbinder | 1602 |
| Der amerikanische Verkehrsflugzeugbau. Von *K. H. Rühl* | 1603 |
| Holzprüfung | 1608 |
| Der Einfluß von Poren auf die Festigkeit von Spritzguß. Von *L. Frommer, W. Kuntze* und *G. Sachs* | 1609 |
| Untersuchungen an Alclad-Blechen | 1612 |
| Herstellungsfehler an Gasflaschen. Von *E. Aeuer* und *O. Sorge* | 1613 |
| Personenkraftwagen mit Zwölfzylindermotor | 1615 |
| Arbeitsführung nach gesundheitlichen Gesichtspunkten | 1616 |
| Natürliche Technik. Von *K. W. Geisler* | 1617 |
| Berylliumherstellung, Brennstoffchemie und Abwasserfragen | |
| Rundschau: Stapellauf des Kreuzers „Leipzig" — Elektrohängebahn mit schwenkbarer Lagerplatzbrücke — Drahtseilforschung — Das Zustandsdiagramm der Magnesium-Zink-Legierungen — Internationale Tagung der Vertreter der Aerodynamik in Aachen — Kleine Mitteilungen | |
| Bücherschau: Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben. Von *A. E. Müller* — Die Stromtarife der Elektrizitätswerke. Von *H. E. Eisenmenger* — Werkstattgerechtes Konstruieren. Von *A. Erkens* — Bevölkerung und Wirtschaft in Ostpreußen. Von *v. Batocki* und *G. Schack* — The Aslib directory. Von *G. F. Barwick* — Eingänge | |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
Bd. 73 SONNABEND, 16. NOVEMBER 1929 Nr. 46

# Aufzeichnen schneller Schwingungen nach dem Ritzverfahren

*Von WILHELM PABST, Adlershof*

*Bericht der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, E. V., Berlin-Adlershof (Aerodynamische Abteilung)*

Ermittlung der Eigenschwingungszahl des Ritzschreibgerätes zum Messen von Bodendrücken (Abb. 10) durch plötzliches Entlasten der Meßplatte.

*Dynamische Spannungen, Drücke und Kräfte kann man unter schwierigen Versuchsbedingungen mittels eines mechanischen Verfahrens von geringer Trägheit, großer Zuverlässigkeit und hoher Ablesegenauigkeit aufzeichnen. Längenänderungen werden ohne träge Hebelübersetzung unmittelbar in harte Schreibflächen, am besten Glas, eingeritzt und unter dem Mikroskop 100- bis 800mal vergrößert. Das hier beschriebene insbesondere für Messungen an Flugzeugen entwickelte Verfahren kann aber auch auf andern Gebieten der Technik, auf denen ähnliche Fragen unter ähnlichen Bedingungen auftauchen, wie z. B. im Schiffbau, Maschinenbau und Brückenbau, angewendet werden.*

ür die Weiterentwicklung von Seeflugzeugen und Flugbooten ist es notwendig, die beim Landen und fliegen im Seegang stoßartig auftretenden Bespruchungen und Formänderungen der Bauteile sowie äfte und Flüssigkeitsdrücke nach Größe und zeitlem Verlauf zu messen[1]). Die Forderungen, die unter schwierigen Versuchsbedingungen an Meßgeräte gellt werden, sind:

1. Zuverlässigkeit der Messung,
2. praktisch von Trägheit freie Messung schneller Schwingungen auch bei Stoßerregung,
3. ausreichende Empfindlichkeit,
4. geringe Größe und geringes Gewicht der Einzelgeräte und der Gesamtanlage,
5. große Schreiblänge,
6. Möglichkeit, an zahlreichen Stellen gleichzeitig zu messen.

Da auch zum Messen von Spannungen, Kräften und ücken meist Formänderungen elastischer Körper heranzogen werden, so besteht die Aufgabe im wesentlichen rin, ein Verfahren zum Aufzeichnen kleiner Längenderungen so auszubilden, daß es diesen Forderungen nügt. Sie widersprechen allerdings einander teilweise; B. bedingt hohe Empfindlichkeit starke Vergrößerung er große Formänderung der elastischen Körper, während geringe Trägheit, d. h. hohe Eigenfrequenz des räts, möglichst geringe Formänderungen und bei chanischer Übersetzung geringe Vergrößerungen vorssetzt.

[1]) *F. Seewald*, Über die Messung der Kräfte an Luftfahrzeugen, tschrift für Flugtechnik u. Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 474.

### Bekannte Verfahren

Nach der Art der Messung und der Vergrößerung unterscheidet man mechanische, optische und elektrische Verfahren. Die mechanischen Verfahren, bei denen zum Vergrößern Übersetzungshebel dienen, haben den Nachteil, daß das nie völlig vermeidbare Lagerspiel, namentlich bei großen Übersetzungen, Ungenauigkeiten zur Folge hat. Besonders nachteilig ist die hohe Trägheit der Hebelübersetzungen, da die Massen der Hebel im jeweiligen Übersetzungsverhältnis verstärkt wirken. Bei schnellen Schwingungen ergeben sich Beschleunigungskräfte, die die Größenordnung der zu messenden Kräfte erreichen können. Da die Hebel auch verhältnismäßig langsame Biegeschwingungen ausführen können, so ist auch hierdurch ihre Verwendbarkeit für große Verstellkräfte, z. B. bei Dehnungsmessungen an schweren Bauteilen beschränkt. Noch ungünstiger wirkt die Trägheit, wenn keine hohen Verstellkräfte zur Verfügung stehen, z. B. bei Druckindikatoren mit Membran oder Feder. Die hohe reduzierte Masse eines Hebelsystems führt hier zu niedriger Eigenfrequenz des Gerätes.

Für dynamische Messungen eignen sich besser Geräte mit optischer Übersetzung. Hier ist der Hebel durch den Lichtstrahl ersetzt; allerdings sind solche Geräte umfangreich und recht empfindlich gegen Stöße.

Zahlreich sind die elektrischen Verfahren. Eines besteht darin, die Änderung des Widerstandes von Kohlenplättchenpaketen beim Zusammendrücken im Oszillographen aufzuzeichnen. Versuche der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt lassen aber starke Bedenken aufkommen, ob es möglich ist, die Nachwirkun-

gen, insbesondre bei Stößen, zuverlässig zu beseitigen. Andre elektrische Verfahren benutzen die Änderung der Kapazität beim Zusammendrücken eines Kondensators, wieder andere die Änderung des piezoelektrischen Verhaltens von Quarz.

Bei allen diesen Verfahren können insbesondre außerhalb des Laboratoriums, z. B. durch Luftelektrizität oder durch Schwankungen der Feuchtigkeit, der Temperatur und des Drucks der Luft, durch die Zündfunken von Vergasermaschinen, Fehler entstehen. Daneben fordert die Handhabung von Verstärkerröhren geübte Kräfte, und ihr Umfang schließt die gleichzeitige Verwendung vieler Geräte dieser Art aus. Ganz allgemein dürften elektrische Verfahren mehr Fehlerquellen enthalten als mechanische. Sie sind daher nur angebracht, wo äußerst hohe Empfindlichkeit nötig ist, im Laboratorium gemessen und das Gerät dauernd überwacht werden kann. Sie wegen der bequemeren Fernmessung anzuwenden, ist nur in besondern Fällen gerechtfertigt.

### Das Ritzschreibverfahren

Diese Erwägungen führten den Verfasser zu einem Verfahren[1]), bei dem das Aufzeichnen im Gerät und das nachträgliche optische Vergrößern grundsätzlich getrennt werden. Die Längenänderung wird ohne Hebelübersetzung mittels eines Diamanten in eine harte Schreibfläche eingeritzt und nach beendetem Versuch unter dem Mikroskop ausgemessen.

Von ausschlaggebender Bedeutung ist hierbei die Wahl des Werkstoffs, in den die Längenänderungen eingeritzt werden. Damit möglichst kleine Längenänderungen meßbar sind und die Möglichkeiten der Vergrößerung heutiger Mikroskope ausgenutzt werden, müssen die Ritzlinien so dünn wie möglich sein. In dieser Hinsicht haben Versuche mit Zellon und mit Metallen aller Art wenig befriedigt, da die Ritzlinien sehr breit werden und die Oberfläche selten von Bearbeitungsrissen oder zufälligen Kratzern frei ist. Erst die Verwendung von Glas oder andern sehr harten Stoffen brachte eine wesentliche Verbesserung; damit kann man sehr kleine Längenänderungen noch mit befriedigender Genauigkeit messen. Glas oxydiert auch nicht, bleibt von Kratzern frei und läßt sich leicht reinigen, ohne daß das Diagramm verwischt wird.

*Collins*[2]) hat bei Dehnungsmessern, Beschleunigungsmessern und Mikroindikatoren die Längenänderungen in Zelluloid eingeritzt, *Mader*[2]) bei dem Mikroindikator und *Hort*[2]) bei dem Dehnungsmesser mit einer sehr dünnen Spitze auf berußtes Glas gekratzt. Die Möglichkeiten der optischen Vergrößerungen sind jedoch hier nicht groß genug, als daß man z. B. bei Dehnungsmessern auf Hebelübersetzungen ganz verzichten könnte. Auch Mikroindikatoren könnte man wesentlich verbessern, wenn man mit stärkeren optischen Vergrößerungen und geringeren Formänderungen arbeiten, also höhere Eigenschwingungszahlen bei gleicher Empfindlichkeit anwenden könnte.

Die Güte des Gerätes hängt mit der Ritzbreite eng zusammen, die vom Anpreßdruck abhängt, Abb. 1. Seine Höhe wird vom Zweck des Gerätes bedingt. Treten starke Erschütterungen auf, so muß, damit sich die Nadel nicht abhebt, der Anpreßdruck höher sein als bei ruhigerer Messung nötig ist. In besondern Fällen kann man die geschliffene durch eine natürliche Diamantspitze ersetzen, die höheren Druck zuläßt, aber Linien von ungleicher Breite schreibt. Auf Hartglas kann man mit einer geschliffenen Diamantspitze von 60 ° Kegelwinkel und einem Anpreßdruck von rd. 5 g auch unter ungünstigen Bedingungen eine Ritzbreite von 0,002 mm erreichen. Bei seitlichen Beschleunigungen hebt sich die Nadel erst ab, wenn die zehnfache Erdbeschleunigung überschritten wird.

Die Genauigkeit der Ablesung läßt sich noch unter die Ritzbreite steigern. Da sehr starke Vergrößerungen die Ritzlinie in mehrere parallele Linien auflösen, kann man, indem man nur eine von diesen Linien heranzieht, auf 1 bis 2 $\mu$ genau ablesen, auch wenn bei sehr starken

[1]) s. S. 1629.
[2]) *Steuding*, Messung mechanischer Schwingungen, Berlin 1928.

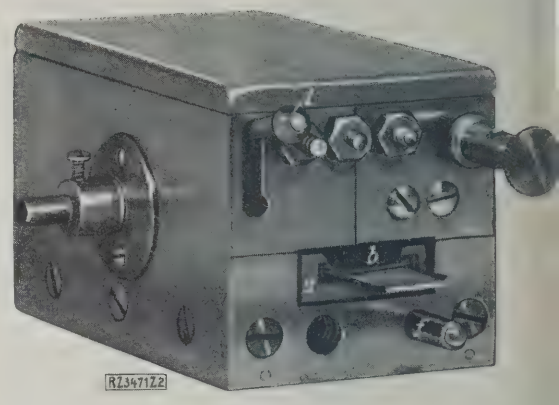



**Abb. 2**

Erschütterungen (z. B. beim Landen von Flugzeugen Seegang) stärkere Anpreßdrücke und damit breite Ritzlinien verwendet werden müssen. Bei dynamisch Messungen treten vielfach hochfrequente Oberschwing gen auf, die nicht in einer dünnen Ritzlinie, sondern einem Schwingungsband aufgezeichnet werden. solchen Fällen ist keine so hohe Empfindlichkeit erre bar, aber auch nicht notwendig.

Auf die Genauigkeit der Messung hat eine etwa Verzerrung durch das Mikroskop keinen Einfluß, Objektmikrometer auf 0,0001 mm genau hergestellt auch das Okularmikrometer damit geeicht werden ka Weitere Fehler können durch Ungenauigkeiten des rätes und elastische Nachgiebigkeit des Nadelhalters e stehen. Die hierdurch möglichen Fehler dürften a bei einwandfreier Herstellung 0,001 bis 0,002 mm ni überschreiten.

Da das Verfahren auch für Geräte in Frage kom bei denen die verfügbaren Verstellkräfte gering si z. B. bei Barographen usw., war es wichtig, die Wid stände zu messen, die der Diamant beim Ritzen des G ses erfährt. In Abb. 1 sind diese Kräfte über den preßdrücken aufgetragen. Bei einem Anpreßdruck 5 g beträgt der Widerstand 1 bis 2 g; er dürfte ni größer sein als der eines Bleistiftes auf Papier, w man die Übersetzung solcher Geräte berücksichtigt. Widerstände der Diamantnadel auf Zellon waren na zu ebenso groß wie auf Glas bei gleichen Drück Unterschiede liegen also nur darin, daß die Ritze Zellon tiefer und breiter sind.

Das Vergrößern des Diagramms außerhalb des rätes hat noch den Vorzug, daß die Länge des Diagram sehr gering sein darf, daß also das Schreibgerät we Raum beansprucht. Im allgemeinen genügt die grammlänge von 25 mm vollkommen; ergibt sie doch 100- bis 500fache Vergrößerung 2,50 bis 12,50 m la Diagramme. Die Vorschubgeschwindigkeit des gramms hängt von der Art des zu messenden Vorganges

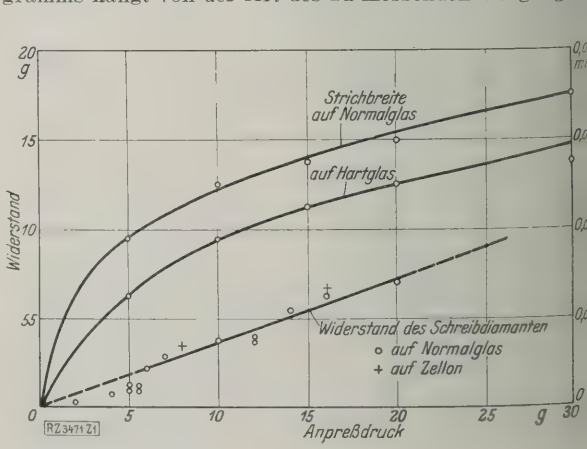



**Abb. 1.** Ritzbreite und Widerstand in Abhängigkeit v Anpreßdruck.

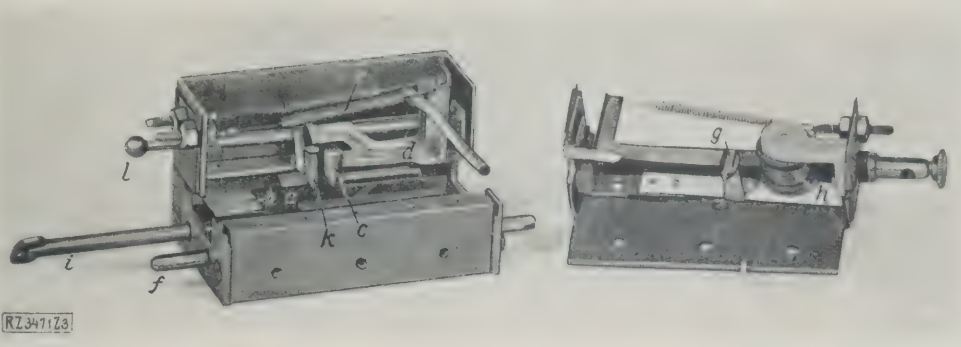



Abb. 2 und 3
Ritzschreibgerät der deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt, geschlossen und geöffnet.

Schlitten
Glasplättchen
Diamantnadel
Winkelhebel
Schraubenfeder für *c*
Spindel
Diamantnadel für Zeitmarkierung
Elektromagnet für *g*
Schlüssel
Diamantnadel für Grundlinie
Hebel zum Abheben der Nadeln

Abb. 3

### Das Schreibgerät

Abb. 2 und 3 zeigen das neue Schreibgerät. Auf n Schlitten *a* wird ein auf Stahlblech aufgekittetes splättchen *b* eingespannt. Auf dieses Glasplättchen d die Diamantnadel *c* mittels eines Winkelhebels *d* einer Schraubenfeder *e* gedrückt. Der Schlitten in Schwalbenschwanznuten geführt und kann durch hen der Spindel *f* verschoben werden. Eine zweite mantnadel *g*, die von dem Elektromagneten *h* gesteuert d, schreibt Zeitmarken.

tels eines Schlüssels *i* kann man die Mutter abn, die den Schlitten *a* verschiebt, und damit vor Bn eines neuen Versuches den Schlitten in die Anfangse zurückschieben. Auf diese Weise kann man die ilinie für einen bestimmten Zustand aufzeichnen. Mit n Gehäuse ist noch eine dritte Nadel *k* verbunden, die e Grundlinie schreibt. Der Hebel *l*, der aus dem gelossenen Gehäuse herausragt, gestattet, alle Diamant-

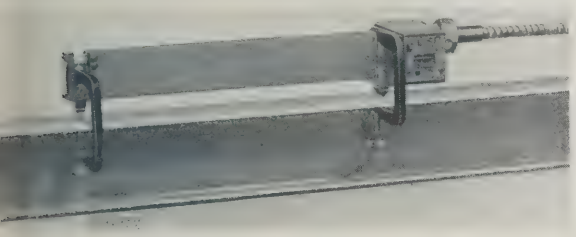


Abb. 5
Dehnungsmesser an einem Walzträger.

deln von der Glasplatte abzuheben, was zum Auschseln der Glasplättchen nötig ist. Der Schlitten *a* altet sich in der Endlage selbsttätig von der Spindel *f* so daß sie allein weiterlaufen kann.

Etwaige Ungenauigkeiten der Führungen werden rch federnde Backen des Schlittens *a* ausgeglichen; mit Hand nachstellbare Backen oder Führungen haben h hier nicht bewährt. Toter Gang im Vorschub des hlittens wird ebenfalls durch Federungen vermieden. der Achsrichtung wird die Spindel durch eine starke der am Verschieben verhindert, während die am Schlitt befestigte Mutter durch eine Feder in die Gewindenge der Spindel gedrückt wird. Bei statischen Verhen wurde festgestellt, daß die Anzeigefehler des Gs innerhalb der Ablesegenauigkeit von 0,001 mm lie und die Vorschubfehler 0,002 bis 0,003 betragen. se könnte man durch geringe Änderungen der Bauart h verkleinern.

Zum Antrieb des Schreibgerätes dienen entweder Elektromotoren oder Uhrwerke. Ein besonderer Federantrieb, der für den gleichzeitigen Antrieb mehrerer Geräte durch elektrisches Steuern von Hemmungen synchronisiert werden kann, ist in Vorbereitung.

Zum Ausmessen der Diagramme kann man übliche Mikroskope verwenden. Für photographische Vergrößerungen wichtiger Teile genügen übliche Geräte. Die DVL entwickelt zur Zeit eine Einrichtung, mit deren Hilfe man ganze Ritzdiagramme vergrößert auf ein laufendes Band photographisch übertragen kann.

### Dehnungsmesser mit Ritzschreibvorrichtung

Dehnungsmesser müssen außer den oben erwähnten noch folgenden Bedingungen genügen:

1. Allgemeine Verwendbarkeit,
2. Messung in der Randfaser,
3. Möglichkeit, durch hohe Anpreßdrücke die Schneidenlagerung stoßsicher zu machen.

Die beiden letzten Forderungen widersprechen einander bei den bisher bekannten Dehnungsmessern, die *Steuding*[2]) in folgende Gruppen teilt:

1. Geräte mit Meßstange; diese messen die Dehnung nicht an einer Randfaser des Querschnitts, sondern in einer gedachten Faser, die mit der Achse der Meßstange zusammenfällt;
2. Geräte nach der Art des Martensschen Spiegelgeräts, also grundsätzlich mit Bügel, Klemmfedern und Schneide; diese messen die Dehnung an einer Randfaser.

Die Geräte der ersten Gruppe haben den Vorzug, daß sie beliebig hohe Anpreßdrücke aushalten, während die der zweiten Gruppe wegen ihrer empfindlichen Hebellagerungen in der Höhe des Anpreßdruckes beschränkt sind. Mit Geräten der ersten Gruppe ist dagegen der Nachteil verbunden, daß man die Spannungen in einer ideellen Faser mißt und die erhaltenen Werte erst auf die Randfaser umrechnen muß.

Die in Abb. 4 und 5 gezeigte Bauart, die hier mit dem Ritzschreibverfahren arbeitet, aber auch mit anderen Verfahren zum Messen und Aufzeichnen von Längenänderungen verwandt werden könnte, soll die Vorzüge der beiden Gruppen vereinigen. Die Dehnung des Bauteiles auf der Meßlänge, d. h. die Verschiebung der Schneide *a* gegen die Schneide *b*, wird durch Parallelverschiebung des dünnen Blechtrichters *c* im Ritzschreibgerät *d* ohne Hebelübersetzung aufgezeichnet. Da der Träger *c* zwischen zwei dünnen Blechen gehalten wird, so kann er sich wohl parallel zu sich selbst verschieben und Momente aufnehmen, jedoch nicht gegen die Richtung der Randfaser schräg stellen. Die Spitzen oder

[2]) a. a. Ort.

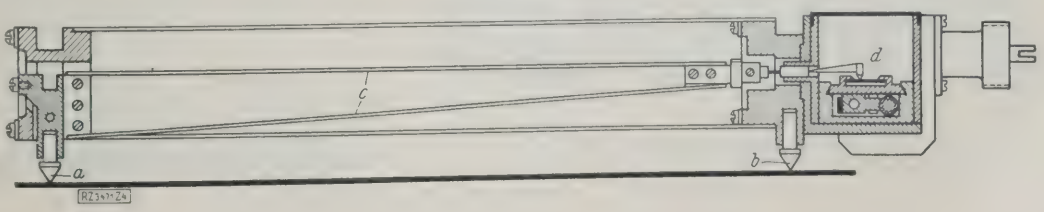



Abb. 4
Dehnungsmesser mit Ritzschreibgerät

*a*, *b* Schneiden
*c* dünner Blechträger
*d* Ritzschreibgerät

Schneiden kann man hier mit nahezu beliebig hohen Kräften andrücken, da empfindliche Gelenke und Lagerungen fehlen. Trotzdem mißt man in der Randfaser.

Die Meßlänge beträgt in der Regel 200 mm, doch kann man sie leicht durch Auswechseln des Trägers und der Seitenbleche ändern. Um Temperaturfehler infolge von Unterschieden der Ausdehnung von Gerät und Bauteil auszuschließen, stellt man den Träger *c* aus demselben Baustoff her, aus dem der gemessene Bauteil besteht. Bei Messungen an Duralumin ist daher der Träger aus Stahl gegen einen solchen aus Duralumin auszuwechseln. Der Antrieb der Schreibgeräte erfolgt satzweise durch Elektromotoren über biegsame Wellen. Zu einem Satz werden zehn Stück gerechnet. Durch auswechselbare Getriebe an den Elektromotoren und Dehnungsmessern sowie gegebenenfalls durch Einschaltung von Zwischengetrieben zwischen biegsame Wellen und Dehnungsmesser lassen sich die Ablaufzeiten der Glasplättchen zwischen 15 s und 160 min verändern.

Das Gewicht des Dehnungsmessers beträgt 500 g. Die Eigenschwingungszahl ließ sich bisher nicht ermitteln; sie dürfte aber sehr hoch liegen, da keine schwingungsfähigen Hebel usw. vorhanden sind und nur hochfrequenten Längsschwingungen des Trägers *c* Frage kommen könnten.

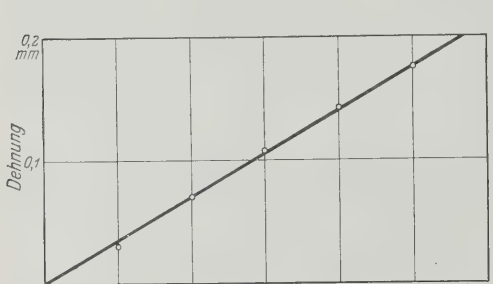
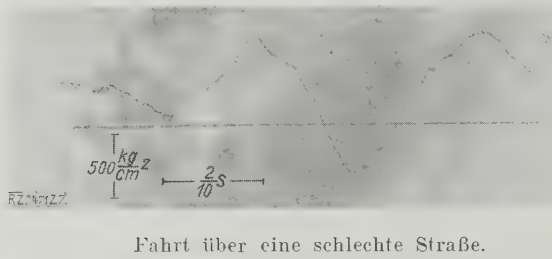
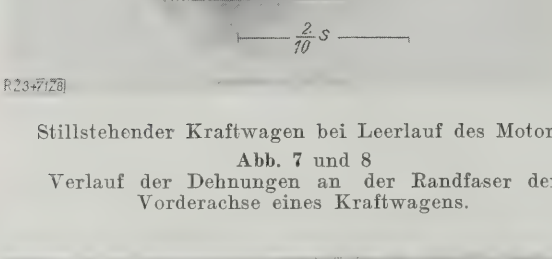



**Abb. 6** Dehnung in Abhängigkeit von der Belastung, gemessen an einer Stahlstrebe im statischen Belastungsversuch.




Fahrt über eine schlechte Straße.




Stillstehender Kraftwagen bei Leerlauf des Motors.

**Abb. 7 und 8**
Verlauf der Dehnungen an der Randfaser der Vorderachse eines Kraftwagens.

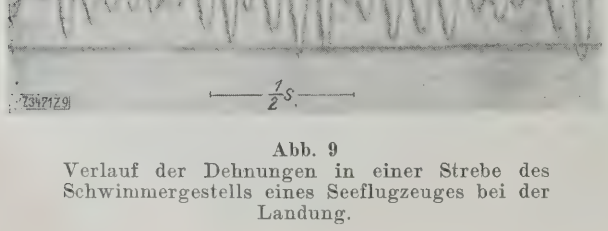



**Abb. 9**
Verlauf der Dehnungen in einer Strebe des Schwimmergestells eines Seeflugzeuges bei der Landung.

Abb. 6 zeigt ein Dehnungs-Belastungs-Diagramm, in einer 100 t-Prüfmaschine aufgenommen ist. Da Belastung nur 1 bis 6 vH der Höchstlast der Masch betrug, so dürfte die an sich geringe Streuung wesentl durch ungenaues Einstellen der Belastung entstan sein. In Abb. 7 bis 9 sind Ausschnitte aus and Dehnungsdiagrammen wiedergegeben.

Bei sehr kleinen Meßlängen kann man allerdi trotz harter Schreibflächen, sorgfältig ausgesuchter L manten und bester Mikroskope Hebelübersetzungen ni vermeiden. Da aber der Schreibstift sehr kleine W macht, scheint auch für dynamische Messungen eine kle Übersetzung noch zulässig, so daß man mit der M länge auf 2 cm heruntergehen kann.

### Druckindikator mit Ritzschreibgerät

Als weitere Anwendung des Ritzschreibverfahr sei die möglichst trägheitsfreie Messung von Drücken Flüssigkeiten und Gasen erwähnt. Der in Abb. 10 zeigte Druckmesser ist für Sonderzwecke, nämlich z Messen der beim Landen oder Abfliegen an Wandun von Flugbooten oder Flugzeugschwimmern auftreten Stoßdrücke bestimmt. Die Durchbiegung einer Platte die aus geeignetem Metall hergestellt ist, wird über Stoßstange *b* mittels des Diamanten *c* auf dem im Sch ten *d* eingespannten Glasplättchen aufgezeichnet. Platte bildet mit der Stoßstange und dem Diamanten schwingungsfähiges System. Beim Messen von Flüs keitsdrücken schwingt noch eine gewisse Flüssigke masse mit. Nach bekannten Ansätzen der Schwingun theorie muß die niedrigste Eigenschwingungszahl Gerätes mindestens viermal so groß sein wie die höch Frequenz des gemessenen Vorganges.

Im vorliegenden Fall dürften höchstens Schwingun zahlen von rd. 200 auftreten. Die Eigenschwingun zahl wurde dadurch ermittelt, daß die Platte *a* du Gewichte zentrisch über einen doppelarmigen Hebel lastet und nach Einschalten des schnellen Vorschu plötzlich entlastet wurde. Die Platte schwingt dann den neuen Zustand ein. Das Diagramm dieser Schw gungen zeigt das Titelbild. Die Entlastung der Pl hat leider die Schwingung etwas verzerrt. Trotzdem stattet das Diagramm die Eigenschwingungszahl so die Dämpfung, die zweite wesentliche Größe für Beurteilung eines Gerätes für dynamische Messungen, bestimmen.

Mit Hilfe des gleichzeitig aufgenommenen Zeitw diagramms läßt sich ermitteln, daß die Eigenschwingun zahl der Platte im vorliegenden Fall 1600 in der Sekun betragen hat. Da das Gewicht von Diamantspitze n Stoßstange sehr gering ist, reicht die Eigenschwingun zahl des Indikators nahe an die der Platte heran; di dürfte nur um rd. 5 vH höher sein. Bei Druckmessun im Wasser dürfte die Eigenschwingungszahl des Ge infolge der mitschwingenden Flüssigkeitsmasse 1000 betragen.

Die Dämpfung ist, wie man sieht, zwar n aperiodisch; sie wird jedoch in den meisten Fällen reichen. Bei Druckmessungen in Wasser ist sie inf

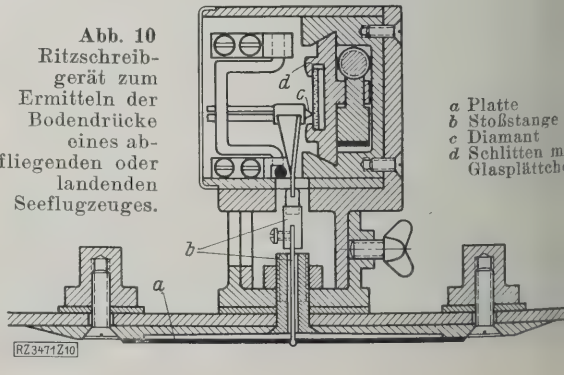



**Abb. 10** Ritzschreibgerät zum Ermitteln der Bodendrücke eines abfliegenden oder landenden Seeflugzeuges.

*a* Platte
*b* Stoßstange
*c* Diamant
*d* Schlitten m Glasplättch

Flüssigkeitsreibung noch größer. Die sta-he Eichung der 0,6 mm dicken Neusilber-tte von 50 mm Durchmesser ergab eine rchbiegung von 0,19 mm bei 0,18 kg/cm² uck. Abb. 11 und 12 geben Diagramme verschiedenen Vergrößerungen wieder.

Besonders wichtig sind derartige Druck-likatoren für die Motorentechnik, wenn gilt, schnellaufende Verbrennungsmaschi-n praktisch fehlerfrei zu indizieren. Aller-ngs müßte man da die elastischen und die lichtenden Wirkungen der Platte trennen, mit die hohe Erwärmung nicht die elasti-en Eigenschaften des Indikators verändert. Stelle der Platte würde man also Mem-an und Feder oder Kolben und Feder, wie üblichen Indikatoren, verwenden. Die lbenbewegungen würde man mittels eines amanten auf Glas aufzeichnen.

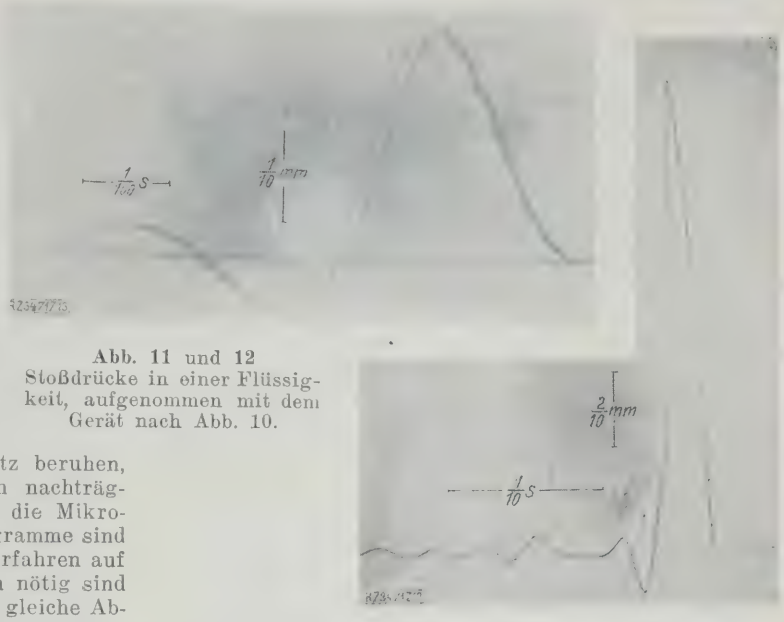



Abb. 11 und 12
Stoßdrücke in einer Flüssigkeit, aufgenommen mit dem Gerät nach Abb. 10.

Indikatoren, die auf ähnlichem Grundsatz beruhen, h. bei denen die Hebelübersetzung durch nachträg-hes optisches Vergrößern ersetzt ist, sind die Mikro-likatoren von *Mader* und *Collins*. Ihre Diagramme sind bis 3 mm hoch, während beim Ritzschreibverfahren auf as nur Diagrammhöhen von 0,2 bis 0,3 mm nötig sind d bei entsprechend stärkerer Vergrößerung gleiche Ab-egenauigkeiten ergeben.

Bezeichnet man nach *Frank*[3]) das Produkt aus Emp-dlichkeit und Quadrat der Eigenschwingungszahl als itezahl $G = V n^2$ und betrachtet man die Gleichung der genschwingungszahl

$$n = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{p\,F}{f\,M}},$$

rin $k$ die Federkonstante, $M$ die Masse der bewegten ile, d. h. hauptsächlich Kolben und Kolbenstange, $p$ den ezifischen Druck bedeutet, der, auf die Fläche $F$ wir-nd, den Federweg $f$ hervorruft, so wird — bei eichem Druck $p$, gleicher Fläche $F$ und ungefähr glei-er Masse $M$ — $f_2 = 0{,}2$ bis 0,3 mm gegenüber $f_1 = 2$ bis nm, wenn man eine stärkere Indikatorfeder ver-ndet. Unter sonst gleichen Verhältnissen wird also e Eigenschwingungszahl des Indikators $\sqrt{10}$ mal höher d damit die Gütezahl 10mal so groß.

Ist eine so hohe Eigenschwingungszahl nicht nötig, erreicht man durch die stärkere Vergrößerung eine here Empfindlichkeit, so daß die Gütezahl ebenfalls mal so groß wird.

### Das Ritzschreibgerät als Durchbiegungs- und Schwingungsmesser

Das Gerät wird fest mit dem einen Bauteil, die amantnadel mittels Stoßstange mit dem anderen Bauteil rbunden. Die Nadel zeichnet dann die Verschiebung s einen gegen den anderen Bauteil auf, Abb. 13. Sind hwingungen aufzuzeichnen, so kann man das Gerät in kannter Weise durch Zusammenbau mit einem Gebilde n niedriger Eigenschwingungszahl auch zu einem hwingungsmesser ausgestalten Abb. 14 zeigt die hwingungen einer Schleifmaschine beim Durchfahren ner kritischen Drehzahl im Auslauf.

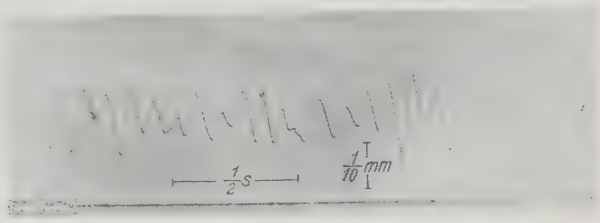



Abb. 13. Schwingungen an einer Drehbank.

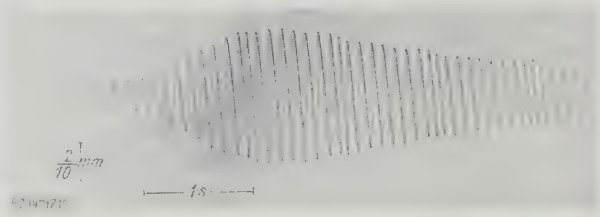



Abb. 14. Schwingungen an einer Schleifmaschine beim Durchfahren einer kritischen Drehzahl.

### Weitere Anwendungen

Viele weitere Aufgaben lassen sich mit dem Ritz-hreibgerät lösen, z. B. Messungen von Kräften, Dreh-omenten, Beschleunigungen und Drehzahlen, ferner ufgaben, bei denen es nicht auf hohe dynamische Eigen-haften des Gerätes ankommt, sondern die Kleinheit der messenden Größe oder die Zuverlässigkeit und Ge-uigkeit der Messung eine Rolle spielt. Ein großer orteil ist, daß das Ritzschreibgerät allgemein verwend-r und von der später angewendeten Vergrößerung abhängig ist. Seine Verwendung ist daher dort ange-acht, wo man innerhalb großer Bereiche aufzeichnen ill und bei Verwendung üblicher Schreibgräte zwei oder hrere Geräte für verschiedene Meßbereiche brauchte.

So ist bei der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt eine Staudrucksonde im Bau, die den Staudruck im Wasser beim Abflug von Seeflugzeugen aufschreiben soll. Da der Staudruck mit dem Quadrat der Geschwindigkeit wächst und im Bereich von 5 bis zu 25 m/s noch sicher gemessen werden soll, so sind Längenänderungen, die sich wie 1 : 25 verhalten, genau auszuwerten. Das geschieht hier unter Verwendung einer einzigen Druckdose, indem man beim Auswerten der Diagramme die lineare optische Vergrößerung von 20 auf 500 verändert.

Weitere wichtige Anwendungen ergeben sich aus der Möglichkeit, sehr große Diagrammlängen auf kleinem Raum unterbringen zu können. Auf Veranlassung von Dr.-Ing. *Seewald* stellt die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt zur Zeit Geräte her, die die Drehzahl von Flugmotoren in der ganzen Dauer ihres Betriebes von Überholung zu Überholung auf schraubenförmig umlaufenden Glaszylindern aufschreiben, also 200 h und mehr arbeiten sollen. Sie sind ein Mittel, um den Motor über die ganze Betriebzeit hin zu überwachen, ob er immer außerhalb kritischer Drehzahlbereiche gelaufen ist.

[B 3471]

[3]) s. *Steuding*, Messung mechanischer Schwingungen, Berlin 1928.

## Holz und Schule

*Fachsitzung „Ausbildungswesen" gelegentlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure in Königsberg i. Pr.*

Die Fachsitzung hatte der Deutsche Ausschuß für Technisches Schulwesen vorbereitet; sie stand unter dem Zeichen „Holz".

Studienrat Oberingenieur *Kersten*, Berlin, behandelte

**die neuzeitlichen Holzbauweisen und ihre Beziehungen zum Unterricht der höheren Baugewerkschulen.**

Als Ziel des neuzeitlichen Holzbaues bezeichnete er das Streben nach größter Standsicherheit bei geringstem Werkstoffaufwand und bei Vermeidung oder Verminderung der Innenstützen.

Das neue Lehrfach „Freitragender Holzbau", das sowohl statisches wie konstruktives Verständnis in bester Weise übermittelt, soll in den beiden oberen Klassen der höheren Baugewerkschulen behandelt werden. Aufbauend auf gründlicher Praxis in den Zimmermanns-Holzverbindungen, die der Zimmerlehrgang des Deutschen Ausschusses für Technisches Schulwesen gründlich lehrt, sind die „Vorläufigen Bestimmungen für Holztragwerke der Deutschen Reichsbahn" und ein kurz gefaßtes Lehrheft als Unterlagen gut verwendbar. Anfertigung von Modellen geeigneter Knotenpunkte und insbesondere Übungen am Reißbrett führen bis zur Anfertigung eines einfachen Dachbinders mit statistischem Festigkeitsnachweis, wie ihn die Baupolizei fordert. Die Bauschule soll nur diese Grundlagen in der erforderlichen Vertiefung bieten, die einen späteren Weiteraufbau — z. B. in abendlichen Fortbildungskursen — ermöglichen, in denen größere Hallen und Rahmenbinder bearbeitet werden können. Der Unterrichtende selbst sollte in dauernder Fühlung mit der fortschreitenden Praxis bleiben und sich mit Fachleuten beraten.

Einen Einblick in ein für fast alle Beteiligten neues Gebiet des technischen Schulwesens gab Dipl.-Ing. *Zodel*, Rosenheim, in seinem Vortrag über

**die deutschen holztechnischen Fachschulen.**

Er behandelte einleitend die Ausbildungsmöglichkeiten für den Nachwuchs im Holzgewerbe an den Technischen Hochschulen, den mittleren und niederen Fachschulen des In- und Auslandes. Bei den deutschen Hoch- und Mittelschulen wird in den Lehrfächern: Mechanische Technologie, Werkzeugmaschinenbau und Werkstoffprüfung das Holz sozusagen anhangweise behandelt. Bei den deutschen Forsthochschulen tritt das Konstruktive zurück gegenüber dem Rohstoff und seiner industriellen Verwendung. Tiefer in das Holzfach hinein führen die Hochschule für Bodenkultur in Wien und die Hochschulen in Stockholm, in Leningrad und in den Vereinigten Staaten (Columbia Universität).

Unter den niederen Fachschulen, die die Holzbearbeitung behandeln, sind zu nennen die Gewerbeschulen und die Fachschulen für Sonderzweige der Holzindustrie wie Tischler, Holzbildhauer und Drechsler usw. Das Lehrziel geht dahin, gehobene Facharbeiter und Meister für diese besonderen Industrien auszubilden.

Das Gebiet der Holzwirtschaft in seiner ganzen Ausdehnung umfassen demnach nur die erst in den letzten Jahren entstandenen mittleren Holzfachschulen.

Als Beispiel des Lehrplanes einer solchen Holzfachschule erörterte der Redner den Betrieb des Holztechnikums Rosenheim. Das Lehrziel geht dahin, einen technisch wie kaufmännisch geschulten Betriebsmann — den Techniker-Kaufmann — der Holzindustrie heranzubilden.

Als Vorbildung wird entweder die Obersekundareife oder der Besuch des Vorkurses verlangt, außerdem müssen 2 bis 4 Jahre Praxis in Holzbetrieben nachgewiesen werden. Der Lehrplan gliedert sich in den vorbereitenden Unterricht, in die allgemeinbildenden, mathematisch-technischen und allgemeinen kaufmännischen Fächer und den eigentlichen Fachunterricht.

Neben dem Holztechnikum Rosenheim, das als ältestes Institut auf eine längere erfolgreiche Praxis zurückschauen kann, bestand bis vor kurzem noch eine städtische Holzfachschule in Neustrelitz, die sich ebenfalls bewährt hatte, aber wegen finanzieller Schwierigkeiten geschlossen werden mußte. Außerdem besteht seit kurzem eine städtische Holzfachschule in Einbeck.

Der dritte Vortrag war dem

**Technischen Schulwesen in Ostpreußen**

gewidmet. Oberregierungs- und Gewerbeschulrat *Lutze* verstand es, die eigenartigen Schulverhältnisse zu kennzeichnen. Den kleingewerblichen Verhältnissen Ostpreußens entsprechend, spielt hier das gewerbliche und hauswirtschaftliche Schulwesen die Hauptrolle und ist auf engste Zusammenarbeit mit dem Handwerk und seinen Verbän angewiesen. Der Redner behandelte nacheinander Eige und Entwicklung der technischen Fachschulen, so der gewerkschule in Königsberg, verbunden mit einer Pro zial-Wiesenbauschule, der bereits 1790 gegründeten Kn und Gewerbeschule, die sich in gutem Aufstieg befindet, der im Aufbau befindlichen Maschinenbauschule Gumbin für die nach dem Verlust der ostelbischen Maschinenb schulen in Graudenz und Posen bei der ostpreußischen völkerung ein dringendes Bedürfnis besteht und die Tech und Landwirtschaft eng miteinander verknüpfen wird, dem sie Inhaber und Werkleiter der Kleinbetriebe zu pfl licher Behandlung und Ausbesserung landwirtschaftlic Maschinen anleiten soll. Der Vortragende ging weiter auf die rasch wachsende Gewerbeförderungsanstalt G binnen ein, die auch der Ausbildung des handwerklic Nachwuchses dient. Seit einem Jahre besteht, geför von Fachverbänden, auch eine Kraftfahrzeug-Mechanik schule in Braunsberg, ferner Innungsfachschulen (Win schulen) für Schmiede, Schlosser und Maurer. Die gewe lichen Berufsschulen sind das eigentliche, aber schwier technische Schulgebiet für Ostpreußen. Die kleine Z größerer oder mittlerer Städte, die weiten Entfernun der einzelnen Ortschaften voneinander und ihre ungünst Verbindung machen eine Zusammenfassung der Schüler Fachklassen zumeist unmöglich, so daß dort in der Me zahl gemischtberufliche Schulen mit einer ungünstigen ruflichen Unterweisung zu finden sind; z. B. sind in ei Klasse von 32 Schülern 18 verschiedene Berufe vertret

Der Vortragende äußerte sich zum Schluß eingehen über das aufblühende und schon weitverzweigte hausw schaftliche Fachschulwesen, durch das in allen Kreisen Bedeutung von Gas und Elektrizität wie von kleine Maschinen im Haushalt erfaßt und verbreitet wird. Zw derartige große Schulen von insgesamt 53 öffentlichen ha wirtschaftlichen Fachschulen in Preußen entfallen auf preußen. Den Berufs- und Fachschulen fällt die Aufg zu, in innigster Verbindung mit Handwerk, Industrie Landwirtschaft das technische Können zu heben.

In der anschließenden kurzen Erörterung wu ein beschleunigter Ausbau der Maschinenbauschule G binnen und ihre Fortentwicklung zur Berechtigungen leihenden höheren Maschinenbauschule von Direk *Frauendienst* angeregt. Dr.-Ing. *Reißner*, Essen, empf die alte Oesterreichische Staatsgewerbeschule als Vorb die den Zusammenhang zwischen den verschiedenen te nischen Zweigen, z. B. zwischen Maschinenbau und La und Forstwirtschaft pflegt.

Im Anschluß an die Vorträge fand ein Rundgang du die vom Deutschen Ausschuß für Technisches Schulwe (*DATSCH*) aufgestellte Abteilung der Lehrschau „Holz

**Ausbildung des technischen Nachwuchses im holzgewerblichen Beruf,**

statt. Sie gab mit ihren Unterabteilungen: Holztechnik der Allgemeinschule, Berufsberatung, Eignungsprüfu Werkstattausbildung, Schulklasse mit technologisc Sammlung, holzgewerbliche Unterrichtsmittel des D schen Ausschusses, Praktikantenausbildung, Ingenieura bildung auf Baugewerkschulen und Holzfachschulen, H technik im Kunstgewerbe und den einschlägigen Arbei der Technisch-Wissenschaftlichen Lehrmittelzentrale und Arbeitsgemeinschaft „Technik in der Landwirtschaft" ei tiefen Einblick in den heutigen Ausbildungsgang des h gewerblichen Facharbeiters und Ingenieurs. [N 367 *Harn*

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 31 S. 1085.

## Risse in einem Schlammablaßstutzen

An einem Kessel des Brunot-Island-Kraftwerks zeig sich am Flansch eines Schlammablaßstutzens Risse Nietloch zu Nietloch. An einem prismatischen Streifen, zwischen zwei Löchern herausgeschnitten wurde, kon man die Risse mikroskopisch untersuchen. Es ergab s daß sie durch Anfressungen in Anwesenheit von Spann gen hervorgerufen waren. Die Spannungen entstan beim Aufnieten des Stutzens und später im Betrieb du Wärmedehnungen. Da die Niete des Stutzens innen ni verstemmt wurden, drang Wasser zwischen Nietschaft Nietloch und verursachte dort Anfressungen, die du Spannungen und Verunreinigungen des Werkstoffes schleunigt wurden. Die Zusammensetzung des Wassers hinderte, daß der Werkstoff spröde wurde. Als dann Ri entstanden, die bis an die Oberfläche des Flansches reicht leckte der Kessel. („Power" Bd. 70 (1929) Nr. 17 S. 63 [N 3762] *Stg*

# Die Halle der Baumesse in Leipzig

*Von HANS SCHMUCKLER, Berlin*

***Die Entwicklung der technischen, insbesondere der Baumesse Leipzig. — Beim Wettbewerb für die Halle 19 zwischen Eisenbeton, Holz und Eisenbau wird der Eisenbau als die für den vorliegenden Zweck geeignetste und wirtschaftlichste Bauweise erkannt. — Beschreibung des Gesamtbaues und der Stahlkonstruktion nach ästhetischen und konstruktiven Gesichtspunkten und Angaben über den Zusammenbau ohne Gerüst, verbrauchtes Stahlgewicht und einige neue Sonderkonstruktionen. — Die Halle wurde im Winter 1928/29 bei strenger Kälte (bis zu — 30°) erbaut, ohne daß ihre rechtzeitige Fertigstellung gehindert wurde.***

Ansicht der neuen Halle (oben)
und das Aufstellen eines der 60 m langen,
30 t schweren Binder (links).

### Das Bauwesen auf der Leipziger Messe

Die beispiellose Entwicklung der technischen Messe in Leipzig hat die Bedeutung der jahrhundertalten Leipziger Mustermesse aufs neue gefestigt. So sind in den letzten Jahren immer weitere Industriegebiete gewissermaßen „messefähig" gemacht worden. Eines der sprödesten dieser Gebiete, dessen Messefähigkeit immer stark in Zweifel gezogen wurde, ist das Bauwesen. Zwar hatte man gerade in Leipzig ein Beispiel vom Gegenteil in der Internationalen Baufachausstellung 1913, die ein großer Erfolg war und deren Hallen noch heute den Grundstock der technischen Messe bilden.

Die hauptsächlichsten Bedenken gegenüber der Baumesse kamen aus den Kreisen des Bauwesens selbst, und es bedurfte des starken Optimismus des Aufsichtsratsvorsitzenden der im Jahre 1928 gegründeten „Leipziger Baumesse A.-G.", Dr. *Albert Müller*, um nach fast zehnjähriger Vorbereitung dieses Unternehmen ins Leben zu rufen. Der Erfolg hat Dr. *Müller* recht gegeben, und der geschäftsführende Leiter der Baumesse, Reg.- und Baurat *Stegemann*, konnte auf der diesjährigen Gesellschafterversammlung die erfreuliche Mitteilung machen, daß die Hallen der neuen Baumessehalle und das beträchtliche Baugelände restlos, zum Teil auf Jahre hinaus vergeben seien, so daß eine Erweiterung des Hallenbaues schon jetzt notwendig geworden ist[1]).

Die Aussteller setzen sich aus allen Gebieten des Bauwesens zusammen. Neben Ziegeln, Klinkern, Natursteinen aller Art, Holz, Beton, Glas, Isolierstoffen sind auch alle neuen Baustoffe und Bauweisen auf der Messe vertreten. Die Stahl schaffende und die Stahl verarbeitende Industrie konnte für ihre umfangreiche Ausstellung einen geeigneten Platz in der Halle nicht mehr bekommen und hat auf dem Freigelände ein eigenes Ausstellungsgebäude errichtet, worin ein Gesamtüberblick über die Stahlerzeugung und Stahlverwendung geboten wird. Ein an diese Ausstellungshalle angeschlossener achtstöckiger Stahlskelettbau von 25 m Höhe zeigt die neuen Bauweisen und die für den Stahlskelettbau wichtigen neuen hochwertigen Baustoffe im Einbau[1a]). Der Betonverein hat vorläufig nur eine Beratungsstelle eingerichtet; dagegen zeigte die Baumaschinenindustrie viele ihrer Maschinen und Fördergeräte in Betrieb, um für die Rationalisierung, Verbilligung und Beschleunigung des Bauens zu werben, die zwar im technischen Schrifttum lebhaft befürwortet wird, aber in der Praxis nur langsam Eingang findet.

[1]) Die neue Halle 20 ist bereits im Bau.

### Der Entwurf

Die Grundlage für den Bau der Messehalle 19 bildete ein Wettbewerb, den die „Baumesse A.-G." im Frühjahr 1928 veranstaltete und zu dem eine Anzahl führender Firmen aus den Gebieten des Betonbaues, des Holz- und des Stahlbaues herangezogen wurden. Von den zum Teil recht beachtenswerten 25 Wettbewerbentwürfen sind die seinerzeit in die engere Wahl gezogenen bereits an andrer Stelle beschrieben[2]) und nach ihrem Wert gewürdigt worden. Bei dem Wettbewerb zeigte sich eindeutig die Überlegenheit des Stahlbaues, besonders in der von der Baumesse bevorzugten Bauweise mit stützenfreiem Raum von 60 m Spannweite und 140 m Länge, bei der der Eisenbeton etwa 70 vH teurer war und der Holzbau schon wegen des Dauercharakters des Hallenbaues nicht ernstlich in Frage kommen konnte. Daraus erklärt sich auch, daß der Holzbau wie der Eisenbetonbau nur mit wenigen Entwürfen freier Spannweite in den Wettbewerb eingetreten waren und sich vorwiegend auf mehrschiffige Hallen geringerer Stützweite beschränkt hatten. Aber selbst diesen Entwürfen gegenüber erwies sich der Stahlbau als überlegen, insofern, als der siegreich aus dem Wettbewerb hervorgegangene Entwurf mit 60 m freier Spannweite nicht mehr Kosten verursachte, als die mehrschiffigen Eisenbeton- und Holzhallen von geringerer Spannweite.

[1a]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 12 S. 385.
[2]) „Stein, Holz, Eisen" 1929 Woche 34.

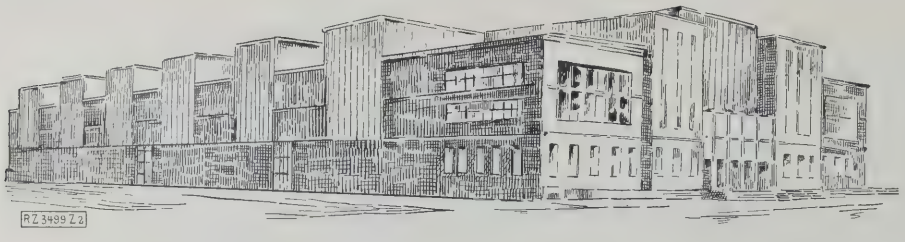


**Abb. 1.**
Wettbewerbentwurf von Breest & Co. mit Architekt *Walter Gruner.*

Den von Breest & Co. eingereichten Wettbewerbentwurf des Verfassers mit der Architektur von Architekt *Walter Gruner*, Leipzig, zeigt Abb. 1. Von diesem Entwurf wurde der leitende Konstruktionsgedanke der Halle bei der Ausführung beibehalten, während der Kopfbau an der Straße des 18. Oktober völlig neu bearbeitet und auch die Lichtbandführung von dem mit der künstlerischen Durchführung des Baues beauftragten Architekten *Curt Schiemichen*, Leipzig, verbessernd geändert wurde.

Das obere Titelbild zeigt den von *Schiemichen* verbesserten äußeren Hallenbau und läßt deutlich die Einheit des architektonischen Gedankens erkennen, die *Schiemichen* durch Umgestaltung des Kopfbaues gegenüber dem ursprünglichen Entwurf erreicht hat.

Die ohne inneren Zusammenhang wie eine Kulisse dem Hallenbau vorgelagerte Säulenhalle des ursprünglichen Entwurfs entsprach zwar den Ausschreibungsbedingungen, wird aber nach unseren heutigen baukünstlerischen Anschauungen als Fremdkörper empfunden, während die Einheit zwischen Hallen- und Kopfbau mit dem ringsum laufenden Lichtband dem neuzeitlichen Bauempfinden weit mehr entspricht.

In bezug auf diese Einheit des Baugedankens nimmt die Halle 19 überhaupt eine Sonderstellung auf dem Messegelände ein, denn bei den benachbarten und gegenüberliegenden Hallen 7, 8, 9 usw. fehlt dieser Zusammenhang mehr oder weniger.

### Bauliche Einzelheiten

Der Vorbau der Halle 19, Abb. 2, enthält im Erdgeschoß eine Empfangshalle, Abb. 3, und zu beiden Seiten der Halle Büro-, Schreib- und Telephonzimmer, Garderoben, Aborte usw. sowie den Zugang zur Halle. Im Obergeschoß sind ein Vortragsaal und Gaststätten mit Terrassen nach der Halle untergebracht. Darüber liegt der Raum für Lichtbild-Filmvorführungen.

Die Fassade erhält ihren Schmuck durch Klinker und Keramiken, die auch im Innern des Vorbaues, Abb. 3, und an der Schauseite nach der Halle zu verwendet wurden. Konstruktiv stellt sich der Vorbau als eine Verbindung von Stahlbau und Eisenbeton dar, ohne daß hier, wegen der Einfachheit der Aufgabe, bemerkenswerte neue Konstruktionsgedanken verwendet worden sind.

Zur Beleuchtung der Räume im Vorbau dienen, ab sehen von den mit Fenstern versehenen Büroräumen u sonstigen Räumen des Erdgeschosses, kittlose Lic bänder, die an dem anschließenden Hallenbau ihre Fo setzung finden.

Die Ausstellungshalle selbst ist 14( lang und 60 m breit ohne Stützen bei 14,5 m Traufenhö und 19,45 m Firsthöhe. Diese insgesamt 8400 m² u fassende Halle ist in acht längslaufende Kojenreihen e geteilt, wovon die in der Hallenachse liegenden ob Trennwände geblieben, die links und rechts daneben l genden mit 1,80 m oder 2,50 m hohen Wänden versel worden sind und die an den Hallenlängswänden liegend Kojen 3 m hohe Trennwände erhalten haben. Die Stär werden nach einem einheitlichen Plan in der Weise e geteilt, daß jeweils zusammengehörige Ausstellun gegenstände zusammengefaßt zur Ausstellung komm Abb. 4. Die letzten beiden Hallenfelder nehmen die Betrieb gezeigten Baumaschinen auf und sind durch ei Eisenfachwerkwand getrennt, die den Lärm der arb tenden Maschinen von den übrigen Messeständen fer hält.

Ein Eisenbahngleis führt an die Halle heran. A Ausgänge mit eisernen Toren (Eisenbau-Essen) dien für den Verkehr des Publikums und als Förderwege f die Ausstellungsgegenstände.

Eine Zentralheizungsanlage (Gebr. Körting und K ling) mit 10 Strebel-Kesseln von je 50 m² Heizfläche, in einem unter der Halle gelegenen Heizkeller unt gebracht wurde, läßt auch bei kältester Witterung d Aufenthalt in der Halle und dem Vorbau angenehm en finden. Die Heizung ist eine Luftheizung. Die Fris luft wird durch Kanäle von zwei Kreisellüftern zug führt und vorher gefiltert. Der Kopfbau hat eine beso dere Heizanlage mit einem Strebelkessel, ausgeführt a Niederdruckdampfheizung (Krantz) mit Radiatoren.

Der Grundgedanke des Hallenbaues aus Abb. 5 bis 7 deutlich erkennbar. Vorherrschend w das Bestreben nach einer reichen und gleichmäßigen B leuchtung, die auch bei starkem Schneefall keine Bee trächtigung erfährt. Mit diesem Bestreben mußten si auch ästhetische Forderungen verbinden lassen, u schließlich mußte, wie es die Eigenart eines solchen We bewerbes mit sich bringt, auch ein neuer Form- und Ko struktionsgedanke seinen Ausdruck finden.

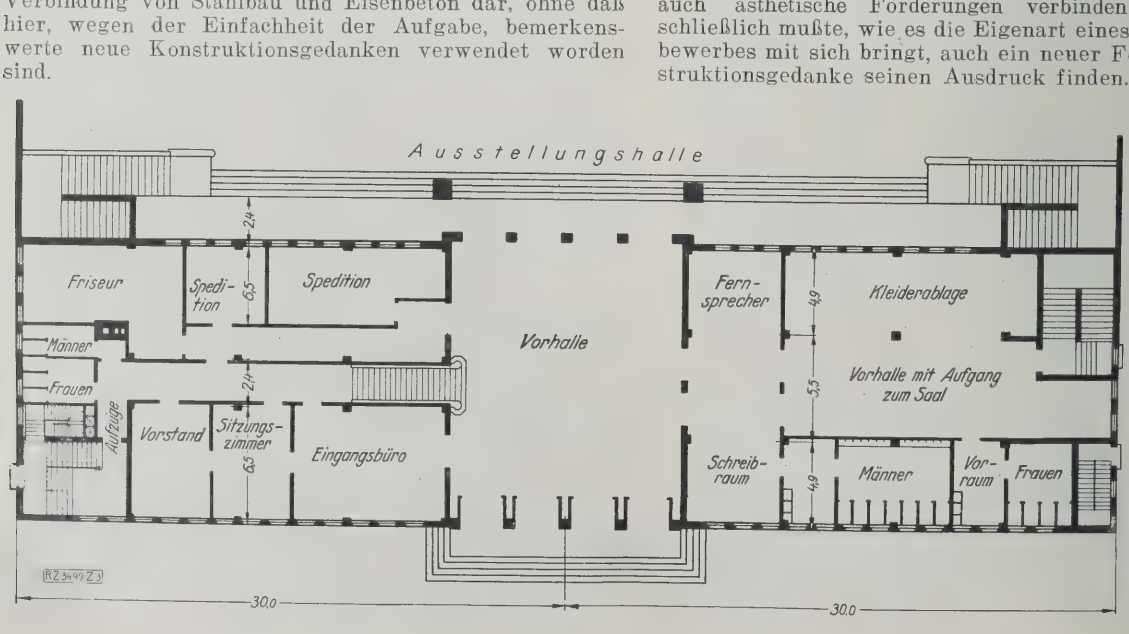



**Abb. 2**
Grundriß des Vorbaue der Halle 19

Ebenso wie bei den andern in den letzten Jahren auten Hallen 7, 8 und 9 der Leipziger technischen sse ist auch der neuen Halle 19 eine gewisse Reklame-kung eigen. Die in den Hallenraum hineinragenden eslichtkörper bieten nicht nur eine vorzügliche Be-chtung, sie lassen auch das Äußere und Innere als ein sam in die Augen fallendes Gebilde erkennen, s. oberes elbild und Abb. 4.

Diese Lichtbänder haben im Grundriß die Form eines beiden Seiten entlanglaufenden rechteckigen Zahn-nittes. In der äußeren Längsansicht verspringen die chflächen in ihre Höhenlage, so daß sie in den einanderfolgenden Binderfeldern einmal auf dem derobergurt, einmal in Höhe des Binderuntergurtes gen. Im mittleren Hallenteil, auf eine Breite von m, läuft das Dach ununterbrochen durch. Die Unter-te der Lichtbänder der Längswände läuft auch an den belwänden ringsherum durch. Die obere Lichtband-te folgt dagegen in ihrer Höhe den verspringenden chflächen. So wird Äußeres und Inneres der großen lle belebt und eine organische Lebendigkeit der Archi-tur in einfachster Weise erreicht, Titelbild und Abb. 4.

Die Lichtflächen der Halle, insgesamt 3800 m², machen 40 vH der Hallengrundfläche aus. Die Beleuchtung ist h an trüben Tagen vorzüglich; eine Reinigung von nee kommt infolge der senkrechten Stellung der Glas-chen nicht in Frage. Der Wetterschmutz wird vom gen abgewaschen, so daß eine Reinigung der Glas-chen viel seltener notwendig ist als bei sattelförmigen erlichten. Beschädigungen durch Hagelschlag oder gleichen sind kaum zu befürchten, trotzdem ist für die tlosen Lichtbänder, die mit verzinkten Sprossen aus-führt werden (Eberspächer, Eßlingen), aus Gründen r Sicherheit für das Publikum durchweg Drahtglas rwendet worden. Die Belästigung durch Sonnen-ahlen, die bei Ausstellungen oft sehr störend empfun-n wird, ist fast völlig vermieden und der Einfluß der nne auf die Hallentemperatur erheblich eingeschränkt.

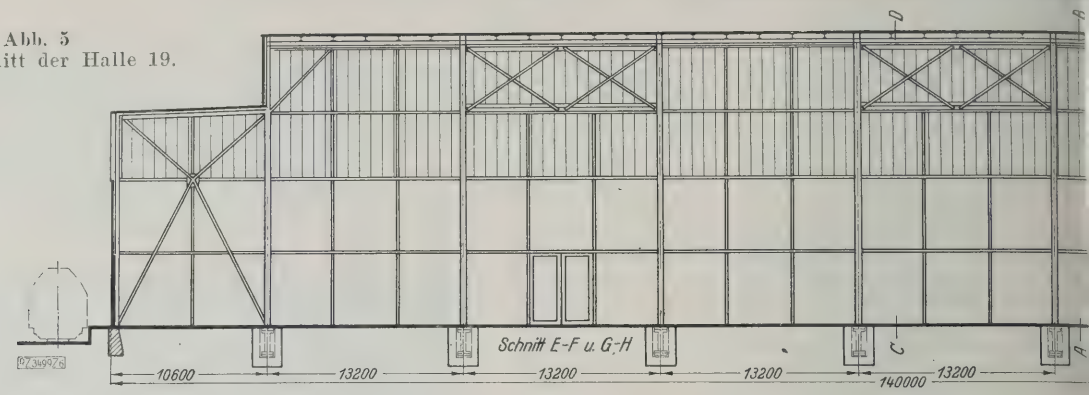
Als Dacheindeckung sind für die mittlere chfläche und die hochgelegenen Flächen der seitlichen cher eisenbewehrte Bimsbeton-Hohlplatten zur Aus-rung gekommen. Die tiefliegenden seitlichen Dach-chen erhielten eisenbewehrte Hohlsteindecken, die ohne strich verblieben und in ihrer rot-blauen Farbigkeit sehr gut wirken. Die Wände haben ein Stahlfachwerk und sind einen halben Stein stark ausgemauert.

Die Stahlkonstruktion der Halle aus St 37, Abb. 5 bis 7 und 8 bis 13, weist neun mittlere Binderfelder von 13,2 m und an beiden Enden Endfelder von rd. 10,6 m Länge auf. Die 60 m weit gespannten Binder zeigen als System ein statisch bestimmtes Rautennetz ohne senkrechte Stäbe von 4,8 m Systemhöhe am First. Wie sich schon bei neueren Brücken, z. B. der Rheinbrücke bei Wesel,

Abb. 3
Empfangshalle; Architekt *Curt Schiemichen*.

Abb. 4
Inneres der Meßhalle 19 mit den Ständen.

Abb. 5
Längsschnitt der Halle 19.




zeigte, ist dieses formschöne Fachwerk jahrzehntelang zu Unrecht vernachlässigt worden. Es bietet ästhetische und konstruktive Vorteile, und der Blick in das Innere der Halle 19, Abb. 4, zeigt die Richtigkeit dieser Anschauung. Knotenbleche wurden bei den Bindern vermieden; die Stehbleche der T-förmigen Gurtungen bieten reichlich Raum für die Anschlüsse der Füllstäbe. Abb. 8 bis 13 zeigen den Binder in seiner konstruktiven Durchbildung. Das gleiche Rautennetz setzt sich auch an den in die Halle hineinspringenden Lichtbandflächen einheitlich fort und dient der Überleitung der Windkräfte und Aussteifung des Bauwerks.

Die Binder werden von Stützen aus I B 100 getragen; diese leiten die Windbelastungen quer zur Halle in die Fundamente ab, in denen sie biegungsfest eingespannt sind.

Abb. 14 und 15 stellen die Stütze mit Fundament dar. Die Windbelastung ist auf die beiden Stützen eines Querschnittes verteilt angenommen. Zur Verminderung der Stützenbeanspruchung sind die Binder exzentrisch auf dem Stützenkopf gelagert. Die Art der Einspannung Fundament lassen Abb. 14 und 15 ebenso erkennen wie vorläufige Einspannung während des Zusammenbaues, nach Vergießen des Stützenfußes wieder abgeschraubt für die Aufstellung der nächsten Stütze benutzt wu Als größte Kantenpressung konnte in dem lehmhalti Kiesboden 2,5 kg/cm² für die Bemessung der Fundame zugelassen werden.

Auf eine besondere Schwierigkeit, die sich währ des Baues herausstellte und infolge der Abänderu fähigkeit der Stahlbauweise leicht beseitigen ließ, noch hingewiesen. Unmittelbar neben der Halle ste die 200 m hohen Funktürme des Leipziger Senders. gegen der ursprünglichen Annahme, daß sich die Tu gründungen 6 m tief in den Boden erstrecken, ste sich bei genauer Prüfung des Bodens heraus, daß Fundamentsohle nur 1,5 m unter Flur lag. Da Sohle des benachbarten Stützenfundamentes der H 2,5 m tief und damit tiefer in den Boden ging als die Funkturmfundamentes, so bestand die Gefahr eines

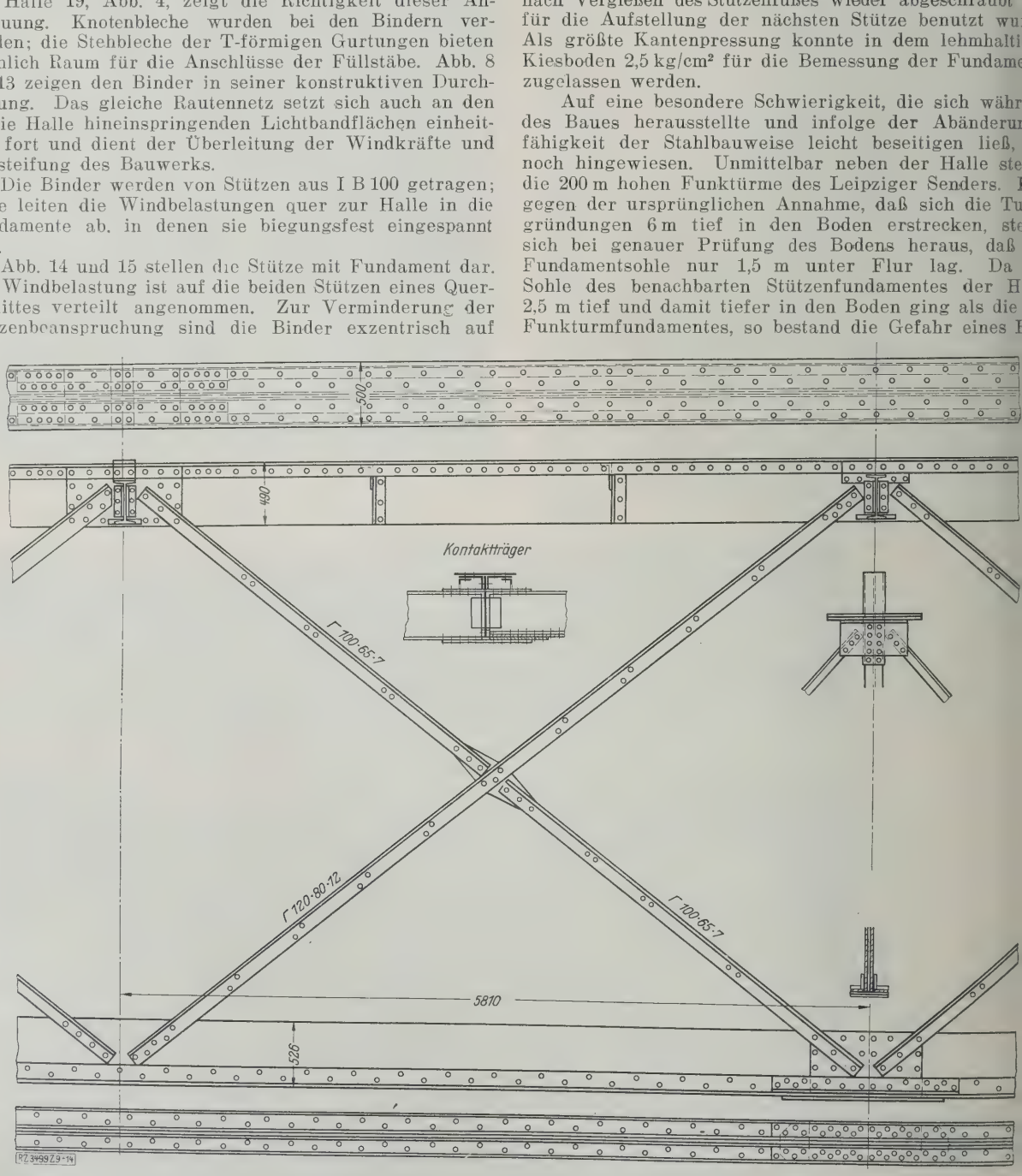



Abb. 8 bis 13. Mittlerer Teil des Hallenbinders.

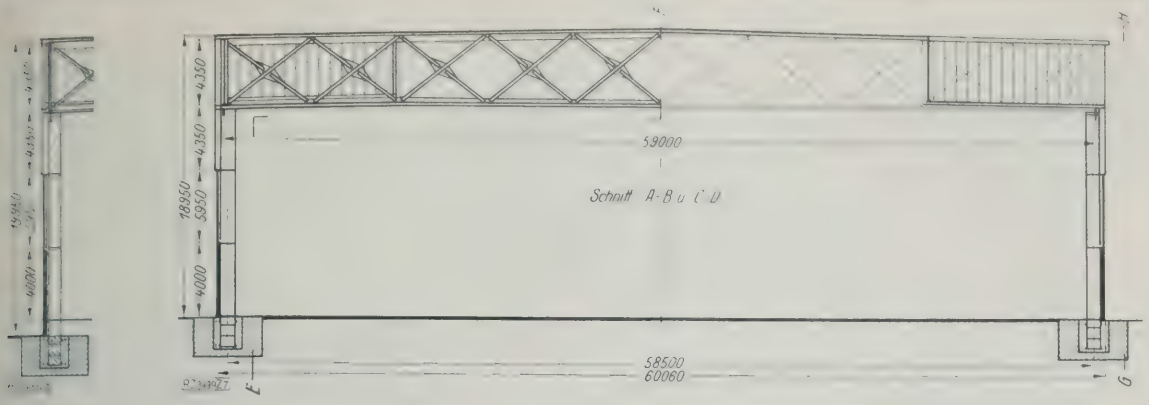



**Abb. 6 und 7.** Querschnitte der Halle 19.

sches unter dem Turmfundament. Diese Gefahr wurde in einfacher ise dadurch beseitigt, daß die dem Funkturm benachbarte Stütze chträglich in eine P e n d e l stütze umgewandelt wurde. Dadurch, daß nmehr die Einspannung im Fundament in Fortfall kam, konnte dieses ieblich verkleinert und mit nur 1 m Tiefe ausgeführt und damit die rung der benachbarten Funkturmstütze beseitigt werden. Der Windck auf die Längsseite der Halle mußte in diesem Ausnahmefall von gegenüberliegenden Stütze allein aufgenommen und diese sowie das ugehörige Fundament entsprechend der stärkeren Belastung verrkt werden.

Die Windlasten auf den freien Giebel sind durch einen in der chfläche angeordneten Windträger in Windportale der Längswände geleitet werden, Abb. 5. Für den Eisenkonstrukteur dürfte auch die sbildung der Längsunterzüge beachtenswert sein, welche die Dachat tragenden I-Sparren unterstützen. In den seitlichen Dachflächen, in ihrer Höhenlage verspringen, mußten diese Unterzüge als einfache lken ausgeführt werden und bestehen aus I NP 50. In der mittn durchlaufenden Dachfläche dagegen konnte eine erhebliche Gechtersparnis unter gleichzeitiger Verminderung der Durchbiegung rch Anordnung sogenannter K o n t a k t t r ä g e r erzielt werden, die Trägerbau auf Vorschlag von Professor Dr. *Siegmund Müller* eingert wurden und auch Aufnahme in die preußischen Baupolizeivorriften gefunden haben. Ihre Berechnung erfolgt in den Mittelfeldern t $M = Q\,l/16$, in den Endfeldern mit $Q\,l/11$.

Das in den Mittelfeldern für die Kontaktträger gewählte Profil I NP 38. Die auf diese Weise erzielte Gewichtersparnis beträgt kg/m² Dachfläche. Die Durchbiegung ist trotz der großen Spannite von 13,5 m bei 38 cm Trägerhöhe, also einem Verhältnis: $\frac{\text{Trägerhöhe}}{\text{Spannweite}} = 1 : 35$, gering.

Das Gesamtgewicht der Stahlkonstruktion beträgt 830 t oder rd. 0 kg/m², umgerechnet auf den umbauten Raum 8 kg/m³. Die Dachnstruktion allein wiegt 525 t oder 62 kg/m², das Gewicht der 60 m it gespannten Binder beträgt je 28 t, bezogen auf die Dachfläche 4 kg/m².

### Bauausführung

Aus dem unteren Titelbild geht der sehr einfache Zusammenbau herr. Die 60 m langen Binder mußten aus fördertechnischen Gründen einzelnen Teilen angeliefert werden; sie wurden am Bau auf einer lage zusammengebaut und fertig vernietet. Dann wurden die 30 t weren Binder, die nicht als Kastenträger, sondern e i n w a n d i g sgeführt sind, mit Hilfe von zwei in den Drittelpunkten aufgestellten ernen Gittermasten mittels elektrisch betriebener Winden hochgezogen.

Da bei dieser einfachen Art des Binderaufbaues in der Nähe der fhängepunkte im Binderuntergurt Druckspannungen auftreten, so rden diese Binderuntergurte während des Hochziehens vorübergehend t flachliegenden I-Eisen NP 50 mittels Klemmschrauben verbunden. eichzeitig mit dem Binder wurden an besonderen Eisenmasten ch die zugehörigen I B 100-Stützen aufgerichtet, damit darauf Binderflager und Stützen sofort verschraubt werden konnten. Selbstverständh mußten die Binder so lange im Zug hängen bleiben, bis die Querrbindungen eingebaut waren, weil sonst der nicht ausgesteifte Oberrt eingeknickt wäre. Diese einfache Art des Zusammenbaues hat sich rehaus bewährt; die Aufstellung eines Binders mit Stützen konnte weils in einer halben Stunde erfolgen.

Als äußere Dachbekleidung haben wir Preolith verwendet; die Rinn und quadratischen Abfallrohre wurden in verzinktem Armcoblech vom

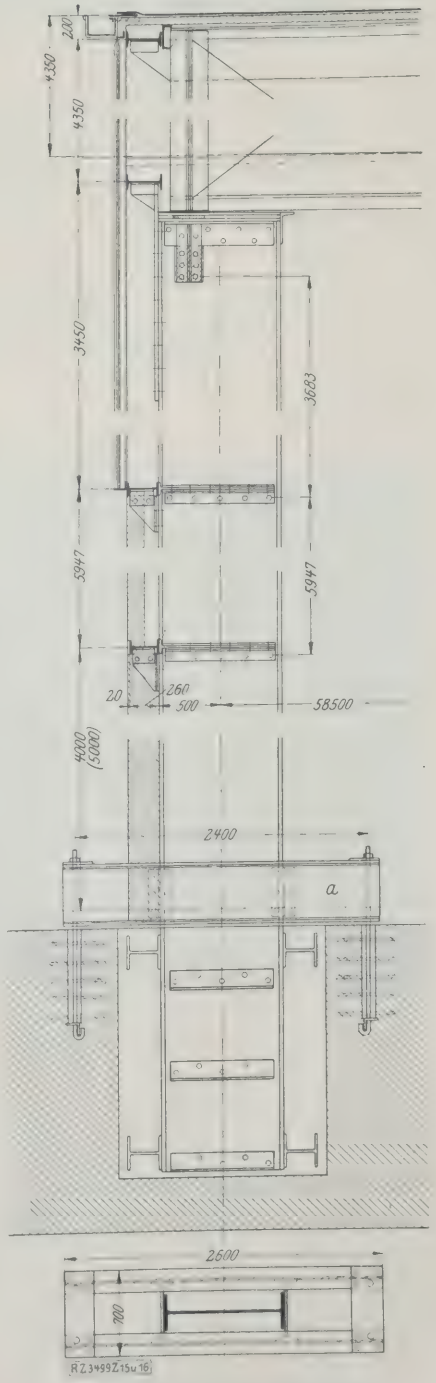
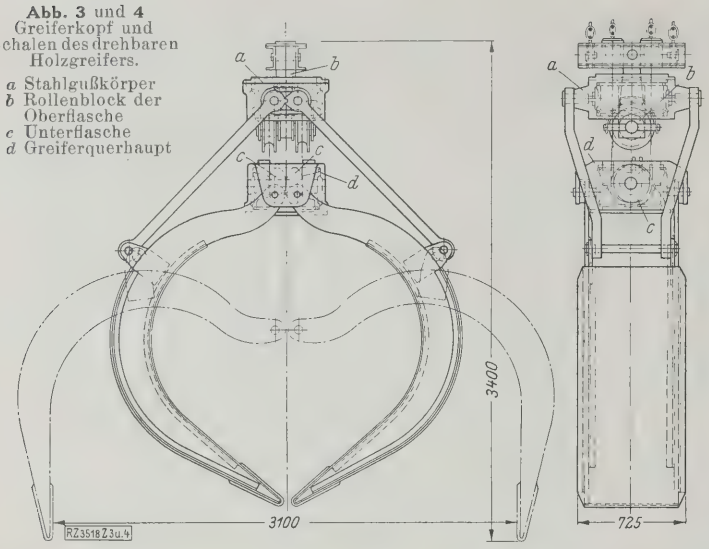


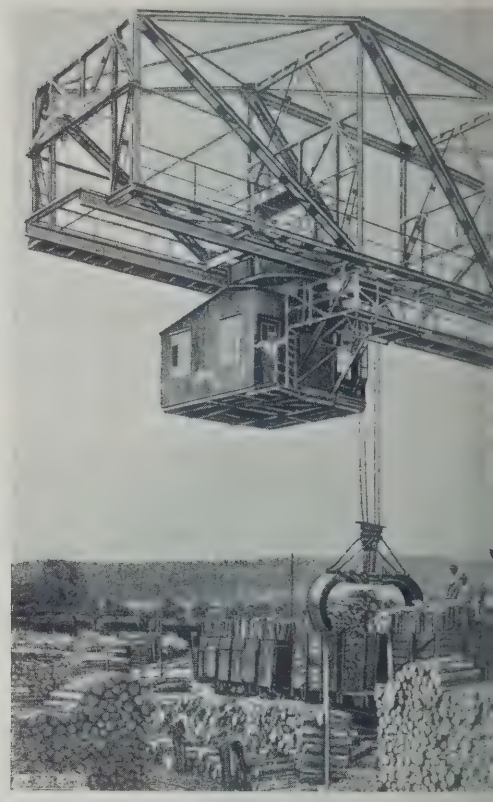

**Abb. 14 und 15**
Einzelheiten der Hauptstützen.
*a* Einspannung während der Aufstellung.

Eichener Walzwerk ausgeführt. Der Fußboden besteht aus Beton von 1 : 8 Mischung und 12 cm Dicke mit einem Zementestrich von 3 cm Dicke.

Als gesamtausführende Firma wurde der Firma Breest & Co., Eisenbau, Berlin, der Auftrag für die Halle übertragen. Sie hat in Gemeinschaftsarbeit mit den Firmen Emil Bödemann, Leipzig, und der Beton- und Monierbau-A.-G., Leipzig (Fundamente und Dach deckungen), den gesamten Hallenbau innerhalb von Monaten fertiggestellt. Der außergewöhnlich harte W ter des Frühjahrs, der bis zu 30 ° Kälte brachte, hat letzten Arbeiten zwar stark beeinträchtigt, konnte die rechtzeitige Fertigstellung für die Eröffnung Frühjahrsmesse nicht hindern. [B 349

**Abb. 3** und **4**
Greiferkopf und Schalen des drehbaren Holzgreifers.
*a* Stahlgußkörper
*b* Rollenblock der Oberflasche
*c* Unterflasche
*d* Greiferquerhaupt



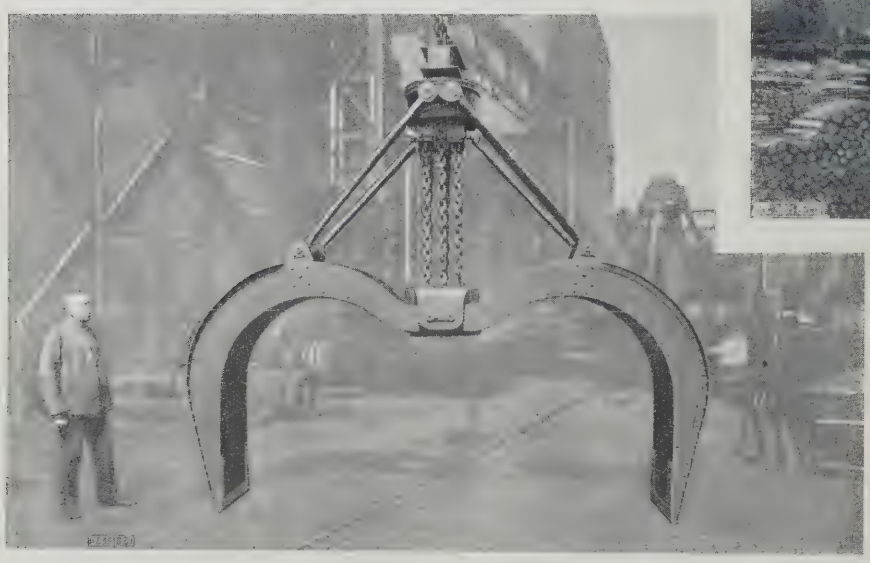


**Abb. 1** (oben)
Greifer beim Entladen von Eisenbahnwagen.

**Abb. 2** (links)
Greifer in offener Stellung.

**Abb. 1** bis **4**
Holzgreifer, dessen Greiferschalen sich bei stillstehender Flasche drehen lassen.

## Ein drehbarer Holzgreifer

Der in Z. Bd. 73 Nr. 33 S. 1174 beschriebene neuere Holzgreifer stellt einen bemerkenswerten Fortschritt gegenüber den älteren Holzgreifern mit festem kastenartigen Rahmen dar. Eine ähnliche Bauart, die gleichfalls als Stangengreifer ausgebildet ist, sich jedoch außerdem noch drehen läßt, hat die Demag, Duisburg, ausgebildet. Der Vorzug dieses Greifers besteht darin, daß die aufzunehmenden Holzstapel in jeder beliebigen Richtung liegen können und damit ein besonderes Aufstapeln in einer bestimmten Richtung fortfällt, da man den Greifer leicht in jede Richtung einstellen kann, Abb. 1.

Abb. 2 zeigt einen solchen Greifer in offener Stellung. Der Greiferkopf, Abb. 3 und 4, besteht aus einem runden Stahlgußkörper *a*, in dem der Rollenblock *b* der Oberflasche auf Kugeln drehbar gelagert ist. In der gleichen Weise ist die Unterflasche *c* im Greiferquerhaupt *d* gelag so daß man bei stillstehender Flasche die Greiferscha kurz vor dem Aufsetzen auf den Holzstapel leicht in geeignete Richtung drehen kann.

Um keine zu große Bauhöhe zu erhalten und um zu v meiden, daß der Greifer infolge zu hoher Lage des Schw punktes leicht umfällt, hat man Greiferkopf und Querha möglichst klein gehalten. Dies wurde dadurch erreicht, man statt der sonst üblichen Drahtseile Ketten für Greiferflaschenzug benutzte, deren Rollen bedeutend klei ausfallen als die Seilrollen. Die beiden Ketten werden du besonders ausgebildete Kettenschäkel mit den Huborga des Kranes verbunden. Dank der gedrängten Ausführu von Greiferkopf und Querhaupt ist außerdem noch ein Verhältnis zur Größe des Greifers großer Fassungsraum reicht worden. [M 3518

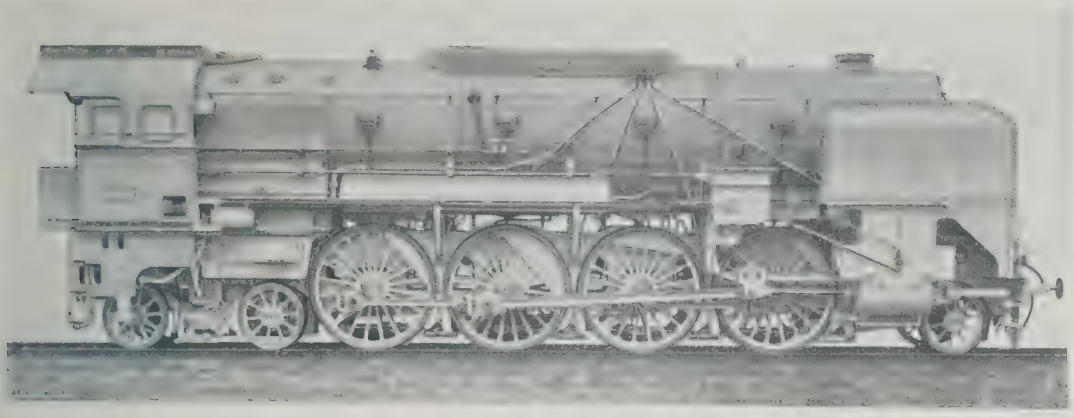


Abb. 1

# Die 1 D 2-Drillings-Schnellzuglokomotive der Österreichischen Bundesbahnen

*Von Obering. OSKAR SEIDL, Wiener Neustadt*

***Die wichtigsten Merkmale der Drillings-Schnellzuglokomotive am Lauf- und Triebwerk und die Unterschiede gegenüber der Zwillingslokomotive Reihe 214 der ÖBB. — Die Lenkersteuerung nach Marshall, eine neuartige Lösung der Steuerung von Dreizylinderlokomotiven: dreifache Kropfwelle mit drei Lenkergestängen in einem Gehäuse vereint, angetrieben mittels Kegelräder und Gelenkwelle. Die Leerlaufvorrichtung hebt selbsttätig sämtliche Ein- und Auslaßventile an, ihre inneren Antriebteile sind in die Steuernockengehäuse eingebaut.***

Die Österreichischen Bundesbahnen haben für den schweren Schnellzugdienst auf der Strecke Wien – lzburg und Wien – Passau eine neue Lokomotivbauart zwei Ausführungen beschafft: die Zwillingslokomotive eihe 214[1]) und die von der A.-G. der Locomotivfabrik rm. G. Sigl, Wiener Neustadt, gebaute Drillingslokomotive eihe 114, die beide seit längerer Zeit in Betrieb sind.

### Das Laufwerk

r Drillingslokomotive, Abb. 1, unterscheidet sich von m der Reihe 214 dadurch, daß das hintere Drehgestell cht um einen mittleren Zapfen schwingt, sondern um nen festen Drehzapfen über seiner vorderen Achse. Diese daher annähernd radial einstellbar, wogegen die hintere chse um 2 × 80 mm ausschwingen kann. Blattfedern ücken das Gestell in die Mittellage zurück. Infolge eser Anordnung mußte die vierte Kuppelachse ein Seitenel von 2 × 20 mm erhalten. Der Drehzapfen des vorderen rauß-Helmholtz-Gestelles ist um 2 × 75 mm verschiebbar, obei die vordere Laufachse nach jeder Seite 140 mm, die ste Kuppelachse 30 mm ausschlagen können. Der Spurranz der dritten Kuppelachse ist um 10 mm schwächer drehr. Die Lokomotive hat daher einen festen Radstand n nur 2070 mm, jedoch eine geführte Länge von 5705 mm. iese Ausbildung des Laufwerkes ermöglicht, trotz des esamtradstandes von 12 635 mm Gleiskrümmungen von 0 m Halbmesser zu durchfahren, und verleiht der Mahine im Verein mit dem Dreizylinder-Triebwerk einen higen Gang auch bei sehr hohen Geschwindigkeiten.

Die beiden außen waagerecht liegenden Zylinder von 0 mm Dmr. und 720 mm Hub treiben mit 4000 mm langen angen die dritte Kuppelachse und der in der gleichen ierebene unter 1 : 6,6 geneigte Innenzylinder mit einer 30 mm langen Stange die gekröpfte zweite Kuppelachse . Der Innenzylinder ist zwischen den 34 mm dicken hmenplatten derart gelagert, daß er nicht zum Tragen r Rauchkammer herangezogen wird. Der Blechsattel r die Rauchkammer stützt sich unmittelbar auf die Rahenplatten, so daß die Zylinder- und Ventildeckel des nenzylinders gut zugänglich sind. Auf den Boden der uchkammer ist ein pyramidenstumpfförmiger Einbau fgeschraubt, unter dem der dreifache Ausströmstutzen, r Verbindungskrümmer zum Auspuffansch des Innenzylinders und das Einströmrohr des Innenzylinders untergebracht sind. Das Blasrohrmundstück von 160 mm Dmr. sitzt auf der Decke des Einbaues, 450 mm unter Kesselmitte. Der Schornstein von 530 mm Mündungsweite reicht etwa 700 mm in die Rauchkammer hinein und trägt unten einen *Langerschen* Funkenteller.

Die Rahmenverbindungen bestehen vorn und hinten aus Stahlgußstücken, die zugleich die Kuppelvorrichtungen und die Drehgestellzapfen und seitlichen Auflagen des hinteren Drehgestelles aufnehmen. Im Bereiche der gekuppelten Räder sind die Rahmenplatten durch Verbindungen aus Blech und Formeisen gegenseitig versteift. Diese Bauart ergibt bei der erforderlichen Festigkeit genügende Elastizität des Fahrzeuges und ermöglichte, daß man trotz des Dreizylinder-Triebwerkes mit einem nur etwa um 1 t höheren Eigengewicht gegenüber den Lokomotiven Reihe 214 auskam. Die Deichsel des Krauß-Helmholtz-Gestelles und der Rahmen des hinteren Drehgestelles bestehen aus je einem Stahlgußstück. Der Aschkasten ist ganz geschweißt und weist außerhalb der Rahmenplatten mit Luftfänger und Putztüren versehene Taschen auf, wogegen durch zwei Öffnungen am Boden die Rückstände in zwei am Drehgestell befestigte Säcke fallen, die unten mittels gebogener Deckel abgeschlossen sind. Von beiden Seiten der Lokomotive aus können diese Deckel mittels Handräder, Ketten und Zahnstangen zwecks Entleerung der Säcke ausgeschwenkt werden.

Da die bisherigen Bauarten der Steuerungen für Drillingstriebwerke nicht voll befriedigten, beschritt man einen neuen Weg und bildete eine

### Lenkersteuerung nach Marshall

für den besondern Zweck durch, Abb. 2 bis 6. Ein auf die Mitte der dritten Kuppelachse gekeiltes Kegelrad treibt mit der Übersetzung 1 : 3 über eine schräge Welle *a* und weiter unter Zwischenschaltung eines zweiten Kegelräderpaares, Übersetzung 3 : 1, die dreifach gekröpfte Steuerkurbelwelle *d* an. Die Steuerwelle ist in dem Stahlgußkasten *e* gelagert. Die schräge Antriebwelle ist mit Gelenken *c* und einer längsverschiebbaren Kupplung *b* versehen, um die Längen- und Richtungsänderungen infolge des Federspiels der antreibenden Achse aufzunehmen. In dem Stahlguß-

[1]) s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 441.

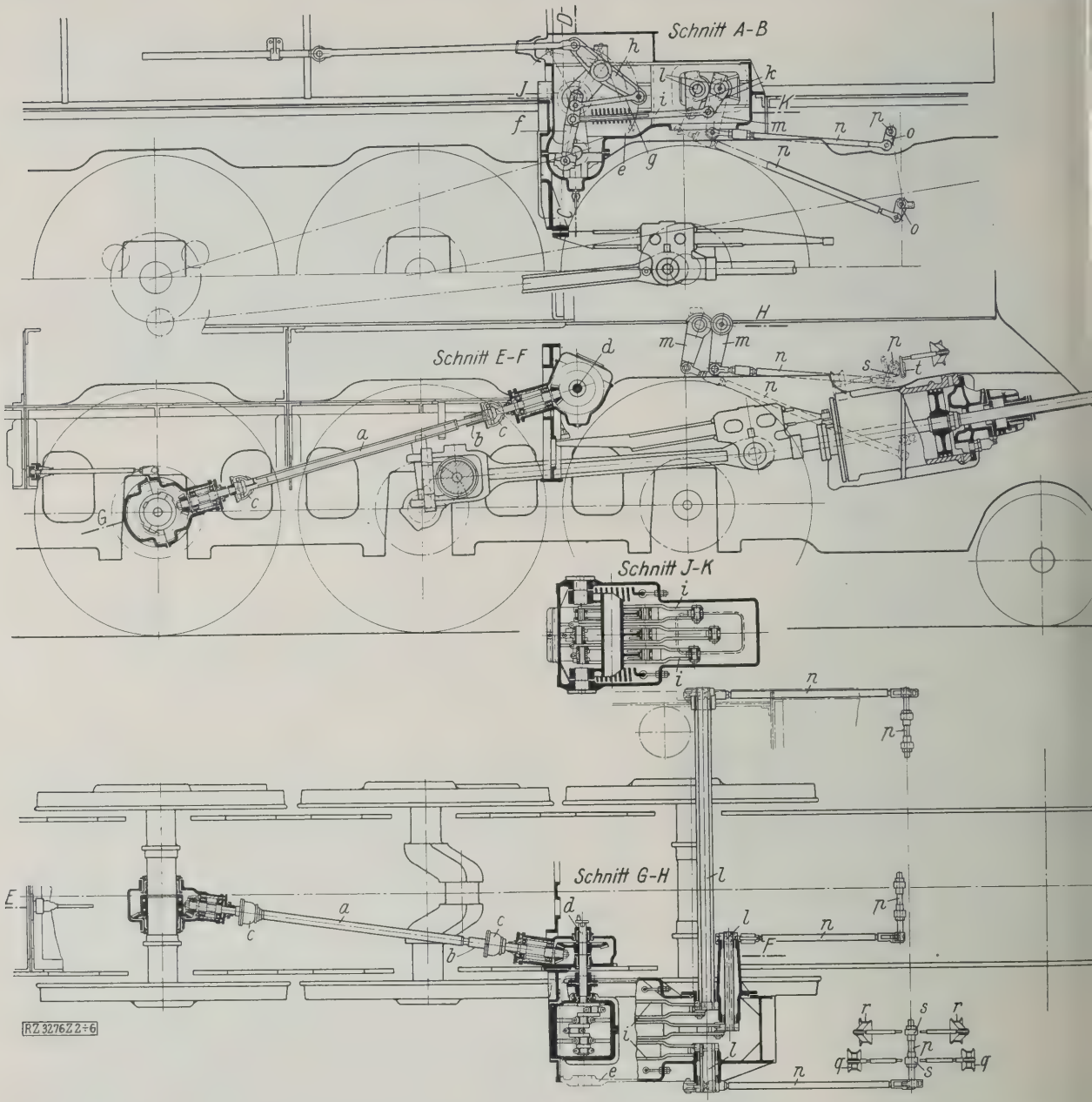



**Abb. 2 bis 6.** Lenkersteuerung nach Marshall.

*a* Schräge Welle mit längsverschieblicher Kupplung *b* und Gelenken *c*
*d* Steuerkurbelwelle
*e* Stahlgußkasten
*f* Steuerkurbelstange
*g* gegabelte Lenker
*h* Steuerschwinge
*i* gegabelte Antriebstangen
*k* Hebel
*l* Übertragungswellen
*m* äußere Hebel
*n* Verbindungsstangen
*o* Antriebhebel
*p* Nockenwellen
*q* Einlaßventile
*r* Auslaßventile
*s* Wälznocken
*t* Zwischenhebel

kasten sind, staub- und öldicht abgeschlossen, nebeneinander die drei Gestänge der Lenkersteuerungen für die Zylinder gelagert, derart, daß die richtige Lage der einzelnen Wellenmittel zueinander vollkommen gesichert ist. Die Kurbelstangen *f* sind an den Armen einer kräftigen, rahmenförmig ausgebildeten Steuerschwinge *h* mittels gegabelter Lenker *g* aufgehängt und sind anderseits mittels ebenfalls gegabelter Antriebsstangen *i* mit Hebeln *k* verbunden, die auf die im Vorderteil des Kastens gelagerten Übertragungswellen *l* gekeilt sind. Die auf diesen Wellen angeordneten äußeren Hebel *m* vergrößern die Steuerungsausschläge im Verhältnis 200 : 350 und übertragen sie mittels Stangen *n* auf die Antriebhebel *o* der Nockenwellen *p*. Diese äußeren Antriebhebel und ihre Verbindungsstangen sind die einzigen außenliegenden bewegten Teile der Steuerung.

Die Ventilkasten sind für alle drei Zylinder nach einem Modell ausgebildet und sitzen mit gegen die Antriebseite geneigten Flanschen auf den Zylinderkörpern, nur mit je vier kräftigen Stahlschrauben befestigt. das zylindrische Nockengehäuse im Ventilkasten waa recht derart angeordnet ist, daß die Nockenwellenm über der Achse der Einlaßventil- und unter der Ac der Auslaßventilspindeln liegt, konnten die Verbindun kanäle von den Ventilen zu den Zylindern sehr k gehalten werden und die schädlichen Räume betragen Mittel nur 10 vH. Die liegenden Ventile von 180 mm D für den Einlaß *q* und 200 mm Dmr. für den Auslaß werden von Wälznocken *s* unter Zwischenschalten v Übertraghebeln *t* angetrieben, s. a. Abb. 7 und 8. Di Hebel sitzen auf exzentrisch gedrehten Teilen von Lag bolzen, die durch den Deckel des Nockengehäuses n außen verlängert sind und dort eine Vorrichtung z Einstellen der Steuerung und zum Sichern der richtig Lage tragen.

Das Nockengehäuse enthält außer der Nockenwe mit Wälznocken und den Übertragungshebeln samt ih Lagerung auch noch die inneren Teile der

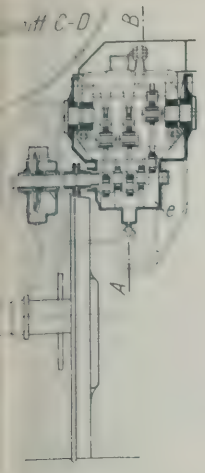
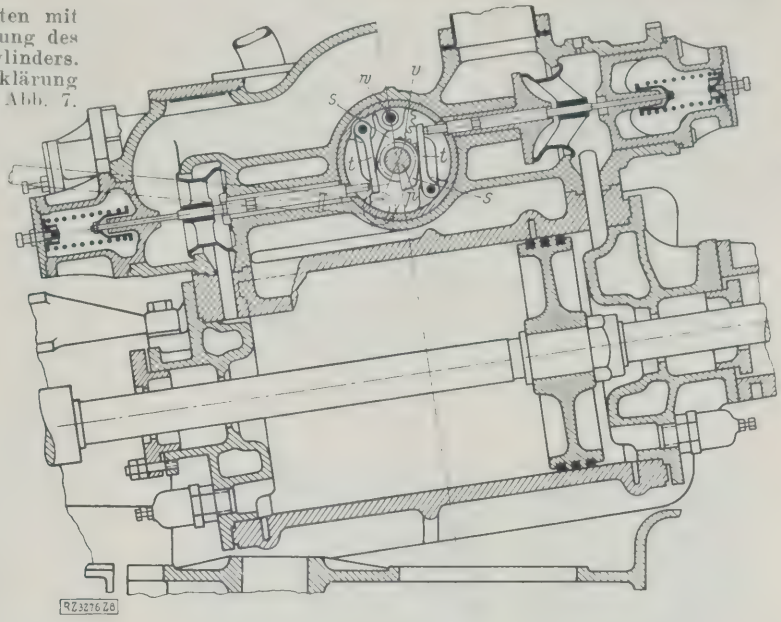



Abb. 6

Abb. 8. Ventilkasten mit Leerlaufvorrichtung des mittleren Zylinders. Buchstabenerklärung s. Abb. 7.



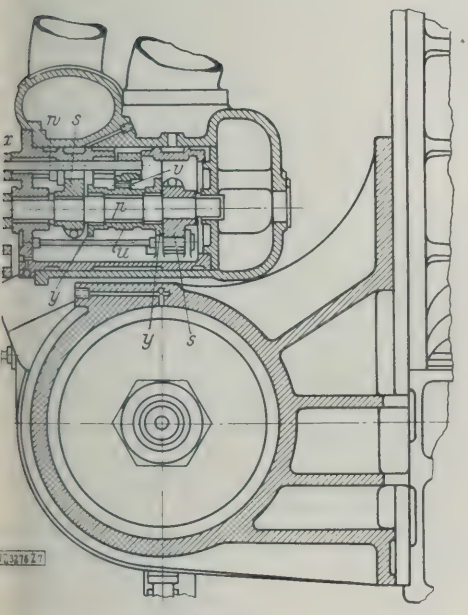



Abb. 7
Getriebegehäuse mit Leerlaufvorrichtung im Ventilkasten eines äußeren Zylinders.

| | |
|---|---|
| p Nockenwelle | w Übertragungswelle zum Druckausgleichautomaten |
| s Wälznocken | x Hebel zum Druckausgleichautomaten |
| t Zwischenhebel | y Hubkurven des Leerlaufs |
| u Hohlwelle | |
| v Zahnsegment | |

**Leerlaufvorrichtung,**

eine Weiterentwicklung der in Z. Bd. 73 (1929) S. 727. b. 6 und 7, beschriebenen Bauart Rihosek darstellt. f der Nockenwelle sitzt zwischen den Wälznocken *s*, b. 7 und 8, eine Hohlwelle *u*, die mittels Hubkurven *y* Rollen drücken kann, die an den Zwischenhebeln *t* festigt sind. Hierdurch können sämtliche Ein- und slaßventile außer Eingriff mit den Wälznocken bracht werden. Der im Druckausgleich zur Verzung stehende Querschnitt beträgt rd. 26 vH der Kolfläche, so daß der Leerlaufwiderstand der Lokotive außerordentlich gering wird. Ein auf der Hohlle angeordnetes Zahnsegment *v* greift in ein zweites . dessen Welle *w* ebenfalls im Nockengehäuse gelagert und außerhalb des Gehäuses einen Hebel *x* trägt, von m die Verbindungsstange zu der Welle des Druckausgleichautomaten führt. Der Kolben des Automaten wird mittels Druckluft gehoben und schaltet hierbei den Leerlauf ein, indem er die Hohlwelle verdreht, so daß ihre Kurvenstücke auf die Rollen der Zwischenhebel drücken und die Verluste außer Eingriff mit den Wälznocken bringen. Wird der Leerlauf ausgeschaltet, so sinkt der Kolben infolge seines Eigengewichts und seiner Federbelastung herab und dreht die Kurvenstücke unter den Rollen der Zwischenhebel weg, wobei ihn die während des Leerlaufes gespannten Ventilfedern unterstützen.

Die Leerlaufeinrichtung wird vom Gestänge des Reglers zwangläufig betätigt. Auf dem Lenker des Reglerhandhebels sitzt nämlich ein Kurvenstück, das einen an der Stehkesselverkleidung befestigten Stoßschieber verstellt. Beim Schließen des Reglers wird der Kolben des Stoßschiebers gehoben, läßt Druckluft unter den Automatenkolben eintreten und schaltet so den Leerlauf ein. Beim Öffnen des Reglers hat der Führer den Reglerhebel zunächst nur wenig anzuziehen, so daß das Kurvenstück den Stoßschieber frei gibt, und etwa 4 s zu warten. In dieser Zeit läßt der herabsinkende Schieber die Druckluft aus dem Automaten entweichen und dieser schaltet den Leerlauf aus. Die Führer lernen erfahrungsgemäß diesen Vorgang schon nach wenigen Wiederholungen sicher zu beherrschen und brauchen dank des verläßlichen Arbeitens der Vorrichtung selbst bei kurzen Bewegungen im Verschiebedienst die Vorrichtung durch Absperren des Druckluftthahnes nicht auszuschalten. Um das Verschieben der kalten Lokomotive zu erleichtern, kann der Kolben des Druckausgleichautomaten mittels einer Schraubenspindel gehoben und so der Leerlauf eingeschaltet werden.

Die Lokomotive führt gegenwärtig in der Regel einen Schnellzug von Wien nach Passau und am gleichen Tage zurück (rd. 600 km) und hat infolge ihres ruhigen Ganges, der hohen Beschleunigungsfähigkeit und des leichten Anfahrens aus allen Kurbelstellungen, wozu sie das Drillingstriebwerk befähigt, sowie durch ihren leichten Leerlauf die in sie gesetzten Erwartungen erfüllt. Der Mannschaft ist der Dienst infolge bequemer und übersichtlicher Anordnung aller Ausrüstungen sowie dank der guten Zugänglichkeit und Wartung des Innentriebwerkes und der Zusammenlegung der Schmiervorrichtungen für das Lauf- und Triebwerk auf wenige Stellen erleichtert. [B 3276]

# Untersuchungen an Einzelkristallen aus Kupfer und Messing

In der Reihe der Kupfer-Zink-Legierungen sind bei Raumtemperatur fünf verschiedene Arten von Mischkristallen, einzeln oder zu zweit im Gemenge, beständig, deren physikalische und mechanische Eigenschaften sehr verschieden sind. Die röntgenographische Legierungsforschung[1]) deckte die strukturellen Bindungen auf, die die Atome des kubisch-flächenzentriert kristallisierenden Kupfers mit denen des hexagonal kristallisierenden Zinks eingehen.

Danach weist der $\alpha$-Mischkristall, bei Raumtemperatur zwischen 0 und 38 Gewichtshundertteilen Zn beständig, das Kupfergitter auf, in dem unter entsprechender Aufweitung (Vergrößerung der Gitterkonstanten) einzelne Cu-Atome durch Zn-Atome ersetzt sind. Es handelt sich also um eine feste Lösung des Zinks im Kupfer. Der $\beta$-Mischkristall (etwa 47 bis 49 Gewichtshundertteile Zn), eine feste Lösung entweder des Cu oder des Zn in der chemischen Verbin CuZn, hat das kubisch raumzentrierte Gitter des CuZ dem je nach der Konzentration einzelne Zn-Atome durch Atome (Vergrößerung der Gitterkonstanten) oder umgek einzelne Cu-Atome durch Zn-Atome ersetzt sind. Auch $\gamma$-Mischkristall (etwa 60 bis 69 Gewichtshundertteile Zn ein kubisches, aber sehr verwickeltes Gitter, während d und $\eta$-Mischkristalle (80 bis 86 und über 97 Gewichtshun teile Zn) ein hexagonales Gitter aufweisen. In einer R neuerer Arbeiten des Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung, Berlin-Dahlem, sind *G. Sachs* und seinen Mitarbeitern die Eigenschaften zelner Kristalle aus Elektrolytkupfer, $\alpha$-Messing versc dener Konzentration und $\beta$-Messing untersucht worden.

[1]) *A. Westgren* und *G. Phragmén*, Phil. Mag. Bd. 50 (1925) S. 311.

**Abb. 1** und **2**
$\alpha$-Messingkristall kurz vor dem Bruch; rd. dreifache Vergrößerung.

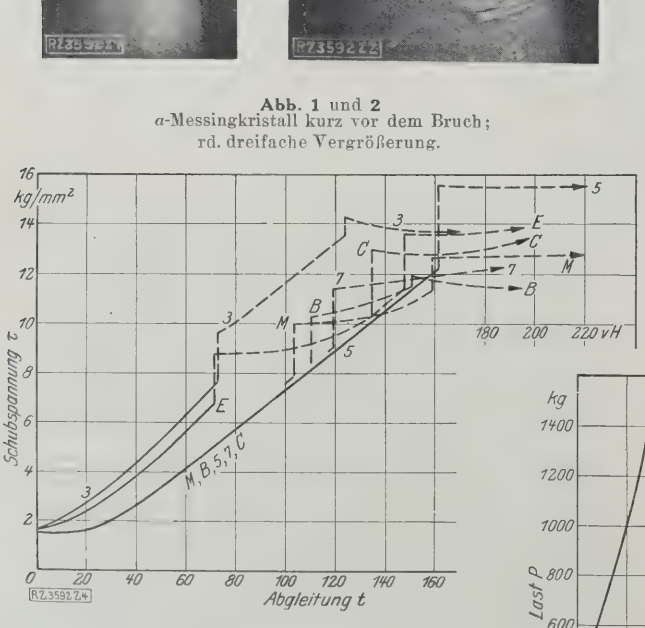



**Abb. 4.** Schubspannung-Abgleitungs-Kurven von Messingkristallen.
Vom ersten Wechsel des Gleitsystems ab sind die Kurven gestrichelt.

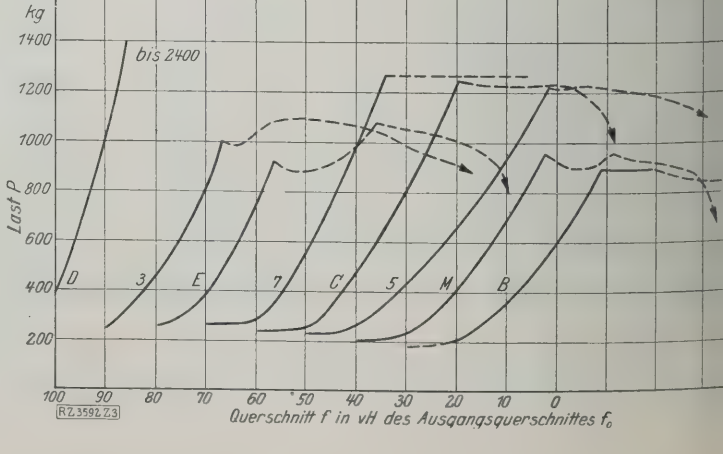



**Abb. 3**
Last-Querschnitts-Kurven von Messingkristallen. Die Kurven sind gegeneinander längs der Abszisse um je 10 vH verschoben. Vom ersten Wechsel des Gleitsystems ab sind sie gestrichelt.

### Herstellung der Kristalle

Die Kristalle wurden nach dem Verfahren von *Br man*[2]) hergestellt. In Kohlenrohrtiegeln wurde die Borax bedeckte Schmelze in einem senkrechten Röhren durch eine etwa 100° über dem Schmelzpunkt der Le rung gehaltene Zone hindurch langsam herabgelassen. den wenigen Kristallisationskeimen, die sich am Bo des Tiegels bilden, gewinnt, während die Erstarrung gleichmäßiger Geschwindigkeit (etwa 10 bis 20 cm/h) lä der Tiegelachse fortschreitet, meist einer die Oberhand daß ein einzelner zylindrischer Kristall von 10 mm D und oft 20 cm Länge entsteht. Die unvermeidliche Kris seigerung ist, besonders bei $\alpha$-Kristallen mit höherem Gehalt und entsprechend großem Schmelzintervall, an dritischen Zeichnungen der Oberfläche zu erkennen, Spuren der drei kristallographischen Würfelflächensch entsprechen. Längeres Glühen der Kristalle bewirkt weise eine Homogenisierung.

### Mechanische Eigenschaften

*G. Sachs* und *H. Shoji*[3]) stellten fest, daß bei Mess kristallen (72 Gewichtshundertteile Cu) der Bauschin effekt in derselben Art und Größe wie bei feinkristalli Messing auch unter homogener Beanspruchung auft Durch Zug bleibend schwach verformte Kristalle erfal im anschließenden Druckversuch bleibende Stauchun schon bei sehr geringer Belastung und umgekehrt. D werden die Spannungsverformungslinien, solange die V festigung selbst nicht stärker hineinspielt, um so flac der Effekt also um so größer, je stärker die vor gegangene entgegengesetzt gerichtete Verformung Diese Richtungsabhängigkeit der Verfestigung wird a beim Einzelkristall durch Tempern beseitigt, und z schon bei Temperaturen, bei denen die Verfestigung se noch nicht wesentlich zurückgeht.

Bei Zerreißversuchen ergab sich eine scharf au prägte Streckgrenze mit Lastabfall unter Einschnürung den Einspannenden, die bei fast gleichbleibender Last zu 10 vH Dehnung sich über die Stablänge hin ausgle Dann steigt die Last stark an. Die Kristalle verfor sich, wie alle regulärflächenzentrierten Kristalle, d Gleitungen auf zunächst einer einzigen Schar Oktaederflächen in Richtung einer Oktaederkante. dem ursprünglich zylindrischen Kristall wird bei di ebenen Verformung ein elliptischer Zylinder. Schei unvermittelt tritt örtlich ein zweites Gleitsystem auf, Last fällt ab, der Bruch geht nach Einschnürung in seitigen Abgleitungen vor sich, Abb. 1 und 2.

[2]) *P. W. Bridgman*, Proc. Amer. Acad. Arts Sciences Bd. 60 (1925) S
[3]) *G. Sachs* und *H. Shoji*, Zug-Druck-Versuche an Messingkrist (Bauschingereffekt), Z. f. Phys. Bd. 45 (1927) S. 776.

An verschieden orientierten Kristallen aus demselben ssing (72 Gewichtshundertteile Cu) fanden *M. Masima* *G. Sachs*[4]) bei der Bestimmung der Elastizitätskon- ten eine für kubische Kristalle auffallend starke An- opie (d. h. die elastischen Konstanten haben je nach Meßrichtung im Kristallgitter verschiedene Werte): Je der Orientierung wechselt der Elastizitätsmodul itmodul) in den Grenzen von 5500 (7200) kg/mm² ler Richtung der Würfeldiagonalen bis 18 000 (2300) m² in der Richtung der Würfelachsen! Weiter wurden Erscheinungen bei der plastischen Verformung dieser talle in Zugversuchen näher untersucht. Abb. 3 zeigt ge Last-Querschnitts-Kurven; einem Wechsel der Gleit- eme entspricht jedesmal ein Knick.

Die Änderung der für die Ausgangslage röntgenogra- ch bestimmten Orientierung mit fortschreitender Deh- g wurde durch Vermessen der Gleitlinien, die als en von Oktaederflächen bestätigt wurden, verfolgt. Fließen beginnt, unabhängig von der Orientierung, einer sich gleichbleibenden wirksamen Schubspannung $1{,}44 \pm 0{,}07$ kg/mm².

Der weitere Verlauf des Verformungsvorganges kann Abb. 4 bis zum ersten Wechsel des Gleitsystems durch ährend eine einzige Schubspannungs-Abgleitungs-Linie hrieben werden. Nur hochsymmetrisch orientierte Kri- le, in denen die gleichzeitige Wirksamkeit mehrerer tsysteme beobachtet war, sind von vornherein schub- r.

Mit der Ablösung des ersten Gleitsystems durch das ite schließt sich an den ersten Zweig der Kurve ein iter, der sinngemäß den Schubwiderstand im zweiten em über der Abgleitung zeigt; die Abgleitung wurde ächst unter der vereinfachenden Näherung berechnet, das zweite System nunmehr allein wirksam sei. Die ubverfestigung ist hier durchweg gering, so daß in der el bald der Bruchvorgang einsetzt. Mehrfach wird aber ner das zweite Gleitsystem wieder vom ersten abgelöst. jedem Falle ist die Bedingung für das Eintreten des ches offenbar eine verwickelte Funktion kristallogra- scher Größen, die sehr empfindlich gegen Störungen muß.

Somit haben die $\alpha$-Messingkristalle eine Reihe wich- r Eigenschaften mit den Kristallen reiner regulär- henzentrierter Metalle gemeinsam. Zunächst das Ver- nungsgesetz: Gleitung auf Oktaederflächen in Richtung Oktaederkanten. Ferner die Fließregeln: Abgesehen hochsymmetrischen Orientierungen setzt sich dasjenige itsystem in Bewegung, in dem die in der Gleitrichtung ommene Komponente der in der Gleitfläche herrschenden ubspannung, die wirksame Schubspannung, den größten rt hat. Unabhängig von der Orientierung ist dann die eßgrenze durch eine sich gleichbleibende wirksame ubspannung und weiter die Schubverfestigung durch ährend eine einzige Schubspannungs-Abgleitungskurve ennzeichnet.

Dieser kennzeichnenden Verfestigungskurve gehorchen Mischkristalle indessen nur während der Wirksamkeit ersten Gleitsystems. Die weiteren Vorgänge beim Zug- such verlaufen durchaus anders als bei Kristallen aus nem Kupfer, Aluminium, Gold und Silber. Dort er- gt auf zwei in eine zur Stabachse (Zugrichtung) sym- rische Lage gelangten Gleitsystemen eine symmetrische ppelgleitung. Während der einfachen Gleitung ist also wirksame Gleitsystem ebenso stark verfestigt worden, das zunächst latente. Beim Messingkristall wird da- en das latente, vom wirksamen durchkreuzte Gleit- tem erheblich stärker verfestigt, so daß es verspätet in wegung kommt, dann aber seinerseits den Hauptteil der weiteren Gleitungen besorgt. Ein solcher Wechsel der Gleitsysteme kann, wie gesagt, mehrfach erfolgen.

Neuerdings haben *v. Göler* und *G. Sachs*[5]) die Vorgänge bei der Ablösung der Gleitsysteme genauer untersucht und dabei in die mit den heutigen röntgenographischen und kristallographischen Hilfsmitteln erreichbaren Zusammenhänge hineingeleuchtet. Sie studierten auch an Kristallen mit verschiedenem Zn-Gehalt die Übergänge vom Verhalten des reinen Cu-Kristalls zu dem des hochzinkhaltigen $\alpha$-Mischkristalls.

Die Orientierungsänderung der Kristalle wurde stufenweise an der Hand von Drehkristallaufnahmen mit erhöhter Genauigkeit verfolgt. Allgemein ergab sich dabei regelmäßig, daß von Anfang an außer dem mechanisch bevorzugten auch andre Gleitsysteme mitwirken, bis zur Symmetrielage zweier Systeme aber, abgesehen von besonders symmetrischen Anfangslagen, in vernachlässigbarem Maße. Bei stärkerer Dehnung erschienen die Interferenzflecken mehr und mehr verzerrt und paßten überdies infolge einer Verkrümmung der Gleitflächen nicht mehr genau nach den Gittergesetzen zusammen.

Bezüglich der Beobachtungen an mehreren hochsymmetrisch orientierten Kristallen verweise ich auf die ausführliche Arbeit. Eine Analyse des Zusammenwirkens von mehr als zwei Gleitsystemen[6]) und des Einschnürungs- und Bruchvorganges ist bisher noch nicht gelungen. Die nachstehenden weiterreichenden Ergebnisse der Arbeit beziehen sich jeweils auf Kristalle mit gewöhnlichem kennzeichnenden Gleitvorgang.

Abb. 5 zeigt zunächst die Zugspannungs-Querschnitts-Kurven und Abb. 6 für den Bereich des ersten Gleitsystemes mittlere, für die einzelnen Legierungen kennzeichnende Schubspannungs-Abgleitungs-Kurven. Mit zunehmendem Zn-Gehalt steigt die wirksame Schubspannung an der stets scharf ausgeprägten Streckgrenze und die anschließenden Kurvenzweige werden flacher. Im ganzen erscheint der Einzelkristall mit zunehmendem Zn-Gehalt stark geschwächt. Im besonderen wird nun aber mit zunehmendem Zinkgehalt das wirksame Gleitsystem gegenüber dem latenten verhältnismäßig immer weniger verfestigt und bleibt daher nach Abb. 7 um so länger jenseits der Symmetralen wirksam. Es gelang nun, durch Vergleich der Querschnitts- und Orientierungsmessungen festzustellen, daß dabei schon von der Symmetralen an das zweite System neben dem ersten deutlich stärker beteiligt ist, und zwar bei allen Legierungen etwa zu 15 vH. Der eigentliche Wechsel der Gleitsysteme erfolgt dagegen erst dann, wenn die im zweiten Gleitsystem wirksame Schubspannung um einen für jede Legierung kennzeichnenden Betrag größer ist als die des ersten. Dieser Betrag steigt von null beim Kupfer (symmetrische Doppelgleitung) linear mit dem Zn-Gehalt bis auf etwa 20 vH bei der Legierung Ms 72. Abb. 8 zeigt, wie bei den einzelnen Legierungen die beiden Gleitsysteme in verschiedener Weise zusammenwirken. Die Knickpunkte entsprechen dem Wechsel der Gleitsysteme: der Verfestigungsunterschied geht plötzlich zurück, die Systeme tauschen ihre Rollen.

Das Wesen des Einflusses der Zn-Atome auf das Cu-Gitter besteht offenbar darin, daß, nach einer Erschwerung des Einsetzens der ersten Gleitbewegungen, weiterhin das wirksame Gleitsystem geschwächt und die kubische Symmetrie durch die einfache Gleitung gestört wird. *v. Göler* und *Sachs* erwähnen die Möglichkeit, daß bei einfacher Gleitung die wegen ihres hexagonalen Gitters vielleicht länglichen Zn-Atome aus einer der kubischen Symmetrie entsprechenden Lage in eine solche geringsten Gleitwiderstandes übergehen. Damit wäre die von ihnen an Ms 72-

[4]) *M. Masima* und *G. Sachs*, Mechanische Eigenschaften von singkristallen, Z. f. Phys. Bd. 50 (1928) S. 161.

[5]) Frhr. *v. Göler* und *G. Sachs*, Zugversuche an Kristallen aus Kupfer und $\alpha$-Messing, Z. f. Phys. Bd. 55 (1929) S. 581.

[6]) Vergl. die Beobachtungen bei Warmzerreißversuchen an Aluminiumkristallen: *R. Karnop* und *G. Sachs*, Z. f. Phys. Bd. 42 (1927) S. 283.

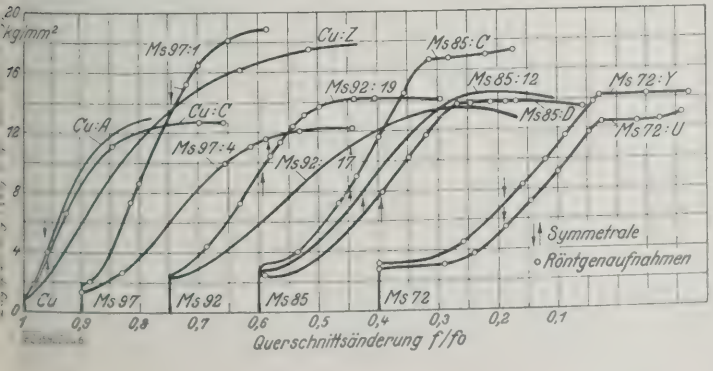



**Abb. 5** Zugspannungs-Querschnitts-Kurven von Kupfer- und Messingkristallen.

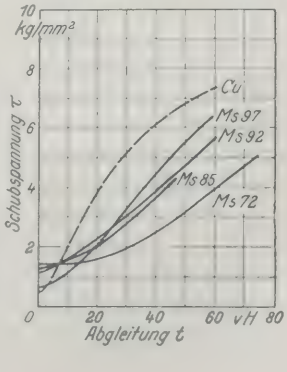



**Abb. 6** Schubspannungs-Abgleitungs-Kurven von Kupfer- und Messingkristallen.

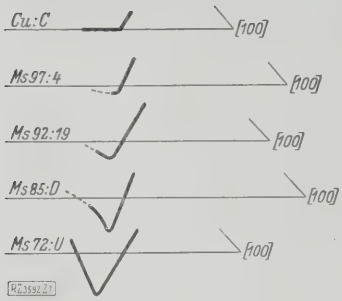



**Abb. 7**
Orientierungsänderung nach Überschreiten der Symmetralen bei Kristallen aus Kupfer und $\alpha$-Messing.

**Abb. 8**
Fließkurven einiger Kristalle, getrennt für beide Gleitsysteme nach Überschreiten der Symmetralen.

Kristallen beobachtete Alterungserscheinung erklärt: Durch Anlassen auf niedere Temperaturen wird die Streckgrenze des gedehnten Kristalls im Gebiet einfacher Gleitung bis zu 15 vH erhöht; anschließend geht die neue Kurve jeweils wieder in die alte über. Jenseits der Symmetralen war die Erscheinung viel weniger ausgeprägt und andersartig. Ein hochsymmetrisch orientierter Kristall zeigte gar kein Altern. Danach wären also die Zn-Atome durch das Anlassen nach einfacher Gleitung jedesmal wieder in Lagen höheren Gleitwiderstandes zurückgedreht. Das Ausbleiben der Alterungserscheinung würde dagegen anzeigen, daß beim Zusammenwirken mehrerer Gleitsysteme die Zn-Atome nicht in Lagen geringeren Gleitwiderstandes hineingedreht wurden.

### Physikalische Eigenschaften

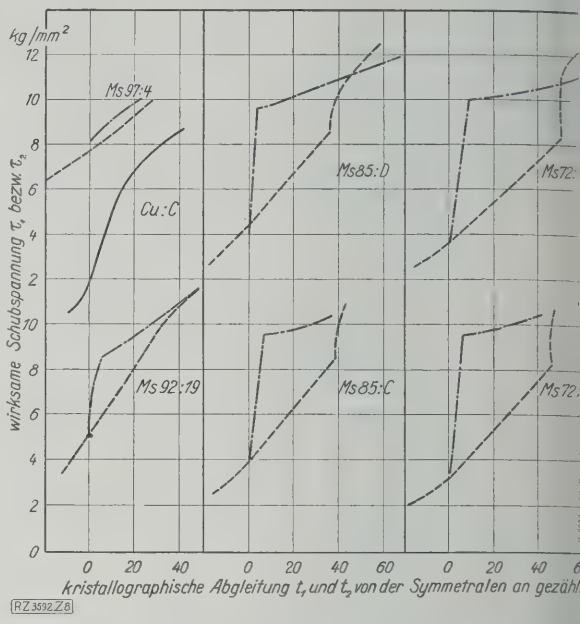
Eine Reihe weiterer Arbeiten deckt Zusammenhänge zwischen den Verformungs- oder Verfestigungsvorgängen einerseits und physikalischen Eigenschaften der Mischkristalle anderseits auf. Die elektrische Leitfähigkeit von Ms 72-Kristallen[7]) ändert sich im Verlauf der Kaltverformung deutlich in mehreren Abschnitten. Zu Beginn der Dehnung nimmt der Widerstand um etwa 1 vH zu, bleibt während der einfachen Gleitung annähernd gleich groß und nimmt jedesmal dann erheblich zu, wenn der einfache Gleitmechanismus durch den bis zum Wechsel der Gleitsysteme beobachteten Anteil eines zweiten Gleitsystems gestört wird. Bei weiterhin ungestörtem Ablauf der Gleitvorgänge sinkt der elektrische Widerstand wieder ab und steigt wieder während des Bruchvorganges. Danach ist die elektrische Leitfähigkeit unabhängig von der Verfestigung. Dementsprechend ändert sich auch beim Anlassen kaltverformter Messingkristalle der elektrische Widerstand ganz anders als die Härte, und zwar geht er schon bis 300 ° C auf den ungefähren Ausgangswert zurück, während die Härte noch fast unverändert bleibt.

Ähnliche Ergebnisse hatten Versuche über die Änderung der Dichte von Messingkristallen im Verlauf der Kaltverformung[8]). Unabhängig von der Verfestigung beginnt die Dichte mit Überschreiten der Symmetralen, also einsetzenden Störungen im Gleitmechanismus, abzunehmen, bleibt dann nach dem Wechsel der Gleitsysteme wieder gleich groß. Besonders aufschlußreich sind die Beobachtungen beim Anlassen. Bis 200 ° nimmt die Dichte zu, bis 400 ° nimmt sie wieder ab und steigt dann infolge der beginnenden Rekristallisation wieder an.

Der beim Anlassen auf niedrige Temperaturen beobachtete Rückgang der Dichteänderungen wird nun von *Masima* und *Sachs* im Zusammenhang mit der Abnahme des durch Verformung erhöhten elektrischen Widerstandes und der Polarität des Gleitwiderstandes (Bauschingereffekt) auf eine teilweise Beseitigung innerer Spannungen zurückgeführt. Die dann folgende Abnahme der Dichte geht parallel mit der Kristallerholung, dem vollständigen Rückgang innerer Spannungen, und wird als Folge des Zerfalls verkrümmter, verspannter Kristallteile erklärt.

Die Störungen der gewöhnlichen einfachen Gleitung durch ein zweites System, die einen so deutlichen Einfluß auf die Veränderung physikalischer Eigenschaften ausüben, spiegeln sich auch in gewissen Wärmetönungen wieder[9]), die eine Beurteilung der Energiebilanz der Dehnungsvorgänge beim Ms-Kristall ermöglichen. Während einfacher Gleitung ist die Wärmeentwicklung stetig, nimmt aber im Bereich der Störungen derart stark zu, daß nunmehr zeitweilig eine Wiederabnahme der inneren Energie vor sich zu gehen scheint, entsprechend der deutlichen Verlangsamung der Schubverfestigung. Auch der Wechsel der Gleitsysteme zeichnet sich in plötzlich vermehrter Wärmeentwicklung ab.

[7]) *M. Masima* und *G. Sachs*, Leitfähigkeit und Kaltverformung, Z. f. Phys. Bd. 51 (1928) S. 321.
[8]) *M. Masima* und *G. Sachs*, Dichte und Kaltverformung, Z. f. Phys. Bd. 54 (1929) S. 666.
[9]) *M. Masima* und *G. Sachs*, Wärmeeffekte bei der Dehnung von Messingkristallen, Z. f. Phys. Bd. 55 (1929) S. 394.




— — — — Schubspannung $\tau_1$ auf dem ersten System in Abhängi
· von der Abgleitung $t_1$ auf dem ersten System
— · — · — Schubspannung $\tau_2$ auf dem zweiten System in Abhängi
von der Abgleitung $t_2$ auf dem zweiten System

### $\beta$-Messing

Einige erste Untersuchungen an $\beta$-Mischkristalle haben zunächst ergeben, daß diese regulär-raumzentrie Kristalle beim Zugversuch ebenfalls einfachen Verformu gesetzen gehorchen. Als Gleitflächen wurden Rhom dodekaederflächen, als Gleitrichtungen die Würfeldi nalen erkannt. Die Kristalle brechen nach geringer schnürung parallel zu den Gleitflächen.

Die zunehmenden Veränderungen des Wärmeinha der Dichte, des elektrischen Widerstandes und andrer Ei schaften, die beim Erwärmen des $\beta$-Messings von 300 ° 470 ° von mehreren Forschern beobachtet waren, wäh das Kristallgitter unverändert erschien, konnten bisher n erklärt werden. *Laue*-Aufnahmen eines erhitzten $\beta$-Kris zeigten auch hier keine Gitteränderung im fraglichen T peraturbereich. Bemerkenswert ist aber, daß der Ein der Temperatur auf die relative Intensität der *Laue*-Fle schon bei niedrigen Temperaturen deutlich wird und 300 ° besonders stark erscheint. Vielleicht besteht ein sammenhang zwischen diesem Röntgeneffekt und der gleichen Temperaturen an gewalztem Ms-Blech zu b achtenden Entfestigung und Rekristallisation. [M 3

Berlin-Dahlem *J. Weer*

[10]) Frhr. *v. Göler* und *G. Sachs*, Untersuchungen an Kristalle $\beta$-Messing, „Naturwissenschaften" Bd. 16 (1928) S. 412.

## Zinnfreie Legierung für Kurbelwellenlag

Bei den Sechszylinder-Motoren von 108 mm Dmr. 140 mm Hub, die die Hall-Scott Motor Car Co., Berk Calif., für den Einbau in Kraftomnibusse entwickelt haben sich Lagerschalen aus einer Legierung von 75 Kupfer und 25 vH Blei ohne Weißmetallausguß gut bewä Diese Schalen werden im Schleudergußverfahren mit m lichst gleichförmigem Gefüge hergestellt und sollen 160 bis 240 000 km Wegleistung des Fahrzeuges aushalten, o daß man die Lager nachzuziehen braucht. Die zugehöri Kurbelwellen bestehen aus Chromnickelstahl von 0,38 0,48 vH Kohlenstoff-, 0,5 bis 0,7 vH Mangan-, höchs 0,04 vH Phosphor- und Schwefelgehalt sowie 1,4 bis 1,8 Gehalt an Nickel und 0,5 bis 0,7 vH Gehalt an Chrom. N dem Abschrecken in heißem Wasser und 7 h langem lassen hat dieser Stahl 87,5 kg/mm² Zerreißfestig 77 kg/mm² Streckgrenze, 17 vH Dehnung, 50 vH Einsch rung und eine Brinellhärte von 302.

Um beim Einbau der Welle in allen Lagern glei Spiel zu erreichen, legt man unter den Deckel jedes La ein Neusilberplättchen von 0,06 mm Dicke ein und z die Schrauben ganz fest an. Danach entfernt man die Pl chen wieder und befestigt den Deckel, wobei die Schrau nicht weiter als vorher angezogen werden. („S. A. E. J nal" Oktober 1929 S. 367/74*) [N 3763 f]

# uckluftерzeugung vor Ort / *Von Dr.-Ing. ROTHMANN, Herne*

***Für viele bergmännische Bohr- und Gewinnungsarbeiten gilt die Druckluft noch heute als geeignetste Kraftquelle. Mit Hilfe neuartiger, ortbeweglicher Kompressoranlagen kann man den elektrischen Betrieb mit dem Druckluftbetrieb so vereinigen, daß die bisherigen Nachteile der Drucklufterzeugung über Tage vermieden werden. Zu diesem Zweck neu geschaffene Schnellauf-Kolbenkompressoren werden beschrieben.***

n Antrieb von Bohr- und Abbauwerkzeugen, in estein oder in der Kohle, wird die Druckluft trotz der hreitenden Einführung des elektrischen Betriebes bei tage noch lange ihre Vormachtstellung behaupten. Vormachtstellung ist in der vorteilhaften Form Energieumwandlung, wie sie im Druckluftwerk- vor sich geht, begründet. Der Druckluftbetrieb selbst bei Schadhaftwerden der Zuleitung, voll- nen gefahrlos, gegen rohe Behandlung — infolge endung gehärteten und vergüteten Stahles für alle — unempfindlich und besonders für Schlagwetter- n geeignet.

Das Verlegen einer Druckluft-Rohrleitung erfordert h mehr Vorrichtungen und Sorgfalt als die eines hrten Starkstromkabels. Das fortwährende Arbei- les Gebirges macht starre Rohrleitungen undicht. uchleitungen sind trotz Verwendung bester Werk- e den mechanischen Beanspruchungen des Unter- etriebes auf die Dauer nicht gewachsen. Zu enge querschnitte verursachen ein schnelles Ansteigen Strömungsverluste bei gesteigerter Luftentnahme. r Flansch, jeder Krümmer und jedes Ventil ist eine istquelle. Daher sind im allgemeinen vor Ort nur 4 at Leistungsdruck vorhanden, gegenüber 7 bis an den Verdichtern. Geradezu vorbildlich ist dem- nüber die elektrische Energieleitung. Deshalb ist veckmäßig, die Druckluft mittels elektrischen Stro- an der Arbeitstelle selbst, also vor Ort, zu erzeu- .

Geringer Platzbedarf und Schlagwettersicherheit en in einer technisch einwandfreien Form durch Maßnahmen erreicht. Einmal mußte man einen ichst schnellaufenden Kompressor entwerfen, den mit einem Elektromotor von 1000 bis 1500 U/min un- lbar kuppeln kann. Der umlaufende Verdichter richt zwar dieser Forderung in bester Weise, t aber bei den in Frage kommenden niedrigeren Lei- en den Wirkungsgrad der Anlage so sehr herab, die wirtschaftlichen Vorteile der Drucklufterzeu- vor Ort dadurch stark eingeschränkt werden wür- Daher mußte also der Kolbenkompressor für hohe zahlen geschaffen werden, um den geringen Platz- rf des umlaufenden Gebläses mit dem guten Wir- sgrad und geringen Schmierölverbrauch des Kolben- pressors zu vereinigen. Wie im Motorenbau für twagen, der noch weit höhere Umlaufzahlen fordert, e die stehende Mehrzylinderbauart für diese Ma- en, Abb. 1, gewählt.

Jeder Zylinder mit einer Bohrung von nur 130 mm wird durch ein großes Druckventil *a*, Abb. 1, abge- . Das Ventil, entwickelt von der Firma Flottmann , Herne, stellt eigentlich 12 kleine Ventile dar, die aber einzige gemeinsame Platte und Feder aufweisen. Alle gten Teile sind aus hartem Stahl im Gesenk geschmie- vergütet und geschliffen. Ventilplattenbrüche sind bis- nicht bekannt geworden.

Der Kompressorkolben *b*, Abb. 1[2]), deckt in seiner en Totlage Schlitze im Kompressorzylinder auf, ri die der Druck zwischen Arbeitzylinder und Atmo- e ausgeglichen wird. Außerdem wird der Zylinder beim Niedergang des Kolbens durch ein nur durch nkräfte gesteuertes Zusatzventil im Kolben vor- .

Die Schmierung des Triebwerkes muß bei solchen r Dauerbetrieb bestimmten Schnellaufkompressoren ltätig, zuverlässig und leicht zu überwachen sein. Eine Zahnradpumpe *c*, Abb. 1, wird von der Kurbelwelle über große Schraubenbänder angetrieben und drückt Öl aus der Vorratswanne *d* in die Hauptlager *e*. Durch Bohrungen in der Kurbelwelle gelangt das Öl an die Pleuelzapfen *f* und spritzt von dort gegen die Zylinderbahnen und gegen die Kolbenbolzen. Ölabstreifringe an den Kolben fördern das Öl dann in die Wanne *d* zurück, wo es sich abkühlt und durch ein feinmaschiges Sieb *g* der Ölpumpe *c* zu neuem Kreislauf wieder zufließt. In die Öldruckleitung ist noch ein Überdruckventil *h* eingebaut, das bei dickem Schmieröl (an kalten Arbeitsplätzen) ein zu starkes Anwachsen des Öldruckes und somit eine Überlastung der Pumpe verhindert. Mittels eines Manometers in der gleichen Leitung überwacht man den Ölkreislauf. Das Öl wird durch den ständigen Kreislauf günstig ausgenutzt; der Schmiermittelbedarf ist infolgedessen sehr gering.

Nachdem ein neuer Verdichter geschaffen war, mußte auch auf den elektrischen Antrieb besonderes Augenmerk gerichtet werden. So einfach der Drehstrommotor mit Schleifringen ist, so stellten bisher die Schleifringe, oder vielmehr die Bürsten mit Abhebevorrichtung, eben immer noch einen empfindlichen Teil und eine Zündstelle für Schlagwetter dar. Der Motor mit Kurzschlußläufer ohne alle funkenbildenden Teile ist demgegenüber im Vorteil, jedoch ist er im allgemeinen nicht in der Lage, den Kompressor beim Anlauf sofort durchzuziehen, wenn man nicht eine ausrückbare Kupplung einbauen will. Da aber alle Störungsquellen vermieden werden sollten, mußten Kurzschlußmotoren mit hohem Anzugdrehmoment bei nicht zu großer Stromaufnahme in der Anfahrstellung eingebaut werden. Alle deutschen Elektrizitätsfirmen haben auf diesem Gebiete in den letzten Jahren viel herausgebracht, so daß man heute über sehr robuste Antriebmaschinen verfügt. Alle diese Motoren haben keine eigentliche Ankerwicklung, sondern nur Käfige, aus hartgelöteten Kupferstäben, die in den Nuten des Läufers untergebracht sind. Der Vorgang im Läufer

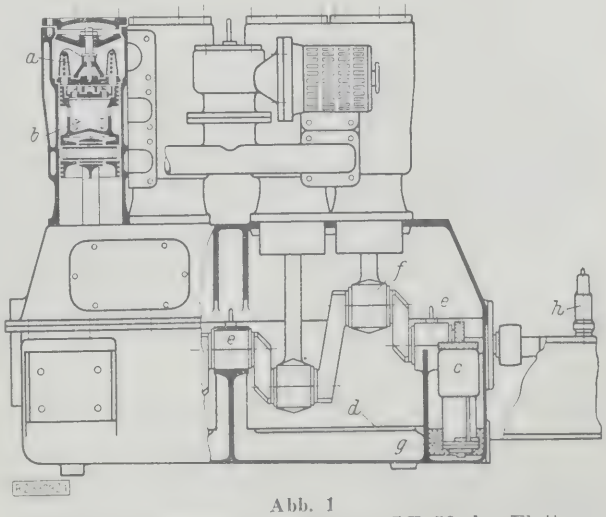



**Abb. 1**
Schnellaufkompressor, Baumuster LE 53 der Flottmann A.-G.

Vier Zylinder für 1000 U/min und rd. 6 m³ min Ansaugleistung bei einstufiger Verdichtung und rd. 5,5 m³ min Ansaugleistung bei zweistufiger Verdichtung

| | | |
|---|---|---|
| *a* Druckventil | *d* Ölwanne | *g* Ölsieb |
| *b* Kolben | *e* Hauptlager | *h* Ölüberdruck- |
| *c* Ölumlauf- | *f* Pleuellager | ventil |
| pumpe | | |

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 42 S. 1493.
[2]) DRP Nr. 477 452 und 479 833.

beruht auf dem Stromverdrängungsprinzip des *Boucherot*-Motors, der aber den heutigen Erfordernissen erst angepaßt werden mußte[3]).

Rüstet man diese Motoren nun noch mit Wälzlagern statt den üblichen Ringschmierlagern aus, so hat man eine

[3]) Z. Bd. 68 (1924) S. 174, Z. Bd. 72 (1928) S. 1674.

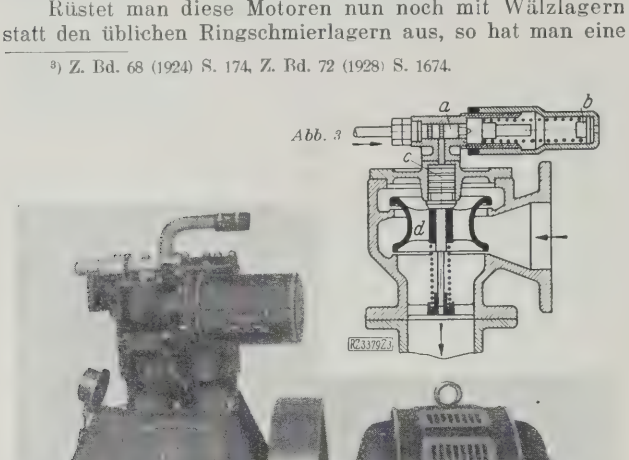






**Abb. 2**
Tragbarer Zweizylinderkompressor von 3 m³/min Ansaugleistung, unmittelbar gekuppelt mit SSW-Motor und Doppelstabläufer.

**Abb. 3** (oben rechts)
Selbsttätige Regelung der Schnellaufkompressoren.
*a* Regelkolben *c* Abstellkolben
*b* Federspannkappe *d* Absperrventil

Antriebmaschine, die an Einfachheit vorläufig nic übertreffen ist. Schlagwetterzündungen können vom Motor nicht mehr eingeleitet werden. Schaltwalze für die verschiedenen Anlaßstellunge Motors wird natürlich mit ihren Kontakten unter legt und nach den Vorschriften der Bergpolizeibe verschlossen.

Die Kompressoranlagen für Verwendung unter oder vor Ort können nun, je nach den örtlichen hältnissen tragbar oder fahrbar ausgeführt w Die verschiedenen Leistungen werden durch Ausrü mit 2, 3 oder 4 Zylindern erreicht.

Abb. 2 zeigt einen ortbeweglichen Zweizylinde pressor unmittelbar mit dem Elektromotor geku Alle Kompressorgrößen sind mit einer selbstt Regelung ausgerüstet. Der Druck in der Kompr druckleitung wirkt auf den federbelasteten Kolb Abb. 3, und schiebt ihn bei Überschreiten des mitte Federspannkappe *b* eingestellten Höchstdruckes rechts. Hierdurch wird der Kolben *c* mit Drucklu aufschlagt und das entlastete Absperrventil *d* in de saugleitung des Verdichters geschlossen. Da der dichter nun nicht mehr ansaugen kann, steigt der in der Leitung nicht mehr höher, und auch der An motor braucht nur die zur Überwindung des Reib widerstandes im Kompressor erforderliche Leistun liefern.

Jeder Verdichter wird mit einem Luftfilter gerüstet, das einen vorzeitigen Verschleiß der Masc verhindert. Den Zwischenkühler hat man bei dem baren Vierzylinderkompressor (zweistufige Ausfüh in die Grundplatte eingebaut. Eine Anlage für 5,5 m Ansaugleistung und 8 at Enddruck nimmt nicht mehr weg als ein gleich starker zweistufiger Umlaufverdi Fundamente sind meistens nicht erforderlich, da diese zylindermaschinen mit ihren kleinen gegenläufigen M keine Stöße auf die Unterlage ausüben.

Man kann daher solche Anlagen auch fahrbar führen, Abb. 4 und 5, wobei das Kühlwasser für pressor und Zwischenkühler mitgenommen und in Kraftwagenkühler im ständigen Kreislauf rückge wird, so daß die Anlagen auch unabhängig von

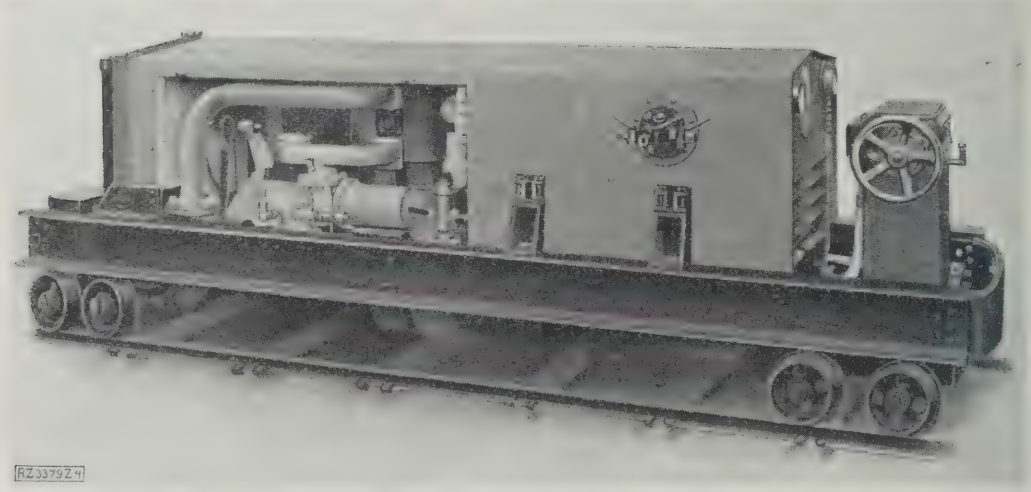



**Abb. 4**
Auf Schienen fah Anlage mit zwe stufigem vierzyli gem Verdichter unmittelbaren e trischen Antrieb

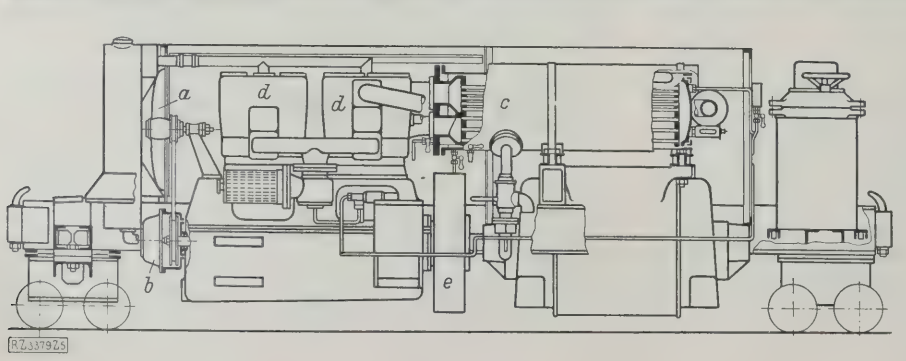



**Abb. 5**
Schnitt durch die Anlage, Abb. 4 gerüstet mit schlagwettergeschü 40 kW-Sachsenwerkmotor (Doppelkäfigläufer).
*a* Lüfter
*b* Kühlwasserpumpe
*c* Zwischenkühler
*d* Vierzylinder-Kompressor
*e* Schwungrad mit eingebauter elastischer Kupplung

serbeschaffung sind. Die Anlagen sind auf zwei gestellen gelagert, so daß sie selbst durch die eng- Kurven unter Tage gefahren werden können. Die en sind verstellbar für jede Spurweite zwischen nd 750 mm. Die größte Breite beträgt 900 mm, die größte 1200 mm, so daß die Anlagen selbst in die engsten ckenquerschnitte passen.

Der Lüfter *a*, Abb. 5, der zur Belüftung des Wasserers dient, wird mittels Keilriemens, die Kühlwasserpe *b* unmittelbar von der Kurbelwelle angetrieben. Zwischenkühler und ein kleiner Stoßwindkessel sind dem 40 kW-Motor nebeneinandergelagert. Der Zwischenkühler besteht aus einem zylindrisch angeordneten Kupferröhrenbündel. Der schlagwettersichere Ständeranlasser befindet sich hinter der Maschinenhaube an einem gut zugänglichen Platz. Hier kann das bewegliche Kabel durch die vorgeschriebenen schlagwettersicheren Armaturen angeschlossen werden.

Die Kupplung zwischen Motor und Kompressor ist elastisch und isolierend. Sie gestattet dem Motoranker in axialer Richtung zu spielen und gleicht kleine, vom Zusammenbau herrührende Ungenauigkeiten aus. Als Kupplungsglieder dienen Paragummibolzen, die nach Abnutzung leicht auswechselbar sind. [B 3379]

---

# Elastische Formänderungen gezogener Holzstäbe

teilung aus dem Staatlichen Materialprüfungsamt, Berlin-Dahlem

*Von Dr.-Ing. H. SIEGLERSCHMIDT und Prof. JOHS. STAMER*

Zur Berechnung der Spannungsverteilung in Holzkonktionen (Trägern u. a.) ist außer der Kenntnis der Dehgszahlen bisweilen auch die der Querkontraktionszahlen rderlich. Da genaue Querkontraktionsmessungen an zern unseres Wissens bisher nicht ausgeführt worden dürften die Ergebnisse der im folgenden mitgeteilten, Stäben aus verschiedenen Holzarten ausgeführten Unterung als ein Beitrag zur Kenntnis der elastischen Formerungen des Holzes von allgemeiner Bedeutung sein.

Untersucht wurden drei Stäbe Nr. 1 bis 3 aus Kiefern-, zwei Stäbe Nr. 4 und 5 aus Eiche und ein Stab Nr. 6 verdichteter (veredelter) Birke, und zwar sämtliche e im lufttrockenen Zustande. Die rund abgedrehten Stäbe en 30 mm Dmr. und 250 mm Länge, Abb. 1. Die Stäbe den mit kegligen Köpfen *a* und *b* in die Zerreißmaschine gespannt.

Die Längsdehnung wurde mittels eines Spiegelgerätes h *Martens*, die Querkontraktion mittels des in Z. f. Inumentenkunde Bd. 49 (1929) Heft 1 beschriebenen Ges gemessen. Die Längs- und Querdehnung der einzel- Stäbe wurde an verschiedenen Stellen des Umfangs, b. 2, bestimmt: Tangential zu den Jahresringen (0 °), krecht zu den Jahresringen (radial zum Stamm = 90 °) in zwischenliegenden Meßrichtungen (22,5 °; 30 °; 45 °; °; 67,5 °). Wiederholte Messungen zu verschiedenen ten ließen erkennen, daß die geringen Feuchtigkeitsändegen der Hölzer auf das Ergebnis der elastischen Längs- Querdehnungsmessung ohne bemerkenswerten Einfluß ren. Dagegen war das Arbeiten des Holzes bei geringigen Feuchtigkeitsschwankungen am Querdehnungsmesser ßerordentlich deutlich zu beobachten.

Die Belastung wurde stufenweise gesteigert, im allgenen bis zu 28 kg/cm² Zugspannung, bei je einem Kiefern- Eichenstab indessen bis zu 84 kg/cm².

Die Ergebnisse der Messungen sind in Abb. 3 und 4 in hängigkeit von der Meßrichtung für die Spannungsfe 0 bis 28 kg/cm² zusammengestellt. Es bedeutet:

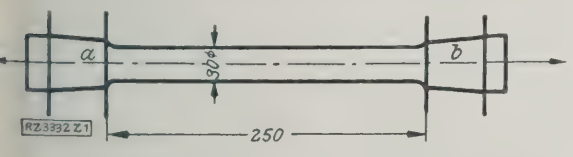



**Abb. 1.** Probestab. *a*, *b* keglige Köpfe.

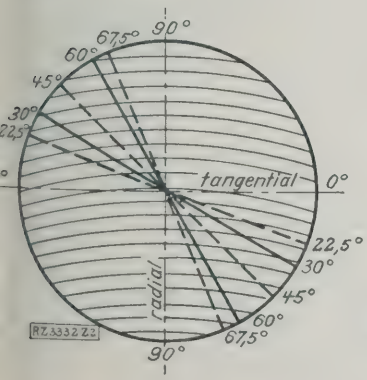



**Abb. 2** Meßrichtungen.

$\alpha$ die Dehnungszahl (reziproker Wert des Elastizitätsmoduls $E$) $= \frac{\lambda}{l\,\sigma}$, wo $\lambda$ = Dehnung gemessen in $^1/_{100\,000}$ cm, $l$ = Meßlänge, $\sigma$ = Spannung kg/cm²,

$\alpha_q$ die Querkontraktionszahl $= \frac{\lambda_q}{d\,\sigma}$, wo $\lambda_q$ = Querkontraktion gemessen in $^1/_{400\,000}$ cm, $d$ = Stabdurchmesser,

$\mu$ das Verhältnis $\frac{\alpha_q}{\alpha}$ (reziproker Wert der Poissonschen Zahl).

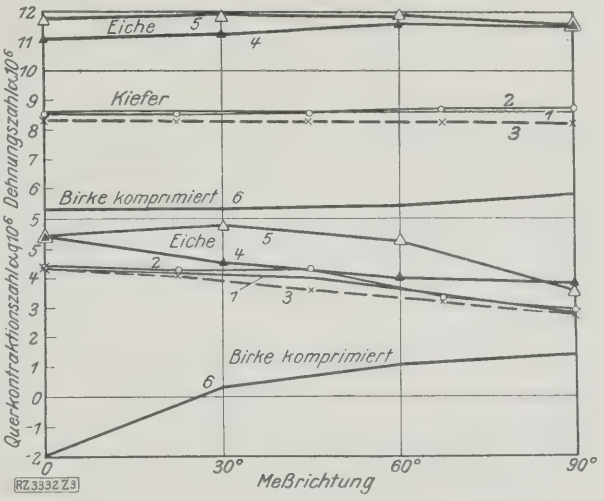



**Abb. 3.** Änderung von $\alpha$ und $\alpha_q$ mit der Meßrichtung. (Zugspannung $\sigma = 28$ kg/cm².)

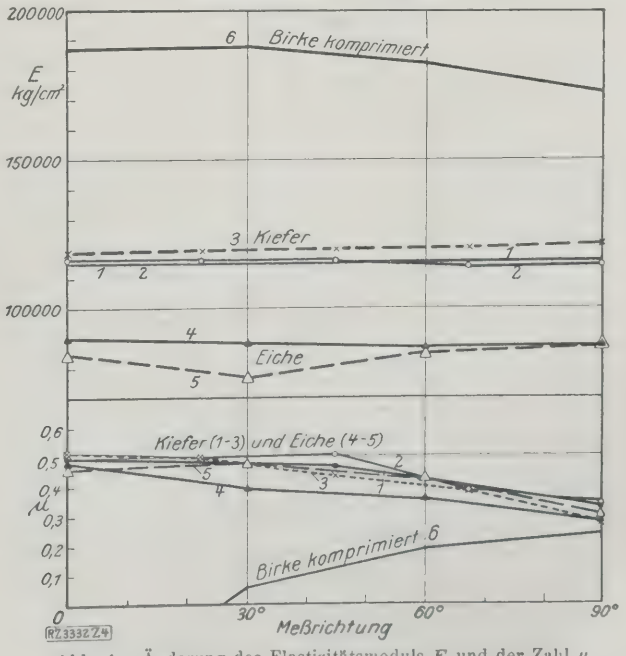



**Abb. 4.** Änderung des Elastizitätsmoduls $E$ und der Zahl $\mu$ mit der Meßrichtung (Zugspannung $\sigma = 28$ kg/cm²).

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

a) Die Dehnungszahlen $\alpha$ und Elastizitätsmoduln $E$ waren von der Meßrichtung annähernd unabhängig. Die Spannungsverteilung über den Stabquerschnitt war somit sehr gleichmäßig. Im Mittel war für

Eiche . . . . . $\alpha = 11{,}6 \cdot 10^{-6}$; $E = 86\,000$ kg/cm²,
Kiefer . . . . . $\alpha = 8{,}5 \cdot 10^{-6}$; $E = 118\,000$ „ ,
Birke verdichtet $\alpha = 5{,}4 \cdot 10^{-6}$; $E = 185\,000$ „ .

b) Die Querkontraktionszahlen $\alpha_q$ und Verhältniszahlen $\mu$ nahmen von der Meßrichtung 0° (tang.) bis zu 90° (radial) ab, im Mittel bei

Eiche von $\alpha_q = 5{,}4 \cdot 10^{-6}$ bis auf $\alpha_q = 3{,}7 \cdot 10^{-6}$,
„ $\mu = 0{,}47$ „ „ $\mu = 0{,}30$,
Kiefer „ $\alpha_q = 4{,}3 \cdot 10^{-6}$ „ „ $\alpha_q = 2{,}8 \cdot 10^{-6}$,
„ $\mu = 0{,}51$ „ „ $\mu = 0{,}33$.

Bei verdichteter Birke waren $\alpha_q$ und $\mu$ negativ für 0° (tang.) und nahmen bis zu 90° zu. Es fand also infolge der Zugbeanspruchung eine Ausdehnung des verdichteten Holzes tangential zu den Jahresringen und Zusammenziehung in radialer Richtung statt.

c) Die Werte $\alpha$ ($E$) und $\alpha_q$ ($\mu$) waren von der Größe der angewandten Zugspannung (bis zu 84 kg/cm) fast unabhängig. Von der Mitteilung der Zahlen ist daher Abstand genommen.

Bemerkenswert ist, daß die $\mu$-Zahlen der Hölzer sich innerhalb der für Metalle gefundenen Grenzen ($\mu = 0{,}1$ bis 0,5) hielten. Überschreitung von $\mu = 0{,}5$ als Mittelwert für die Meßrichtungen 0° bis 90° wurde in keinem Falle beobachtet. Es würde dies bedeuten, daß das Holz infolge der Zugbeanspruchung verdichtet wird, eine Möglic die bei porösen Werkstoffen nicht ohne weiteres vo Hand zu weisen ist. Der Wert $\mu = 0{,}5$ wurde von den Ki und Eichenstäben in tangentialer Meßrichtung erreicht elastischen Volumänderungen dieser Hölzer fanden vorwiegend in der radialen Richtung statt. Verdi Birke zeigte ein entgegengesetztes Verhalten. Denkt sich einen Würfel von 1 cm Kantenlänge aus dem herausgeschnitten, dessen eine Achse in die Zugrich fällt, so ergibt sich näherungsweise die Volumänderung ses Würfels unter 1 kg Zugbeanspruchung $\gamma = \alpha -$ wo $\alpha_q'$ das Mittel aus den in verschiedenen Achsenric gen gefundenen $\alpha_q$-Werten bedeutet.

Nach Abb. 3 war für

Eiche . . . . . $\alpha_q' = \sim 4{,}7 \cdot 10^{-6}$; $\gamma = 2{,}2$ cm $10^-$
Kiefer . . . . . $\alpha_q' = \sim 3{,}8 \cdot 10^{-6}$; $\gamma = 0{,}9$ „ „
Birke verdichtet $\alpha_q' = \sim 0{,}2 \cdot 10^{-6}$; $\gamma = 5$ „ „

Die Raumausdehnung war für verdichtete Birke größten und für Eiche größer als für Kiefer.

Wenn auch die obigen Feststellungen nur Teilergeb darstellen, insofern bisher nur wenige Stäbe der einz Holzarten untersucht wurden, so können sie doch als Grundlage für eine richtige Beurteilung des elastischen haltens der Hölzer dienen und bei Spannungsberechnu von Nutzen sein. [M 333

[1]) Die von *Baumann* (Forschungsheft 231 S. 56) bei Berech der Dehnungszahl $\alpha$ aus der Durchbiegung beiderseits aufliegender Holzbalken mit im Verhältnis zur Höhe geringer Stützweite eingese Schubzahlen $\beta = 2\frac{m+1}{m}\alpha = 17\alpha$ führen zu dem Wert $\mu = 1/m =$ Die Beziehungen zwischen Gleitzahl und Elastizitätszahl scheine nach bei Holz verwickelterer Natur zu sein.

## Bekämpfung des Verkehrslärms

Preisausschreiben des Vereines deutscher Ingenieure und der Zeitlerhaus-Studienstiftung der Stadt Berlin.

Die Entwicklung der Technik und des Verkehrs hat in den letzten Jahren die Gefahren, mit denen die Lärmerzeugung das Wohl des Menschen bedroht, ganz bedeutend gesteigert. Eine besondere Stellung nehmen dabei die beiden Gruppen des Betriebslärms der Fabriken und des Verkehrslärms der Straße ein.

Während die verschiedenartigen Formen des Fabriklärms und ihre Einwirkung auf die Arbeiter seit einigen Jahrzehnten Gegenstand besonderer Forschung gewesen sind, so daß den Forderungen der Versicherung gegen Betriebserkrankung und der Hygiene mehr und mehr Rechnung getragen wird[1]), ist die Untersuchung des Verkehrslärms nach seinen wirtschaftlichen, technischen, physikalischen, physiologischen, juristischen Bedingtheiten und Auswirkungen noch völlig in Anfangszustand, ebenso wie die Maßnahmen zu seiner Verhütung oder Milderung.

Daher bedeutet der Schritt des Vereines deutscher Ingenieure und des Kuratoriums der Zeitlerhaus-Studienstiftung der Stadt Berlin, gemeinsam eine Summe von 2200 ℳ zu Preisen für die besten kritischen Bearbeitungen des obigen Gebietes auszusetzen, einen wichtigen Anfang, um in der so überaus wichtigen Frage des Verkehrslärms voranzukommen.

Von den eingegangenen 16 Bearbeitungen wurden die von Magistratsbaurat *Hoeltje*, Berlin, mit einem Preise von 1700 ℳ, die von Dipl.-Ing. *H. Holeczek*, Wien, mit 500 ℳ, die von Obermedizinalrat Dr. *Bauer*, Nürnberg, Dipl.-Ing. *Olof Albro*, Upsala, und Architekt *A. Brauneck*, Frankfurt a. M., mit lobenden Anerkennungen bedacht.

### Die mit dem ersten Preise gekrönte Arbeit

beschäftigt sich in erster Linie mit der juristischen Lage auf dem Gebiete des Verkehrslärms, ferner den Verfahren zur Lärmmessung, der Bestimmung der einzelnen Lärmursachen und gibt eingehende technische Vorschläge zur Lärmbekämpfung.

Die juristische Sachlage ist äußerst verwickelt, da die Vorschriften zur Lärmmilderung (die Erhaltung der öffentlichen Ruhe ist nach § 10 des alten Landrechts das Amt der Polizei) in nicht weniger als sieben Gesetzen und Verordnungen mit Gesetzkraft (Bürgerliches Gesetzbuch, Gewerbeordnung, Strafgesetzbuch, Handelsgesetzbuch, Gesetz über Kraftfahrzeugverkehr, Verordnung über den Verkehr mit Kraftfahrzeugen, Postgesetz) zerstreut sind. Abgesehen der Unübersichtlichkeit dieser Vorschriftenreihe liegt große Unsicherheit darin, daß viele Vorschriften sich cher Begriffe bedienen, die wie Ortsüblichkeit, Erheb keit, Ertragbarkeit von Geräuschen usw. mengenmäßig erfaßt werden können. Bestrebungen, namentlich der Gr besitzer, zu einheitlicheren und schärfer bestimmten schriften zu kommen, sind bisher vergeblich gewesen.

Zur Frage der Lärmmessung und der Lärmursa wird ausgeführt, daß die Aufgabenstellung in technis physikalischer und physiologischer Hinsicht außerorden verwickelt liegt. Zwar sei die neuere Schallforschung objektiven und subjektiven Verfahren gelangt, die zur gehenden Zerlegung auch der Lärm- und Geräuschvorg geeignet seien, aber die umfassende Anwendung so Verfahren auf den Verkehrslärm stehe noch aus. Man m weiter danach streben, ein einheitliches, genügend einfa Verfahren auszubilden, das auch der Allgemeinheit zug lich sei, so daß diese in den Stand gesetzt werde, sich der Beurteilung von Lärmfragen und an der Milderung Lärms zu beteiligen. Vor allem müßten den Polizeiäm Lärmdezernate angegliedert werden, die auf Grund objektiven Messungen nicht nur über die Lärmvergeh wachen, sondern auch den Straßenlärm als Allgem erscheinung zu verfolgen hätten, um danach bei der kehrsregelung (Anordnung der Straßenbahn und Auto linien usw.) vorzugehen. Schließlich müsse die wis schaftliche Behandlung der Lärmfragen in einem gut gestatteten Institut verankert werden, wofür das Hein Hertz-Institut für Schwingungsforschung vorgeschlagen

Als wichtigste technische Quellen des Straßenlärms scheinen die Straßenbahnen, Kraftwagen und Motorr Lastkraftwagen und Zugmaschinen. Um die Lärmwir gen dieser Fahrzeuge mehr und mehr zu mildern, muß bei ihrem Entwurf mehr als bisher mit schalltechnis Einsicht vorgehen. Hierzu gehört Vermeidung alle Stößen Veranlassung gebenden Unebenheiten, Lücken, Lo rungen usw. unter ausgiebiger Verwendung dämpfe Mittel. Besondere Aufmerksamkeit verlange auch der B und Straßenoberbau innerhalb der Städte. Je vollkom ner die Fahrbahnen werden, desto mehr scheiden sie Lärmquellen aus.

Diese grundsätzlichen Gesichtspunkte werden in preisgekrönten Arbeit in wichtigen Einzelheiten näher örtert. Hervorzuheben ist aber, daß über das Vorgehen die bisherigen Erfolge außerdeutscher Industrieländer dem Gebiete der Verkehrslärmbekämpfung recht ausf lich berichtet wird. Wir erfahren Wichtiges über Straßenlärm in New York und London, über Geräu schutzeinrichtungen bei den Straßenbahnen in San F cisko, über Maßnahmen des Polizeipräfekten von P gegen den Lärm der Kraftwagen. [N 370

Berlin *W. Ho*

[1]) Vergl. u. a.: Merkblatt über Ursachen und Verhütung der gewerblichen Lärmschwerhörigkeit, 1929, herausgeb. vom Reichsgesundheitsamt und der Deutschen Gesellschaft für Gewerbehygiene. San.-Rat Dr. *Peuser* und Gewerberat Dr. *Maue*: Gewerbliche Ohrenschädigung und ihre Verhütung; Beiheft 8 z. Zentralbl. f. gew. Hyg. u. Unfallverh., Berlin 1928.

# R U N D S C H A U

## Werkzeugmaschinen

### Untersuchungen an Holzhobelmaschinen[1])

Wie in der Metallindustrie, so setzte auch in der Holzbeitung vor einigen Jahren das Bestreben ein, den Arsvorgang zu erforschen und die günstigsten Bedingungen gulegen. So findet man bald neben der normalen Messerwelle für Holzhobelmaschinen, bei der der Brustwinkel zur ngente 45 ° beträgt, die Sicherheitsmesserwelle, Bauart *rich Schneider*, mit einem Brustwinkel zur Tangente 55 °, Abb. 1 und 2. Es tritt nun die Frage auf, welche art geeigneter und wirtschaftlicher ist.

**Versuchsdurchführung.**

Im Rahmen einer größeren Arbeit habe ich hierüber Lehrstuhl für Betriebswissenschaften an der Techhen Hochschule Dresden Untersuchungen angestellt. e erstreckten sich nicht nur auf den aufzuwendenden ftbedarf an der Messerwelle, sondern auch auf die öe der Vorschubkraft. Die Versuchseinrichtung zeigt

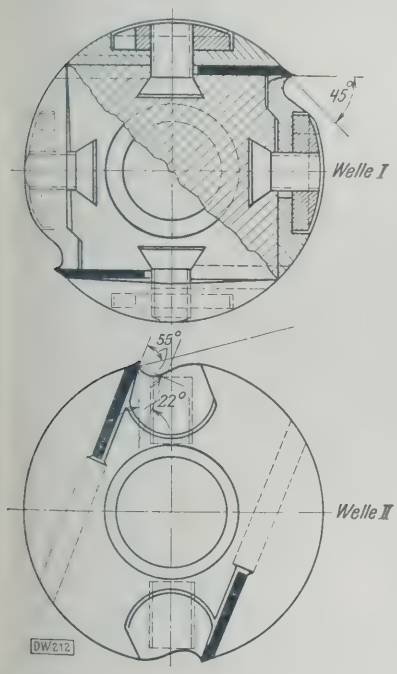



**Abb. 1 und 2** Die beiden untersuchten Messerwellen für Holzhobelmaschinen.

. 3. Ein Drahtseil *h*, das über den selbstschreibenden schubkraftschreiber *e*, *f*, *g* geführt ist, zieht das zu olnde Brett *c* von der links sichtbaren Vorschubeinrichüber die Messerwelle der Hobelmaschine. Das Drehient wurde unmittelbar an der Messerwelle mittels eines tschreibenden Blattfeder-Kraftmessers, Abb. 4, gemes- Beide Meßeinrichtungen gewährleisteten nach vorherngener Eichung genaue Messung auch kürzester Vorge. Die Versuche umfaßten weiter noch eine Unterung des Zuschärfwinkels der Hobelmesser, da aus den ergegangenen Untersuchungen zu schließen war, daß dieser einen Einfluß auf die Ergebnisse habe. Der härfungswinkel wurde verändert bei der Welle I zwiln 31 ° und 40 °, bei der Welle II zwischen 33 ° und . Bei Welle I konnte ein kleinerer Winkel als 31 ° t gewählt werden, da dann die Schneidhaltigkeit der ser zu gering wurde, während man nicht über 40 ° herehen konnte, da dann der Rücken des Hobelmessers n das Hobelbrett schlug. Die Schnittiefe $s = 1$ mm blieb h, die Drehzahl der Messerwelle betrug 4400 U/min, prechend einer Schnittgeschwindigkeit von 27,7 m/s. ter wurden vier Vorschubgeschwindigkeiten angewendet, zwar $c_1 = 3{,}2$, $c_2 = 9{,}4$, $c_3 = 15{,}4$, $c_4 = 25{,}2$ m/min. In . 5 und 6 gehören also die Kurven $c_1$I, $c_2$I usw. zur le I mit einem Brustwinkel zur Tangente von 45 °, die ven $c_1$II, $c_2$II usw. zur Welle II mit einem Brustwinkel Tangente von 55 °.

[1]) Auszug aus der gleichnamigen Arbeit, veröffentlicht in den iebswissenschaftlichen Arbeiten" Bd. 1, Berlin 1929, VDI-Verlag.

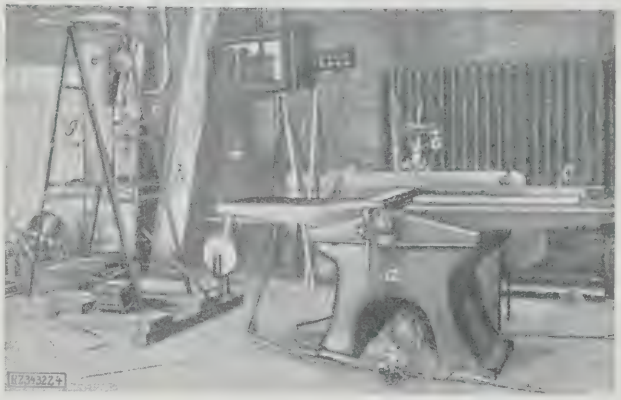


**Abb. 3.** Gesamtansicht der Versuchseinrichtung.

*a* Abrichthobelmaschine
*b* Auflagerdruckvorrichtung
*c* Druckbrett mit Hobelbrett
*d* Leitlineal
*e*, *f*, *g* Vorschubkraftschreiber
*h* Zugdrahtseil
*i* Gestell für Vorschuberzeugung

**Versuchsergebnisse.**

Beim Betrachten der Schaulinien fällt auf, daß im allgemeinen bei der Welle II die Hobelleistung $L_{mech}$ geringer ist, und zwar besonders bei den hohen Vorschubgeschwindigkeiten und den in der Praxis verwendeten Zuschärfungswinkeln von 38 bis 40 °. Nur diese kommen in Rücksicht auf den Werkstoff der Messer in Frage. Bei der Welle II beträgt die Ersparnis an Hobelarbeit teilweise sogar bis zu 50 vH. Würde man bei Welle II einen Zuschärfungswinkel von mehr als 40 ° wählen, so liegen die Verhältnisse noch günstiger, jedoch spielen dann hier die Vorschubkräfte eine Rolle.

Die Versuche zeigen also, daß das mehr radial stehende Hobelmesser der Welle II beim Zerspanungsvorgang in bezug auf Leistungsverbrauch das günstigere ist.

Es ist nun nicht möglich, nur dieses Ergebnis als maßgebend für wirtschaftliches Arbeiten anzusehen, sondern man muß unter allen Umständen auch die auftretenden Vorschubkräfte beachten. Besonders bei den üblichen Abrichtmaschinen, bei denen der Vorschub durch den Arbeiter von Hand ausgeführt wird, spielen die Vorschubkräfte eine ausschlaggebende Rolle. Hier zeigt sich im Gegensatz zum Leistungsverbrauch die Welle I als die günstigere. Bei sämtlichen Holzarten, Vorschub- und Schnittgeschwindigkeiten, sowie kleinen und großen Zuschärfungswinkeln liegen die Vorschubkraftwerte der Welle II teilweise um rd. 200 vH höher. Noch ungünstiger für Welle II wird das Ergebnis bei Zuschärfungswinkeln über 40 °, und zwar

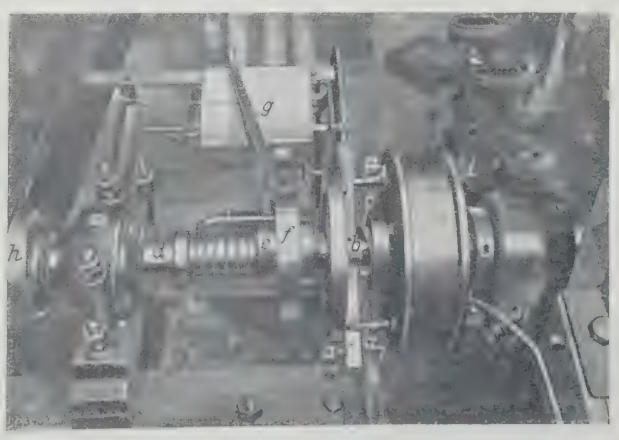



**Abb. 4.** Blattfeder-Kraftmesser.

*a* Blattfeder
*a*$_1$ Mitnehmerbolzen
*b* Knaggen
*c* Kurve, die auf der Knagge *b* läuft
*d* Antriebwelle
*e* in Wellenrichtung verschiebbare Hülse mit
*f* großem Kugellager
*g* Schreibvorrichtung
*h* Antriebriemenscheibe
*i* Bremsscheibe

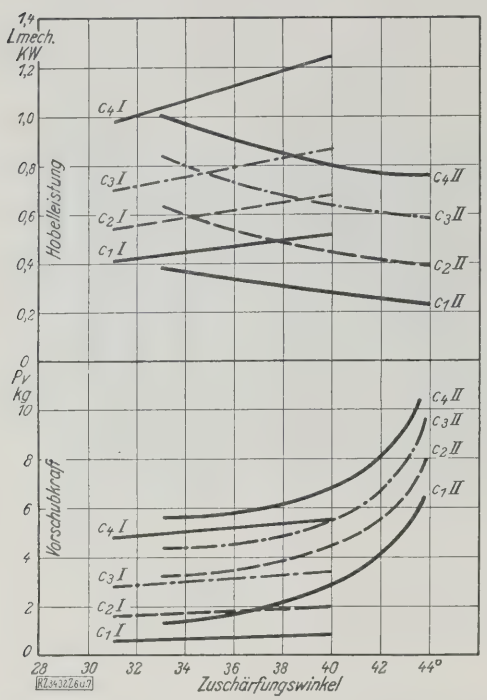



**Abb. 5 und 6** Abhängigkeit der Hobelleistung und der Vorschubkraft vom Zuschärfwinkel bei Eichenholz; Drehzahl $n = 4400$ U/min, Schnittiefe $s = 1$ mm.

Vorschubgeschwindigkeiten
$c_1 = 3{,}2$ m/min
$c_2 = 9{,}4$ „
$c_3 = 15{,}4$ „

*I* und *II* bezieht sich auf die Wellen, Abb. 1 und 2.

besonders bei hohen Schnittgeschwindigkeiten. Vergleicht man die Stellung des Messers bei den beiden Wellen, so ist es ohne weiteres erklärlich, daß bei Welle II höhere Vorschubkräfte erhalten werden müssen. Das Messer schlägt zu Beginn des Schnittes mit seiner Brust gegen das Holz, schiebt sich in das Holz hinein, bis es bei weiterer Drehung der Welle zum Schnitt kommt, während das mehr tangential stehende Messer der Welle I keilförmig in das Holz in Faserrichtung eintritt und somit mit seiner Brust nicht den hohen Druck gegen das Holz ausübt.

Auffallend bei den Ergebnissen der Welle II ist, daß die aufgewandte Leistung beim größten Zuschärfungswinkel am geringsten ist, wobei aber gleichzeitig die Vorschubkraft am größten ist. Das Abfallen der Leistung mit größer werdendem Zuschärfungswinkel erklärt sich wahrscheinlich aus der steilen Stellung des Messers bei der Welle II gegen die Tangente. Es ist nämlich hier bei kleiner werdendem Zuschärfungswinkel möglich, daß durch die Hobelbeanspruchung das Messer an der Schneidkante beim Auftreffen auf das Holz leicht zurückgebogen wird, wodurch die Zerspanungsarbeit sich erhöhen müßte. Bei größerem Zuschärfungswinkel ist die Schneide besser versteift, wodurch das Nachgeben des Messers erschwert und zugleich ein scharfer Schnitt gewährleistet wird. Nach dieser Erklärung müßte auch bei kleinerem Zuschärfungswinkel die Vorschubkraft größer sein als bei größerem. Dies scheint zunächst nicht der Fall zu sein. Bedenkt man jedoch, daß die Vorschubkraft geringer werden müßte, je schärfer die Schneide ist, also mit kleinerem Zuschärfungswinkel, ein Ergebnis, das auch mit der Welle I erhalten wurde, so müßte die Vorschubkraft hier normalerweise mit kleiner werdendem Zuschärfungswinkel von ihrem höchsten Werte rasch abnehmen. Sie bleibt aber bei Winkeln zwischen 33 ° und 40 ° fast gleich groß, nimmt sogar in einigen Fällen leicht zu. Auch dies beweist die oben aufgestellte Theorie von der Zurückbiegung der Schneidkante.

Zwar spielt bei Erzeugung des Vorschubes auf mechanischem Wege der Kraftaufwand für den Vorschub keine große Rolle, da er im allgemeinen nicht über 5 vH der Hobelleistung beträgt. Für Maschinen, die eine zwangläufige Vorschubeinrichtung haben, also Dicken-, Kehl-, Füge- und Spundmaschinen, wäre also die Welle II die geeignete, zumal auch die Schneidhaltigkeit der Messer durch den größeren Zuschärfungswinkel besser ist. Für Abrichtmaschinen würde die Welle II nur dann in Frage kommen, wenn die vom Arbeiter verlangte Vorschubkraft den Wert von rd. 7 kg nicht übersteigt. Dies ist nach allgemeinen Betriebserfahrungen diejenige Kraft bei ähnlicher Arbeit, die dauernd angewendet werden kann. In allen anderen Fällen wäre unbedingt, um wirtschaftlich zu arbeiten, die Welle I zu wählen.

Wenn man den Brustwinkel zur Tangente noch mehr verkleinert, ein Weg, der von einer Leipziger Firma beschritten worden ist, müßten sich in bezug auf die Vorschubkraft noch günstigere Verhältnisse ergeben, wä die Hobelleistung etwa in denselben Grenzen wie bei W liegen müßte. Leider waren mit einer zur Verfügun stellten Welle keine einwandfreien Ergebnisse zu erz da die Welle noch nicht richtig durchkonstruiert der Zuschärfungswinkel von 28 ° 30′ zu wenig schneidh war. Inzwischen konnte sich jedoch der Verfasser von einwandfreien Arbeiten dieser Bauart überzeugen.

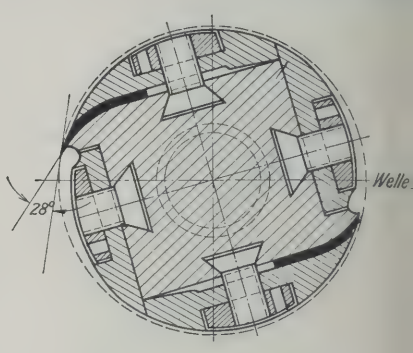



**Abb. 7** Messerwelle mit gebogenen Messern und kleinem Brustwinkel.

### Zusammenfassung

1. Bei der normalen Sicherheitsmesserwelle I emp es sich, einen möglichst geringen Zuschärfungswinke wählen, da hierbei der aufzuwendende Kraftbedarf ger ist. Allerdings ist ein Herabgehen unter 36 ° nicht vo haft, da bei den heutigen Messerwerkstoffen die Schnei schnell ausbricht. Wünschenswert wäre es, eine Schne form oder einen Werkstoff zu finden, der auch dann schneidhaltig bleibt.

2. Bei der Messerwelle II empfiehlt sich ein grö Zuschärfungswinkel, da hierbei der Kraftbedarf geringe Die Vorschubkräfte wachsen bei beiden Wellenbauarte zunehmendem Zuschärfungswinkel, sie liegen bei Welle II beträchtlich höher als bei der Welle I.

3. Für Abrichtmaschinen empfiehlt sich die We besonders bei weichen Hölzern und höheren Sc geschwindigkeiten, oder noch besser die Welle III, A mit gebogenen Messern, da beim Vorschieben des Holze Hand auf geringsten Kraftaufwand zu achten ist. empfehlenswert ist hier die Welle II, da bei ihr durc höheren Vorschubkräfte zu schnelles Ermüden des Arb eintritt. Ihr Feld ist die Hobelmaschine mit zwangläu Vorschub, da hier der Kraftaufwand für den Vorschub ausschlaggebende Rolle spielt und der Kraftverbrauch die Zerspanungsarbeit beträchtlich geringer ist.

Duisburg [M 3432] Dr.-Ing. *C. Bo*

## *Bergbau*

### Ketten- und Stangenschrämmaschinen im Steinkohlenbergbau

Neuere Untersuchungen[1]) über die Arbeitsweise b Schrämmaschinenarten hatten das Ergebnis, daß das ei liche Schrämen bei der Kettenschrämmaschine mehr als bei der Stangenschrämmaschine erfordert. Für Nebenarbeiten brauchen beide Maschinenarten die gl Zeit. Der Luftverbrauch, bezogen auf 1 m² Schräm und 1 PSh Nutzarbeit, ist bei der Kettenschrämmaschin ringer. Da die Motorleistung bei der Kettenschrämmas stärker ausgenutzt werden kann, weist auch der Luf brauch je Leistungseinheit bei der Kettenschrämmas günstigere Werte auf als bei der Stangenschrämmasc

Bei gleicher Länge des Schrämwerkzeuges is Schramtiefe verschieden. Infolge der schraubenförmigen ordnung der Schrämmeißel versucht die Stange, sich dem Kohlenstoß herauszuarbeiten, die Kette dagegen die Maschine an den Kohlenstoß heran. Bei der K schrämmaschine wird daher der Ausbau nicht beansp und außerdem ein um etwa 200 mm tieferer Schram erz Wegen der geringeren Schramhöhe fallen bei der K schrämmaschine etwa 25 vH weniger Schrämklein an überdies grobkörniger, also wertvoller ist. Die le Veränderung der Meißelstellung und die geringere kleinerung des Schrämmittels machen die Kettensch maschine auch wegen der geringeren Anschaffungs- Nachschärfkosten für die Meißel in harten Schrämm der Stangenschrämmaschine überlegen. Die verschie Vorteile lassen für die nächste Zeit entgegen der bishe Gepflogenheit eine Bevorzugung der Kettenschrämmas erwarten. [N 3720]

[1] „Glückauf" Bd. 65 (1929) Nr. 37 S. 1261.

## *Textiltechnik*

### Verhütung von Doppelfäden an Spinnmaschinen

Die Verhütung von Doppelfäden ist in den Kammgarnspinnereien von erheblicher Bedeutung, da Doppelfäden die Güte der fertigen Ware ungünstig beeinflussen und unter Umständen die Stoffe ganz unbrauchbar machen. Es sind deshalb schon verschiedentlich sogenannte Fadenwächter gebaut worden. Die bekanntesten sind die Bauarten von *Klein* und *Morgner*. Diese mechanischen Vorrichtungen suchen die Doppelfäden mittels Durchgreifens eines kammartigen Maschinenteiles zu vermeiden; während der Ausfahrt des Wagens werden bei Wagenspinnern die zusammengelaufenen Fäden abgerissen. Die beiden Verfahren sind im Grunde gleich. Die Vorrichtung von *Klein* schwingt von unten nach oben unterhalb der Walzen, während die Vorrichtung von *Morgner* über den Walzen gelagert ist und von oben nach unten zwischen die Fäden eingreift.

In der letzten Zeit hat sich nun in Belgien, Frankreich, Italien, der Tschechoslowakei, den Vereinigten Staaten von Amerika und neuerdings auch in Deutschland eine mit Luft arbeitende Vorrichtung eingeführt, die man an Kammgarn-Wagenspinnern wie an Ringspinnmaschinen leicht anbringen kann.

Der ganze Vorgang besteht darin, daß ein feuchter, schwacher Luftstrom stetig an der richtigen Stelle zwischen die einzelnen Fäden geblasen wird und das Zusammenlaufen der Fäden verhindert, so daß sich ein Abreißen der Doppelfäden oder deren Wiederanknüpfen erübrigt.

Bei der Vorrichtung für Wagenspinner wird die ganze Maschine von zwei Gebläsen versorgt, die mit Motoren von je ½ PS unmittelbar gekuppelt sind. Es befindet sich also auf jeder Seite des Triebwerks (headstock) ein Gebläse, das die Luftstrahlen mit Hilfe eines mit kleinen Löchern versehenen Luftrohrs zwischen die Fäden bläst. Dieses Verteilrohr, Abb. 8 und 9, liegt waagerecht über den vorderen Streckwalzen in einer Höhe von 20 cm und kann beim Reinigen der Walzen zurückgeschlagen werden.

Der Luftstrom ist so schwach eingestellt, daß in einer Entfernung von etwa 25 cm nichts mehr zu spüren ist. Die Neigung zum Zusammenlaufen der Fäden wird von der beim Strecken der Wollfasern während des Spinnvorganges erzeugten statischen Elektrizität verursacht. Bei einer kräusligen Wolle ist diese Neigung besonders stark. Infolge des stetigen feuchten Luftstromes wird die Erzeugung solcher statischen Elektrizität zum großen Teil verhindert. Der Wollfaden läuft infolgedessen ruhiger und die Neigung zum Zusammenlaufen wird stark vermindert. Die Vorrichtung gewährleistet die Verhütung von Doppelfäden bis mindestens 96 vH; außerdem vermindern sich die Einzelfadenbrüche bis um 50 vH. Meist wurden sogar 97 und 98 vH erzielt.

Der feuchte Luftstrom unterstützt den Spinnvorgang in hohem Maße; die einzelnen Fasern lassen sich vollkommen in den Faden eindrehen, wodurch ein gleichmäßiges Garn von hoher Reißfestigkeit erzielt wird. Der Luftstrom drückt außerdem sämtlichen Staub und lose Fasern nach unten, so daß die Walzen mit ihren Achsen von Wollfasern freigehalten werden. Auch werden Ersparnisse an Pergamentpapier für den Belag der Walzen festgestellt.

Aus den genannten Gründen ergibt sich eine höhere Ausbeute der Spinnmaschinen, da man diese nicht mehr so oft reinigen und damit stillegen muß. Bei schwierig zu verspinnender Wolle, z. B. bei gröberen Nummern in Crossbred, kann man die normale Geschwindigkeit aufrecht erhalten und in manchen Fällen sogar erhöhen. Ohne die Verwendung eines solchen Fadenwächters muß man sie bedeutend verringern, da sonst zu viel Doppelfäden entstehen.

Die ganze Vorrichtung ist sehr einfach, da außer Motor und Gebläse keine beweglichen Teile vorhanden sind und deshalb ein Verschleiß und Wiederinstandsetzungsarbeiten kaum in Frage kommen. Der Spinner ist in keiner Weise, weder beim Spinnen noch beim Reinigen, behindert; ebenso sind Verletzungen ausgeschlossen. Durch das fortwährende Niederschlagen von Staub und Wollfasern wird außerdem ein gesundheitlich einwandfreies Arbeiten gewährleistet.

Mit der beschriebenen Vorrichtung nach der Bauart von *Linon* und *Dethier*[1]) wurden in der Praxis schon sehr gute Ergebnisse erzielt. Bei einem Versuch wurde eine mittlere Wolle (Nummer 31) verwendet, die starke Neigung zu Fadenbrüchen und Doppelfäden zeigte und deshalb ein häufiges Anhalten der Maschine notwendig machte:

Erzeugung eines Wagenspinners mit 540 Spindeln ohne Fadenwächter in einer Woche . 409 kg
Erzeugung des gleichen Wagenspinners mit Fadenwächter in einer Woche . . . . . 458 kg

Dies bedeutet eine Mehrerzeugung von rd. 12 vH, wobei nach den Beobachtungen etwa 6½ vH auf die geringere Notwendigkeit von Reinigungen und etwa 5½ vH auf die größere Geschwindigkeit zu setzen sind, die bei diesem Versuch erzielt werden konnte. Zahlentafel 1 zeigt die Ergebnisse, die mit einer Reihe von Wagenspinnern erzielt wurden. Daraus ist zu entnehmen, daß im Durchschnitt die Doppelfäden zu 96,5 vH, die Fadenbrüche zu 53 vH verhindert wurden. Im Einzelfall wird es natürlich immer auf die Art der verwendeten Wolle ankommen.

Durch günstige Ergebnisse veranlaßt, werden jetzt auch für Ringspinnmaschinen Vorrichtungen gebaut, die auf dem gleichen Grundgedanken beruhen. Ein kleiner Unterschied besteht in der Anordnung. Bei den Wagenspinnern wechseln Faden und Luftstrom miteinander ab, Abb. 10, während es sich bei den Ringspinnmaschinen als besser erwies, jeden einzelnen Faden zwischen zwei Luftströmen laufen zu lassen. [M 3584]

Berlin Dr. *Klebs*

[1]) DRP 439 679

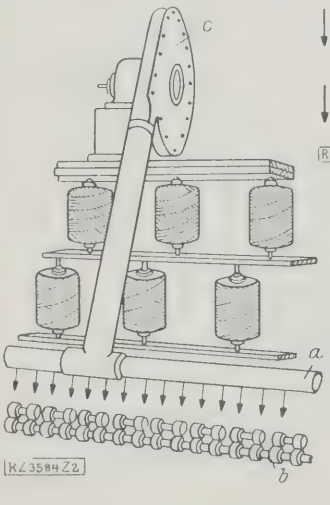



**Abb. 9** (links)
Vorrichtung zum Verhüten von Doppelfäden nach *Linon* und *Dethier*.
*a* Verteilrohr
*b* Streckwalzen
*c* Gebläse

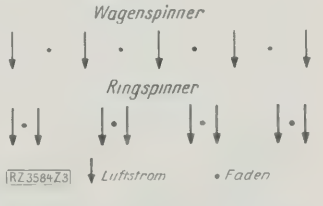



**Abb. 10**
Der Weg des Luftstromes bei Wagenspinnern und Ringspinnmaschinen.

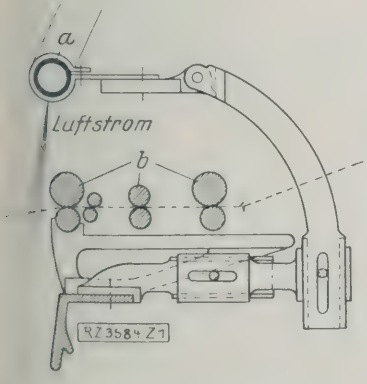



**Abb. 8**
Arbeitsweise der Vorrichtung zum Verhüten von Doppelfäden
*a* Verteilrohr *b* Streckwalzen *c* Faden

**Zahlentafel 1.** Verhütung von Doppelfäden und Fadenbrüchen an Wagenspinnern mittels der Vorrichtung von *Linon* und *Dethier*

| Maschine Nr. | Qualität | Garn Nr. | Zahl der Doppelfäden mit Vorrichtung | Zahl der Doppelfäden ohne Vorrichtung | Zahl der Fadenbrüche mit Vorrichtung | Zahl der Fadenbrüche ohne Vorrichtung | Gesamtzahl der Fadenbrüche (ein Doppelfaden gleich zwei Fadenbrüchen gerechnet) mit Vorrichtung | Gesamtzahl der Fadenbrüche (ein Doppelfaden gleich zwei Fadenbrüchen gerechnet) ohne Vorrichtung | Weniger Brüche und Doppelfäden in vH |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | Crossbred*) | 10 | 2 | 45 | 10 | 30 | 14 | 120 | 88 |
| 3 | Crossbred | 30 | 1 | 25 | 95 | 108 | 110 | 145 | 24 |
| 6 | „ | 30 | 0 | 15 | 30 | 45 | 30 | 75 | 60 |
| 7 | Merino | 58 | 0 | 2 | 40 | 47 | 40 | 51 | 21 |
| 10 | Crossbred | 30 | 2 | 24 | 62 | 119 | 66 | 167 | 60 |
| 11 | „ | 30 | 1 | 22 | 76 | 105 | 78 | 149 | 47 |
| 14 | „ | 30 | 0 | 26 | 83 | 95 | 83 | 147 | 43,5 |
| 15 | Merino | 30 | 0 | 6 | 6 | 15 | 6 | 27 | 80 |

*) Crossbred = englische Kreuzzuchtwolle.

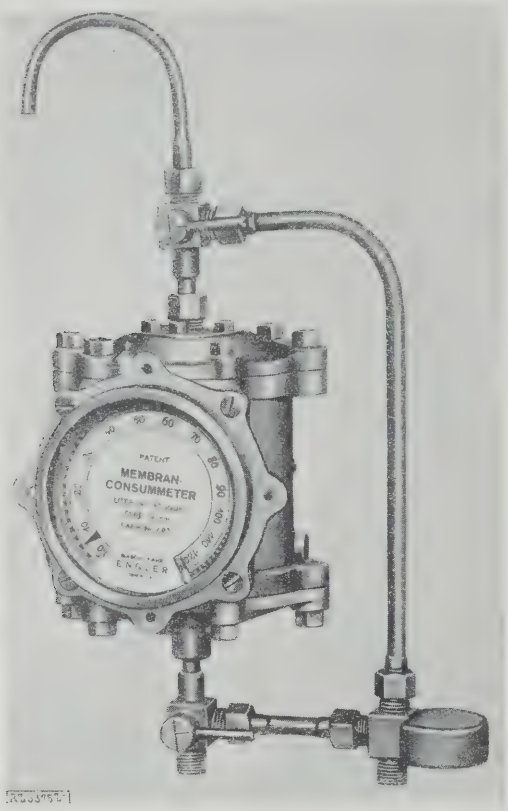



**Abb. 11**
Membran-Flüssigkeitsmeßgerät der Maschinenfabrik Engler, Wien

## *Meßgeräte*

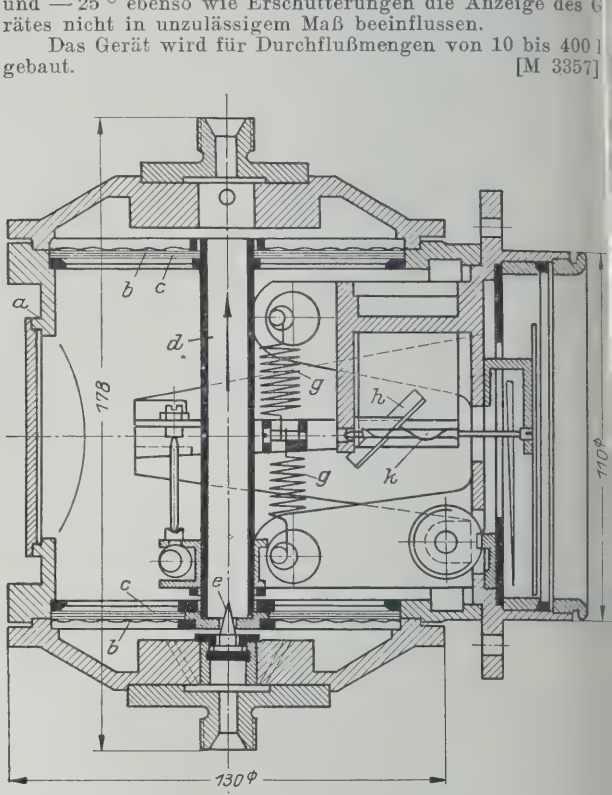
### Membranmeßgerät für Flüssigkeiten

Zum Anzeigen des Brennstoffverbrauchs von Motoren in der Zeiteinheit, einer Größe, die für die Beurteilung des Betriebzustandes besonders wichtig ist, hat die Maschinenfabrik Engler, Wien, ein neues Membran-Meßgerät entwickelt, Abb. 11 bis 13, das sich bei Untersuchungen durch die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt als genau und zuverlässig erwiesen hat. Das Meßverfahren beruht darauf, den Druckunterschied bei der Strömung der Flüssigkeit durch einen gegebenen Querschnitt mit Hilfe von Membranen und auf magnetischem Wege reibungsfrei auf die Achse eines Zeigers zu übertragen.

In dem Gehäuse *a* aus Leichtlegierung werden die beiden am Umfang eingespannten Membranen *b* durch mitschwingende Stäbe *c* gestützt und durch das Düsenrohr *d* in gleichem Abstand erhalten. Die von unten nach oben strömende Flüssigkeit muß unten am Ende des Düsenrohres den Widerstand einer Staudüse überwinden, deren freien Querschnitt man durch Verstellen der Nadel *e* verändern kann. Unter dem Einfluß des hierdurch erzeugten Staudrucks werden nach Maßgabe der in der Zeiteinheit entnommenen Flüssigkeitsmenge beide Membranen und mit diesen der am Rohr *d* hängende, in Spitzen gelagerte Hebel *f* verstellt, der durch nachstellbare Federn ausgeglichen ist. An den Enden dieses rahmenartig ausgebildeten Hebels, dessen Ausschlag beim größten Membranhub von 1 mm 12,5 mm beträgt, sind Polschuhe *h* befestigt, deren nach archimedischen Spiralen geformte Kanten die Kraftlinien eines ruhenden Dauermagneten *i* schneiden und hart an der Schneide einer scharfgängigen Schnecke *k* vorbeigehen, die den Zeiger des Gerätes trägt. Der Magnet zwingt die Schnecke, stets jene Lage einzunehmen, bei der der Abstand zwischen den Polschuhen und ihren Gewindekanten am kleinsten ist. Infolgedessen entspricht jeder Stellung der Polschuhe und damit auch jeder Lage der Membranen eine bestimmte Anzeige des Gerätes, ohne daß man Rückziehfedern für den Zeiger zu verwenden braucht.

Änderungen der Zähigkeit der zu messenden Flüssigkeit kann man gegebenenfalls dadurch Rechnung tragen, daß man das Zifferblatt oder den Zeiger verstellt. Hierzu dienen ein Zahnkranz am Rande des Zifferblattes mit zugehöriger Schnecke oder die Exzenter, an denen die Federn *g* angebracht sind. Im übrigen haben die Messungen der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt ergeben, daß Änderungen d Druckhöhe zwischen 1 und 3 m, des spezifischen Gewic zwischen 0,72 und 1,0 oder der Temperatur zwischen + und — 25 ° ebenso wie Erschütterungen die Anzeige des G rätes nicht in unzulässigem Maß beeinflussen.

Das Gerät wird für Durchflußmengen von 10 bis 400 l gebaut. [M 3357]



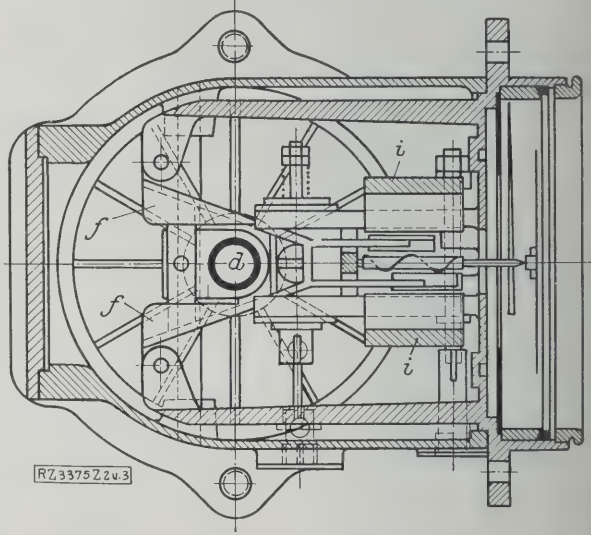




**Abb. 12 und 13**
Waagerechter und senkrechter Schnitt durch das Membran-Flüssigkeitsmeßgerät.
*a* Gehäuse *b* Membranen *c* Stäbe *d* Düsenrohr *e* Nadel *f* Hebel *g* Federn *h* Polschuhe *i* Dauermagnet *k* Schnecke

## *Elektrotechnik*

### Toleranzen bei elektrischen Maschinen und Apparaten[1])

In der Elektrotechnik ist es üblich, daß die wich tigsten Eigenschaften der Maschinen, Transformatoren un Apparate zahlenmäßig gewährleistet werden müssen, un zwar besonders der Wirkungsgrad und die elektrische ode mechanische Festigkeit. Selbst bei Bestellung neuartige Maschinen und Apparate verlangt der Käufer sehr weit gehende und zahlenmäßig festgelegte Gewährleistungen schon bevor der Gegenstand gebaut ist und die zahlreichen das Endergebnis beeinflussenden Erscheinungen bekann

[1]) *R. Rüdenberg*, Z. f. angew. Math. u. Mech. Bd. 3 (1929) Nr. 4 S. 31 Schrifttum bei *Becker*, *Plaut* und *Runge*, Anwendungen der math matischen Statistik auf Probleme der Massenfabrikation, Berlin 1927.

und. Um ein Bild der beim heutigen Stand unsrer Technik ehlich zu begründenden Gewährleistungen zu erhalten, at *Rüdenberg* das Zusammenwirken der verschiedenen rsachen für die in der Wirklichkeit auftretenden Unge-auigkeiten näher untersucht. Er geht aus von einer Be-achtung über die Beziehungen zwischen

**Toleranz und Fehlergesetzen.**

Mißt man den Wirkungsgrad oder die Verluste einer rößeren Zahl gleichartiger Maschinen, so findet man für ist jede Maschine einen andern Wert. Die Messungen ruppieren sich jedoch stets derart um ihren Mittelwert Großzahl), daß geringe Abweichungen verhältnismäßig äufig, große Abweichungen verhältnismäßig selten sind. ählt man die Meßpunkte, die in einzelnen gleichmäßigen ufen um den Mittelwert herum vorhanden sind, und trägt ie so bestimmte Häufigkeit über der Größe der Abwei-hung $\delta$ vom Mittelwert auf, so erhält man eine Kurve, die ei genügend großer Zahl der Messungen und bei Ab-esenheit von systematischen Fehlern sich der *Gaußschen* ehlerkurve anschmiegt, die der Beziehung

$$q(\delta) = \frac{\varepsilon^{\frac{1}{2}\left(\frac{\delta}{m}\right)^2}}{\sqrt{2\pi}\, m}$$

chorcht. $\delta$ ist dabei die Abweichung jeder einzelnen Mes-ung vom Mittelwert und $m$ die mittlere Abweichung aller fessungen vom Mittelwert.

Die Fehlerkurve hat auf ihren beiden Seiten je einen Wendepunkt, dessen Lage gerade durch die Größe dieses ittleren Fehlers $m$ bestimmt wird. Rechnerisch läßt sich s beim Vorhandensein einer Zahl von $n$ Messungen ent-prechend der *Gaußschen* Formel bestimmen

$$m = \sqrt{\frac{\sum \delta^2}{n-1}}.$$

s ist üblich, für die Wirkungsgrade elektrischer Maschinen nd Transformatoren die Mittelwerte anzugeben, die einer rößeren Zahl dieser Maschinen entsprechen und außerdem urch einen Toleranzwert denjenigen Bereich um den Mit-lwert herum zu gewährleisten, in den die tatsächliche fessung mit Sicherheit hineinfällt. Legt man nun die oleranzgrenzen auf das Doppelte des mittleren Fehlers, etzt man also für die Toleranz $\vartheta = 2\,m$ fest, so zeigt sich ach der Wahrscheinlichkeitslehre, daß nur 2,3 vH aller Werte unterhalb des gewährleisteten Bereiches liegen. Das st eine Zahl, die für die Praxis brauchbar erscheint.

**Zusammengesetzte Toleranzen**

Bei Berechnung der Gesamtverluste z. B. irgendeines Maschinensatzes setzen sich diese bekanntlich additiv aus en einzelnen Verlusten zusammen. Falsch wäre es, auch ie Toleranzen der Einzelverluste einfach zu addieren, um ie Gesamttoleranz zu erhalten. Letztere berechnet sich ielmehr aus der Quadratsumme der Einzeltoleranzen, also ach der Formel

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_1^{\,2} + \vartheta_2^{\,2} + \vartheta_3^{\,2} + \dots}$$

Bei einem Dampfturbostromerzeuger hat z. B. die Tur-ine für sich eine Toleranz von $\vartheta_1 = 3$ vH, der zugehörige tromerzeuger eine solche von $\vartheta_2 = 1$ vH, beide bezogen auf en wirklichen Dampfverbrauch; der gesamte Maschinen-atz hat dann nicht etwa eine Toleranz des Dampfverbrauchs on $3 + 1 = 4$ vH, sondern nur von $\vartheta = \sqrt{3^2 + 1^2} = 3{,}16$ vH.

Als praktischer Wert für die Wirkungsgradtoleranz ird angegeben $\vartheta_\eta \approx \frac{1-\eta}{10}$, der einen für allgemeinere Ver-ältnisse gültigen Mittelwert darstellt und auch vor langer eit vom Verband Deutscher Elektrotechniker eingeführt orden ist. Für genaue Rechnung, bei der die besonderen erhältnisse eines Maschinenmodells berücksichtigt werden ollen, leitet *Rüdenberg* die Gleichung ab

$$\vartheta_\eta = \frac{v}{V}\,\eta\,(1-\eta_0),$$

orin $\eta_0$ den vorausberechneten Sollwirkungsgrad bedeu-et, $V$ die Gesamtverluste und $v$ die Gesamtverlusttoleranz, ie sich aus der Summe der Quadrate der absoluten Einzel-erlusttoleranzen für Kupfer, Eisen, Reibung usw. ergibt.

**Wirtschaftlichkeit und Sicherheit**

Bekannt ist, daß alle für die Betriebspannung $E$ be-essenen Isolatoren nach ihrer Herstellung einer Span-ungsprüfung mit der Prüfspannung $E_p = 2{,}2\,E + 20$ kV ur Feststellung der ausreichenden Isolierfestigkeit zu nterwerfen sind. Aus der Wahrscheinlichkeitskurve (In-egralkurve des eingangs erwähnten *Gaußschen* Fehler-esetzes) ersieht man, daß es nicht möglich ist, elektrische solationen wirtschaftlich so gleichmäßig zu bauen, daß unter dieser Prüf- oder Überschlagspannung mit Sicherheit niemals ein Durchschlag eintritt. Eine gewisse Fehler-wahrscheinlichkeit bleibt immer noch vorhanden, auch wenn man über die Toleranzgrenze von $\vartheta = 1$ hinausgeht. Würde man den Mittelwert der tatsächlichen Überschlagspannung nur um das Maß der einfachen Toleranz über die gewähr-leistete oder vorgeschriebene Überschlagspannung legen, so würden 2,3 vH aller geprüften Isolatoren durchschlagen werden. Dies ist mit Rücksicht auf die Betriebsicherheit ein viel zu hoher Wert. Es empfiehlt sich, zwischen vor-geschriebener Prüfspannung und dem bei einer größeren Prüfreihe gefundenen Mittelwert eine erheblich größere Spanne als die einfache Toleranz zu legen.

In dem Abschnitt

**Praktische Toleranzkurven**

bringt *Rüdenberg* Zahlentafeln und Schaulinien, aus denen besonders der Werkstattleiter viele Unterlagen für die ver-schiedensten Verhältnisse entnehmen kann. [N 3529]

Berlin *Kähne*

## *Maschinenteile*

### Nadellager für Kolbenbolzen

Die Kolbenbolzenlagerung von Verbrennungsmotoren wird gewöhnlich als Gleitlager ausgeführt. Eine hiervon abweichende Bauart zeigt Abb. 14[1]). Zwischen dem Bolzen *a* und der äußeren Laufhülse *b* sind Rollen, die im Verhältnis zu ihrem kleinen Durchmesser sehr lang sind, die soge-nannten Lagernadeln *c*, eingebettet. Diese Lagernadeln bil-den zusammen eine schwimmende Gleithülse. Unter dem Einfluß von Druckstößen wälzen sich die Nadeln teilweise ab. Das Lager erlaubt eine Belastung bis zu 300 kg/cm² und ist in bezug auf die Schmierung äußerst anspruchlos. Je nach den auftretenden Höchstdrücken ordnet man eine, zwei oder drei Nadelreihen an, die mittels Zwischenringe *d* von einander getrennt und von Seitenscheiben *e* seitlich ge-halten werden. Wichtig ist das radiale Spiel im Lager,

[1]) Deutsche Kugellagerfabrik, G. m. b. H., Leipzig-Plagwitz.

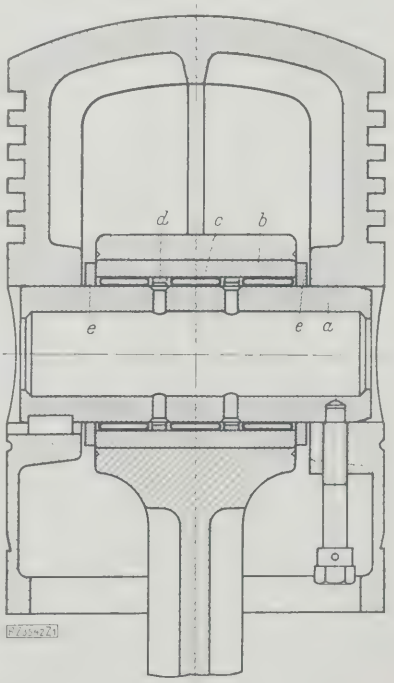



**Abb. 14**
Nadellager für den Kolbenbolzen einer Dieselmaschine.
*a* Bolzen
*b* äußere Laufhülse
*c* Lagernadel
*d* Zwischenring
*e* Seitenscheiben

**Abb. 15**
Einzelteile eines nach längerem Betrieb aus einer Dieselmaschine ausgebauten Kolbenbolzen-Nadellagers.

wofür Erfahrungswerte vorliegen. Abb. 15 zeigt die Einzelteile eines nach längerem Betrieb aus einer Dieselmaschine ausgebauten Kolbenbolzen-Nadellagers. Ein- und ausgebaut wird das Lager mit Hilfe eines Hilfsbolzens (Rohrstück), dessen Durchmesser rd. 0,05 bis 0,1 mm kleiner als der des eigentlichen Bolzens und der etwas kürzer als der Abstand der Lageraugen des Kolbens ist, so daß man ihn beim Einbau zusammen mit der Pleuelstange in den Kolben einführt und danach den eigentlichen Bolzen unter Verdrängung des Hilfsbolzens durchdrückt. Die Konstruktion wird seit einigen Jahren von mehreren Firmen praktisch angewandt.

[M 3542]

## Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben[1])

Innere Reibung, die Ursache eines jeden Dauerbruches, ist auch für die Zerstörung eines Lederriemens maßgebend. Von ihrer Größe hängt die Lebensdauer eines Riemens ab. Innere Reibung entsteht beim Biegen des Riemens um die Riemenscheiben, und wenn der Riemen seine Spannung vom straffen Trum $k_1$ zum losen Trum $k_2$ und umgekehrt um die Nutzspannung $k_n = k_1 - k_2$ ändert. Je kleiner die Riemenscheiben sind, um so mehr bestimmt die innere Biegereibung die Lebensdauer. Bisher hat man bei der Berechnung von Riementrieben den schädlichen Einfluß der Biegereibung dadurch zu berücksichtigen versucht, daß man von der zulässigen größten Riemenspannung $k_{max}$ die Biegespannung $k_b$, die sich nach dem *Hookeschen* Gesetz ergeben würde, abzog. Da das *Hookesche* Gesetz für Lederriemen und auch für gewebte Riemen nicht gilt, ist diese Art der Riemenberechnung bei Verwendung kleiner Riemenscheiben unsicher. Aus diesem Grunde war es notwendig, die Größe des Biegewiderstandes beim Biegen eines Riemens um eine Scheibe sowie seine Abhängigkeit von der Riemenspannung und der relativen Krümmung $\frac{d}{D}$ zu bestimmen, wobei $d$ = Riemendicke und $D$ = Scheibendurchmesser ist.

Es wurde Wert darauf gelegt, den Biegewiderstand im laufenden Trieb bei den üblichen Riemengeschwindigkeiten zu messen. Dann muß der Biegewiderstand von den übrigen Getriebewiderständen, die meist um ein Vielfaches größer sind, getrennt werden. Ein gewöhnlicher Riementrieb hat nur recht geringe Getriebewiderstände, kann doch sein Wirkungsgrad 98 vH und darüber betragen. Die mittelbare Bestimmung der Getriebeverluste aus dem Unterschied der zu- und abgeführten Leistung nach Art der Wirkungsgradbestimmung eignet sich infolge zu großer relativer Ungenauigkeit nicht. Dagegen kann man im Leerlauf die Getriebewiderstände mit Ausnahme der Schlupfverluste und der inneren Reibung, infolge Spannungsänderung von Trum zu Trum, unmittelbar bestimmen.

Ein zwischen antreibenden Motor und Riementrieb geschalteter Drehkraftmesser gibt die Größe des Gesamtleerlaufwiderstandes unmittelbar an. Er setzt sich aus den Lager- und Luftreibungswiderständen der Riemenscheiben sowie den Biege- und Luftreibungswiderständen des Ri mens zusammen, Abb. 16. Die beiden ersteren Widerstän kann man für sich bestimmen, wenn man den Riemen dur eine dünne, biegsame Hanfschnur ersetzt, deren Biegewide stand und Luftreibung annähernd null ist, und den Gesan widerstand dieses Triebes bestimmt. Da die Achsbelastu des Schnurtriebes nicht die gleiche sein konnte wie die d Riementriebes, mußte durch einen besonderen Versuch d Abhängigkeit des Lagerwiderstandes von der Achsbelastu ermittelt und der Lagerwiderstand berichtigt werden. Na Abzug des so ergänzten Widerstandes des Schnurtriebes vo Gesamtwiderstand des Riementriebes erhält man den Bieg und Luftreibungswiderstand des Riemens. Die Trennu dieser beiden Widerstände voneinander ist einfach, we man annimmt, daß der Biegewiderstand von der Bieg geschwindigkeit unabhängig ist. Warum und wie weit die Annahme berechtigt ist, wird in der Arbeit gezeigt. Da würde bei der Drehzahl $n = 0$ der Restwiderstand nur a dem Biegewiderstand bestehen. In der Abbildung 16 ist d Biege- und Luftreibungswiderstand des Riemens über d Drehzahl $n$ unmittelbar aufgetragen und ihre Trennu durchgeführt. Auf diese Weise wurden neun einfache L derriemen und zwei gewebte Riemen bei verschieden Spannungen auf ihren Biegewiderstand untersucht.

Grundsätzlich ist die Abhängigkeit des Biegewide standes von der Zugspannung $k$ und der relativen Scheibe krümmung $\frac{d}{D}$ beim Riemen die gleiche, wie sie sch *Coulomb, Prony, Weisbach* u. a. für Seile gefunden habe Sie ist

$$W = \left(\frac{d}{D}\right)^n (A + B\,k^m).$$

Der Beiwert $A$ kann für die im Riementrieb vorko menden Spannungen und Krümmungen vernachlässigt we den, so daß der Biegewiderstand nach Einsetzen von a gerundeten Mittelwerten, die sich aus obigen Versuchen e gaben, $W \approx 6{,}5 \cdot \frac{k^{0,5}}{\left(\frac{D}{d}\right)^{1,5}}$ kg je cm Riemenbreite beträgt.

Nimmt man an, daß bei Verwendung kleiner Rieme scheiben die innere Biegereibung den Riemen allein ze störte, so ergäbe sich die Lebensdauer Z eines Lederrieme unter Berücksichtigung der Biegewechselzahl zu

$$Z \approx c\,\frac{l}{v}\,\frac{\left(\frac{D}{d}\right)^{1,5}}{k^{0,5}},$$

wobei $l$ die Riemenlänge und $v$ die Riemengeschwindigk angibt; $c$ ist ein Beiwert, der zugleich einen Maßstab f die Riemengüte bildet. Aus obiger Gleichung folgt, daß si die zulässige Riemenspannung infolge der Biegung

$$k \approx c\,\frac{\left(\frac{D}{d}\right)^3}{\left(Z \cdot \frac{v}{l}\right)^2}$$

bestimmen würde.

[1]) Auszug aus Heft 318 der Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 1929, VDI-Verlag. Vergl. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr 45 S. 1627.

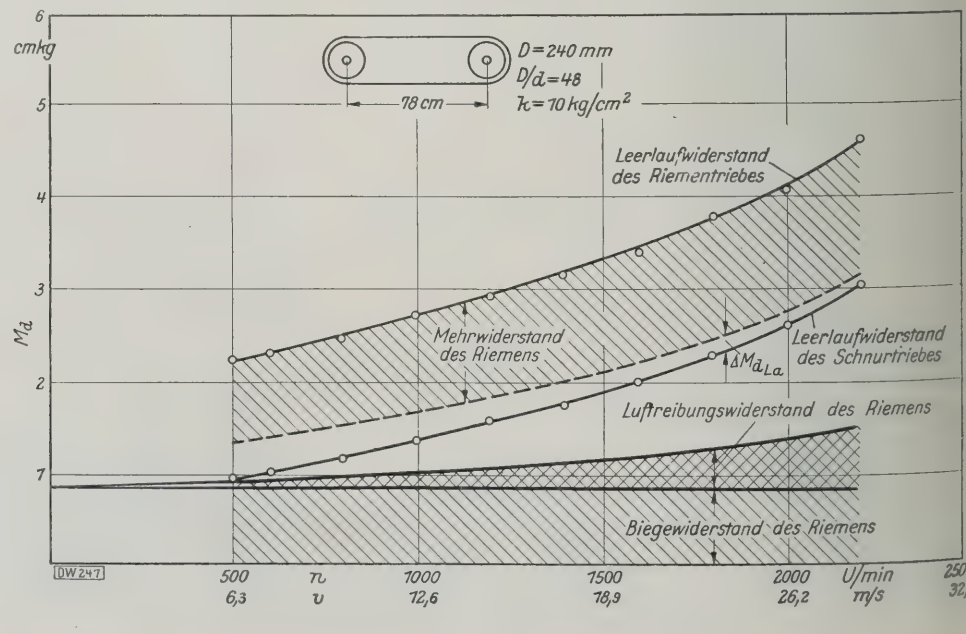



**Abb. 16** Der Luftreibungs- und Biegewiderstand eines Lederriemens als Drehmoment $M_d$, abhängig von $n$ und $v$, aufgetragen.

Die Gerbart, die Einteilung nach Güteklassen (AL-Klassen), sowie die verschiedenen Dehnungszahlen der Riemen haben nach meinen Versuchen keinen Einfluß auf die Größe und Abhängigkeit des Biegewiderstandes. Auch die Art der Auflaufseite, ob der Riemen mit der Haar- oder Fleischseite aufläuft, hat nur ganz geringen Einfluß auf den Biegewiderstand. Sehr günstig für einen geringen Biegewiderstand oder, was dasselbe ist, für eine lange Lebensdauer ist eine gute innere Schmierung des Riemens. Bei einem Versuche mit einem ungefetteten und einem stark durchfetteten Riemen sank der Biegewiderstand auf die Hälfte des ursprünglichen Wertes. Ist ein Riemen dagegen mit stark klebenden Adhäsionsmitteln getränkt, so können recht beträchtliche Verluste beim Abreißen des Riemens von der Riemenscheibe entstehen. Der Abreißwiderstand ist um so größer, je kleiner der Scheibendurchmesser oder je größer die Auflagepressung zwischen Riemen und Scheibe ist. Unter $\frac{D}{d} < 60$ sollte man nur mit Vorsicht stark klebende Adhäsionsmittel anwenden.

Die Luftreibung des Riemenbandes ist bei kleineren Riemengeschwindigkeiten unbedeutend. Sie kann aber bei höheren Umfangsgeschwindigkeiten den Wirkungsgrad merklich beeinflussen. Für große Scheibendurchmesser, wo die Störung der Luftströmung durch das gegenläufige Trum nicht groß ist, kann man die Luftreibung nach der *v. Kármánschen* Gleichung $c_f = \frac{0{,}072}{R^{0{,}2}}$, wobei R die „*Reynoldssche* Zahl" ist[2]), überschläglich berechnen. Für kleine Trumabstände, also kleine Scheiben, muß der Reibungswert durch besondere Versuche ermittelt werden. Er ist um so größer, je kleiner der Trumabstand ist. Im allgemeinen wird der Luftreibungswiderstand der Riemenscheiben beträchtlich höher als der des Riemenbandes sein, so daß es sich verlohnt, der Formgebung der Scheiben (Ausbildung der Arme, Verschalung der Scheiben usw.) besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Kennt man nun alle Getriebeverluste in Abhängigkeit von der Drehzahl, Umfangsgeschwindigkeit, Achsbelastung, Nutzspannung usw., so läßt sich jeder Riementrieb unter gegebenen Bedingungen so entwerfen, daß ein Mindestmaß an Verlusten oder ein Bestwert an Wirtschaftlichkeit erreicht wird.

Dresden [M 3369] Dr.-Ing. *Adolf E. Müller*

[2]) Vergl. „Hütte" 25. Aufl. Bd. 1 S. 315.

# *Kleine Mitteilungen*

## Dampfkessel mit vereinigter Öl- und Abgasheizung

Für die Versorgung der Hilfsmaschinen auf dem Motorschiff „Sheaf Holme" von 8700 t, das mit einem Dreizylinder-Doppelkolben-Dieselmotor, Bauart Doxford, ausgerüstet ist, hat die Firma Cochran & Co. einen stehenden Dampfkessel entwickelt, der mit Öl gefeuert und durch die Abgase des Dieselmotors geheizt werden kann. Der Kessel hat rd. 3,6 m Dmr. und 6,2 m Höhe und zum Teil einen doppelten Mantel; der innere Mantel dient zur Aufnahme von drei Gruppen von waagerechten Feuerrohren. Durch die beiden oberen Gruppen mit rd. 130 m² Gesamtheizfläche strömen die Abgase des Dieselmotors, deren Richtung in einer Kammer des Doppelmantels umgekehrt wird, durch die dritte Gruppe von Rohren mit rd. 46,5 m² Gesamtheizfläche strömen die Rauchgase der Ölfeuerung, die innerhalb des aufwärts gewölbten unteren Kesselbodens untergebracht ist. Bei einem Versuch auf dem Prüfstand soll der Kessel ausschließlich bei Beheizung mit Abgasen von rd. 380 ° Anfangs- und 205 ° Austrittstemperatur stündlich 765 kg Wasser von 15 ° Anfangstemperatur in Dampf von 7 at Überdruck verwandelt haben. („The Engineer" 1. November 1929 S. 476*) [N 3763 a] *H.*

## Vorausschätzen der Kraftwerkbelastung

Seit fünf Jahren untersucht die Public Service Electric and Gas Co., Newark (New Jersey, Ver. St.), planmäßig die Abhängigkeit der Kraftwerkbelastung von verschiedenen Einflüssen, um daraus Unterlagen für eine Vorausschätzung der Entwicklung des Strombedarfes zu gewinnen. Die Zahl der Einwohner, bezogen auf einen Elektrizitätszähler, ist seit 1916 von fast 24 auf etwas über 4 im Jahre 1928 gesunken, und zwar zunächst schnell, dann hat sie sich asymptotisch dem Wert 4 genähert, was auf eine gewisse Sättigung hinweist; der Wert ist etwas niedriger als die mittlere Größe der Familien, die in New Jersey 4,4 beträgt. Der vorausgeschätzte Verlauf der Stromentnahme stimmt mit dem wirklichen bis jetzt gut überein. Der Stromverbrauch je Zähler in den Monaten November und Dezember ist seit 1920 von rd. 180 auf 130 bis 140 kWh gesunken, obwohl der Stromabsatz zugenommen hat; das läßt darauf schließen, daß viele Kleinverbraucher hinzugekommen sind. Infolge der zunehmenden Anwendung von elektrischem Strom steigt dieser Wert wieder langsam. Bemerkenswert ist, daß auch der Einfluß der Brücke Camden – Philadelphia auf den Zuzug dieser Städte und die sich daraus ergebende Steigerung des Stromabsatzes vorausgeschätzt wurde; Konjunkturschwankungen in der Industrie wurden ebenfalls berücksichtigt. („Electrical World" 19. Oktober 1929 S. 773*) [N 3763 b] *Pa.*

## Steigerung der Wärmeausnutzung in Dieselmotoren

In Dieselmotoren erwärmt sich das Zylinderkühlwasser in der Regel auf 60 bis 65 °. Da diese Temperatur meist zu niedrig für die industrielle Verwendung des Kühlwassers ist, so kann man sie in einem Wärmeaustauscher mit Hilfe der Abgase z. B. auf 80 ° erhöhen. Zur Wärme des Kühlwassers, die etwa 27 vH vom Heizwert des Brennstoffes beträgt, kommen auf diese Weise noch 10 bis 12 vH hinzu. Als Wärmeaustauscher dienen gewöhnliche stehende Rauchrohrkessel, deren Heizfläche z. T. durch fingerartige Vorsprünge vergrößert ist. Die Erhaltungskosten des Wärmeaustauschers sind gering; einen mit Öl befeuerten Kessel der gleichen Leistung müßte man bedeutend häufiger reinigen, um gleichen Wärmeübergang zu erzielen.

Mit Hilfe dieser Anordnung ist es möglich, auf 1 l Brennstoffverbrauch des Dieselmotors rd. 3,2 kWh elektrische Arbeit zu gewinnen und etwa 6 kg Wasser zu verdampfen. Damit hat man mehr als 70 vH des Heizwertes des Brennstoffs erfaßt, also etwa die gleiche Ausnutzung des Brennstoffs, wie unter einem mittleren Dampfkessel erzielt.

In einem vereinigten Dieselmotoren- und Dampfkraftwerk verwendet man z. B. Auspuffgase der Dieselmotoren für die erste und Abdampf für die zweite Vorwärmstufe des Kesselspeisewassers. In einem städtischen Kraftwerk, dessen Grundlast Dieselmotoren und dessen Spitzenlasten ältere Dampfkessel aufnehmen, dient ein mit Auspuffgasen beheizter Wärmeaustauscher dazu, die Kessel unter Dampf zu halten. (Transactions of the American Society of Mechanical Engineers Mai/August 1929 Nr. 20 S. 66)
[N 3763 c] *Lc.*

## Selbsttätige hydraulisch gesteuerte Kegelräder-Verzahnmaschine

Zum Vorfräsen der Zähne größerer Mengen von Kegelrädern, z. B. für Ausgleichgetriebe von Kraftwagen, hat die Firma Gleason, Rochester, N. J. eine vierspindlige, vollkommen selbsttätig arbeitende Maschine gebaut. Um eine Frässcheibe von 528 mm Dmr. mit 32 eingesetzten Messern sind vier Spannköpfe waagerecht angeordnet. Die Köpfe, die man auf verschiedene Winkel und Teilungen einstellen kann, drehen sich nach jedem Fräsvorgang rückwärts, womit sich der Kopf für das Fräsen des nächsten Zahnes einstellt. Sobald alle Zähne geschnitten sind, werden die Spannköpfe in die Ladestellung zurückgedreht, die geschnittenen Räder ausgestoßen und neue vorgedrehte Kegelräder selbsttätig dem Magazin entnommen und eingespannt. Ist ein Rad nicht richtig eingespannt, so rückt eine Sicherheitsvorrichtung die Maschine aus.

Die Fräszeit, die das Ein- und Ausspannen bestimmt, wird mittels einer besonderen Vorrichtung, die man für 6 bis 30 Zähne einstellen kann, gesteuert. Der Arbeitshub der Spannfutter beträgt 10 oder 25 mm; das größte Rad, das man fräsen kann, hat einen Teilkreis von 101 mm Dmr. und einen Modul von 0,33. Die Frässcheibe läuft mit 21,2 bis 95,5 U/min, was einer Schnittgeschwindigkeit von 4,88 bis 15,9 m/min entspricht. Mit Ausnahme der Frässcheibe wird die ganze Maschine hydraulisch angetrieben. Ein Aufseher, der nur dafür zu sorgen hat, daß die Magazine mit Rohlingen gefüllt sind, kann mehrere Maschinen bedienen. Der Leistungsbedarf beträgt 10 PS. („The Iron Age" 17. Oktober 1929 S. 1043*) [N 3763 d] *Schr.*

## Speisewasservorwärmer für Lokomotiven

Die London- und Nordost-Eisenbahn hat in zwei Schnellzuglokomotiven neuartige Speisewasservorwärmer eingebaut. Sie haben die Form von Kreisabschnitten, so daß

sie sich der Rauchkammer, in der sie oben vor dem Schornstein angeordnet sind, anpassen. Jeder Vorwärmer besteht aus zwei Kammern, der Misch- und der Warmwasserkammer. Das Kaltwasser wird von der Pumpe in die Mischkammer eingestäubt und mit dem Abdampf der Dampfzylinder und Pumpen gemischt. Aus dieser Kammer gelangt das Warmwasser durch einen Überlauf in die Warmwasserkammer, aus der es wiederum durch einen Überlauf dem Warmwasserzylinder der Pumpe zufließt. Überfüllen der Kammern bei zu starkem Wasserzufluß verhindert ein selbsttätiges Ablaßventil, dessen Belastung durch Eigengewicht und den in den Kammern herrschenden Abdampfdruck mittels einer etwas über 1 m hohen Wasser- und Ölsäule im Verbindungsrohr zwischen Kammer und Ventil ausgeglichen wird. Steigt die Flüssigkeit also bei Überfüllung höher als dem Gleichgewicht entspricht, so öffnet sich das Ventil und läßt den Überschuß ins Freie austreten. („The Railway Engineer" November 1929 S. 443*) [N 3763 e] *Ro.*

### Französisches Fahrgastmotorschiff

Das in Frankreich erbaute Motorschiff „Eridan" hat kürzlich den Australiendienst für die Messageries Maritimes aufgenommen, die einzige französische Reederei, die den Bau von Motorschiffen eingehend betreibt. „Eridan" ist mit 9927 B.-R.-T. das größte französische Motorschiff. Ein besonderes äußeres Merkmal bilden die beiden Schornsteine mit quadratischem Querschnitt und großen Kappen. Der Schiffskörper mit acht wasserdichten Abteilungen ist z. T. nach *Isherwood* erbaut, was sonst nur bei Tankschiffen üblich ist. Das Schiff ist in erster Linie für Fahrgäste dann aber auch für Baumwollfracht (11 000 m³ Laderaum inhalt) bestimmt.

Hauptabmessungen: 135 m Länge zw. d. Loten, 18,4 n Breite, 11,5 m Seitenhöhe und rd. 14 100 t Verdrängung be 8,2 m Tiefgang. Zahl der Fahrgäste: 60 erster Klasse, 8 zweiter Klasse und 438 im Zwischendeck. Zum Antrie dienen zwei Sulzer-Zweitaktmotoren, die bei 110 U/min ins gesamt 6000 PS leisten. Die Geschwindigkeit beträgt 15 Kn Den Licht- und Kraftbedarf decken fünf Dieseldynamos von je 325 kW und 220 V. Die Hilfsmaschinen arbeiten elektrisch. (Shipbuilding and Shipping Record 24. Oktobe 1929 S. 488*) [N 3763 g] *W. B.*

### Neue große Straßenbrücke in New York

Demnächst wird mit dem Bau einer insgesamt rd. 5,4 km langen Brücke über den East River begonnen werden, die die Stadtteile Queens und Bronx miteinander verbinden und eine Abzweigung nach Manhattan enthalten wird. Der größte Teil dieser Anlage besteht aus Landöffnungen und Zufahrtrampen, der Rest von insgesamt 1,3 km Länge verteilt sich auf vier Brücken. Von diesen wird die Hängebrücke über das Höllentor mit einer einzigen Öffnung von 390 m Weite die bedeutendste sein. Die lichte Höhe dieser Brücke beträgt 41 m über M.-H.-W. Die Kosten der ganzen Anlage sollen insgesamt rd. 104 Mill. ℳ betragen, davon entfallen 92,5 Mill. ℳ auf die reinen Baukosten. (Engineering News -Record 17. Oktober 1929 S. 622/23*)
[N 3763 h] *Sd.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Forschungsarbeiten a. d. Gebiete des Ingenieurwesens, 289. H.: **Untersuchungen über die Strömungen des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen.** Von *Johann Nikuradse.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 49 S. m. 28 Abb. Preis 6 ℳ, für Mitglieder des V. d. I. 5,40 ℳ.

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 320. H.: **Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen.** Von *H. Nippert.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 67 S. m. 141 Abb. Preis 9 ℳ, für Mitglieder des V. d. I. 8 ℳ.

Von den beiden neuerdings erschienenen Forschungsarbeiten aus dem Gebiete der Strömungslehre befaßt sich die von *Nikuradse* mit Versuchen über ebene Strömungen in rechteckigen, geschlossenen Kanälen bis zum Grenzwinkel derjenigen Erweiterung, bei der sich die Strömung von der Wand ablöst. Die Größe des engsten Querschnittes sowie die Wassermenge wurden konstant gehalten, während die Neigung der Seitenwände zwischen 10 ° Divergenz und 16 ° Konvergenz verändert wurde. Die offenbar sehr sorgfältig durchgeführten Messungen der Geschwindigkeitsprofile in zwei Querschnitten sowie der Druckänderung ergaben in genügender Entfernung vom Einlauf völlige Affinität der Geschwindigkeitsverteilung sowie Gültigkeit des von *Prandtl* aufgestellten $^1/_7$-Potenz-Gesetzes für den Geschwindigkeitsanstieg in der Grenzschicht bei der vorliegenden *Reynoldsschen* Zahl von 67 000.

Das Lesen der Arbeit wird erheblich erschwert durch den Umstand, daß die Abmessungen der Versuchseinrichtung nicht in die Abbildungen eingetragen, sondern in den Text eingeflochten sind, und zwar teils in cm, teils in mm. Ferner verwirrt im Schaubild, Abb. 9, die feste Maßstabangabe an der Ordinate bei der für jede Kurve wechselnden Lage der Abszissenachse. Ganz unklar sind die Zahlenbezeichnungen der Abszisse von Abb. 16, da sie nicht nur von den völlig verständlichen Angaben der zugehörigen Zahlentafel 6 abweichen, sondern auch noch gegenläufig dazu angeordnet sind.

In Gl. (2) auf S. 13 ist statt des Summanden $H$, der die Höhe des betrachteten Punktes — also in m gemessen — bezeichnet, schon aus Gründen der Dimensionsgleichheit der einzelnen Glieder das Produkt $g\,H$ zu setzen. Auf das Endergebnis der Rechnung hat diese Ungenauigkeit wegen der Konstanz von $H$ keinen Einfluß.

Im Gegensatz zur soeben besprochenen Arbeit, die ein eng umgrenztes Problem der ebenen Strömung behandelt, untersucht *Nippert* in Heft 320 die außerordentlich verwickelte dreidimensionale Strömung, und zwar hauptsächlich in Krümmern von rechteckigem Querschnitt mit verschiedenen Innen- und Außenhalbmessern, also in gekrümmten Düsen und Diffusoren. Die Umlenkwinkel betragen 90 ° und 180 °. Eine recht einleuchtende Trennung der Verlustanteile in Krümmer-, Umlenkungs-, Reibungs-, Ablösungs- und Querströmungsverlusten ist durchgeführt und aus Druck- und Geschwindigkeitsmessungen ist versucht, den Mechanismus des Strömungsvorganges zu ergründen. Daß eine angenäherte Bestimmung der Krümmerformen geringster Verlustbildung und ihrer Verlustziffern ermöglicht ist, bedeutet einen recht beachtlichen Fortschritt.

Trotz des umfangreichen Stoffes ist die Arbeit durch Benutzung einer großen Anzahl von Abbildungen und Schaubildern recht übersichtlich gestaltet und am Schluß ist eine Reihe sehr schöner Lichtbilder von Strömungen in offenen Kanälen beigefügt.

Näheres über den Inhalt der beiden Arbeiten ist aus den Auszügen in dieser Zeitschrift, Nr. 39 S. 1391 (*Nippert*) und Nr. 40 S. 1423 (*Nikuradse*) ersichtlich.
[E 3658] *K. Pantell*

Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalten, Sonderheft 5. **Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung zu Berlin-Dahlem.** Berlin 1929, Julius Springer. 189 S. m. zahlr. Abb. Preis 26 ℳ.

Das Sonderheft 5 bietet wieder einen vielseitigen Einblick in die zahlreichen Fragen, die zur Zeit die Metallkunde beherrschen, und zeigt die außerordentlich beachtenswerte Tätigkeit des Kaiser-Wilhelm-Institutes trotz der schwierigen wirtschaftlichen Verhältnisse, die die Forschungstätigkeit sehr erschweren. Viele der veröffentlichten Arbeiten sind bereits den Lesern in der Zeitschrift für Metallkunde, der Zeitschrift für Physik und der VDI-Zeitschrift[1]) bekanntgeworden.

Im ganzen enthält das Heft 27 Arbeiten. Vor allem seien die wichtigen Konstitutionsuntersuchungen erwähnt über die Gebilde Kupfer-Zinn und Silber-Aluminium von *Hansen.* Etwa zehn Arbeiten von *G. Sachs, v. Göler* und und einigen andern Mitarbeitern behandeln Fragen der Entstehung des Gußgefüges, der Festigkeitseigenschaften von Metallkristallen, den Walz- und Schmiedevorgang, den Ziehvorgang, den Nachweis innerer Spannungen in Stangen und Rohren, die Erscheinung der inneren Spannungen in Nichteisenmetallen und den Nachweis der inneren Spannungen im Röntgenbild. Für den Maschinenbau besonders wichtig sind die exakten Untersuchungen von Prof. *O. Bauer* über Gußeisen als Werkstoff und Baustoff und über die Frage der Alterung von Kesselblechen. Erwähnt seien noch die Arbeiten von *E. Schiebold* und *G. Richter* über den Zugversuch, von *Kuntze* über die elastische Dehnungszahl des Kupfers, von *E. Seidl* über die Kerbwirkung und von *Schmidt* und *Wassermann* über Zink-Kristalle. Auch die rein kristallographische Forschung ist durch eine Arbeit von *A. Burgenie* und *K. Weissenberg* in das Arbeitsgebiet des Institutes einbezogen worden. Zum Schluß sei noch auf die chemisch-analytischen Forschungen hingewiesen.

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1353, 1511.

Im Rahmen einer kurzen Besprechung ist es leider t möglich, dem reichen Inhalt des Heftes gerecht zu den. Jedoch wird kein Ingenieur, der mit Metallen tun hat, an diesen Arbeiten vorübergehen können.
E 3587] *Groeck*

**rbuch der Metallkunde.** Von *Franz Sauerwald.* Berlin 929, Julius Springer. 462 S. m. 399 Abb. Preis 29 *RM.*

Im ersten Teil des Buches finden wir auf 280 Seiten wichtigsten Grundtatsachen der Metallkunde, mögen sie physikalische Chemie, Röntgenographie, Kristallogra-e, Technologie, Werkstoffprüfung, Chemie oder Korro-der Metalle betreffen. In geschickter Auswahl sind r Beispiele aus allen diesen Wissenzweigen unter Berück-tigung und systematischer Eingliederung der aller-esten Erkenntnisse gebracht, derart, daß man, von den sführungen und Literaturhinweisen ausgehend, sich in zester Zeit über jede in das Gebiet der Metallkunde fal-de Sonderfrage unterrichten kann. Die Darstellung hält im wesentlichen an gesicherte Unterlagen und ver-det hypothetische Ausführungen, die bekanntlich dem ßenstehenden die Probleme der Metallkunde sehr un-rsichtig und verwickelt erscheinen lassen. Der zweite l bringt auf 110 Seiten die besonderen Eigenschaften von en und Stahl, und auf 50 Seiten von Nichteisenmetallen. urgemäß kann auf diesem Raum nur ein kleiner Aus-nitt aus dem fast unerschöpflichen Stoff erwartet werden. s Gebrachte ist jedoch so reichhaltig, daß man sich über Hauptfragen bei jedem Stoffe gut unterrichten kann. s Buch erscheint somit sowohl als Lehrbuch für den fänger als auch als Nachschlagewerk für den Metallfach-nn und Technologen wertvoll. [E 3666] *G. Sachs*

**stenberechnung im Ingenieurbau.** Von *Hugo Ritter.* . Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 148 S. m. Tab Preis 9 *RM.*

Seitdem sich die früher in Hochschulkreisen vorherr-ende Auffassung, Preise seien Erfahrungssache und ßen sich nicht lehren, unter dem Zwang der wirtschaft-ien Verhältnisse geändert hat und man erkannt hat, ß die Voraussetzung für wirtschaftliches Bauen eine rich-e Kostenberechnung ist, sind verschiedene Werke über stenberechnungen erschienen und mit Beachtung in Fach-isen aufgenommen worden, wie die Neuauflage des obigen hes wenige Jahre nach dem ersten Erscheinen beweist. s Buch ist aus der Praxis für die Praxis geschrieben, es ein Hilfsbuch zur Berechnung der Kostenarten für die schiedenen im Ingenieurbau vorkommenden Kostenträger. bei den Kostenträgern, den Erd-, Ramm-, Beton-, Maurer-eiten usw. vorkommenden Kostenarten wie Baustoffe, nc, Maschinen, Geräte, Rüstungen, allgemeine Kosten v. werden erörtert und durch Zahlenwerte für Material-arf und Arbeitsaufwand sowie für Verbrauch und Lei-ng von Maschinen ergänzt. Die Zahlenwerte sind nach n richtigen Grundsatz, Preisangaben wegen ihrer Ver-derlichkeit zu vermeiden, auf die Leistungseinheit, Ge-ht, Menge, Zeit usw. bezogen und sollen nach den ange-enen Anleitungen als Anhalt bei Aufstellung einer stenberechnung dienen.

Das Buch bietet also der Praxis die Unterlagen für stenberechnungen in einer übersichtlichen und zweck-ßigen Gliederung; für den Lernenden fehlt die notwen-e Systematik der Kostenentwicklung.
E 3616] *Th. Janssen*

**rgleichende Untersuchung über Öl- und Nitrozellulose-acke.** Von *Hans Wolff* und *W. Toeldte* (Heft 3 der Ver-öffentlichungen des Fachausschusses für Anstrichtechnik eim Verein deutscher Ingenieure). Berlin 1929, VDI-Verlag. 36 S. m. 44 Abb. u. 27 Taf. u. einem theoretischen Anhang von *F. Wachholtz.* Preis 5,50 *RM*, für Mitgl. d. V. d. I. 5 *RM.*

Bevor die Verfasser zur Bearbeitung des eigentlichen emas schritten, hielten sie es für angebracht, die Eigen-aften der Nitrozelluloselacke in ihrer Abhängigkeit von einzelnen Komponenten zu untersuchen. Sie kamen so Ergebnissen, die für den Chemiker und den praktischen ckfabrikanten von großer Bedeutung sind. Der Einfluß igender Weichmachungsmittel und von Harz verläuft neswegs eindeutig. Es ist daher zu begrüßen, daß *Wachholtz* im Anhang versucht hat, diese überraschen-n Erscheinungen, von mechanischen Grundlagen aus-end, zu erklären. Dem Ingenieur bietet der zweite Teil s Heftes, die Bearbeitung des eigentlichen Themas, mehr. e Frage, ob Öl- oder Nitrozelluloselacke „besser" sind, nn in dieser allgemeinen Form nicht beantwortet werden: geforderte Zweck muß hier ausschlaggebend sein. Auf engrund sind die besten der von den Verfassern unter-hten Nitrozelluloselackierungen den zum Vergleich her-gezogenen Öllackierungen ebenbürtig, bei Holzlackierun-gen ist die Art des Holzes von großem Einfluß auf die Beständigkeit der Lackierungen. Gute Festigkeit und Härte machen die Nitrolacke für Holzlackierungen in Innenräumen geeignet, es fehlt ihnen aber noch die Wetterfestigkeit der Öllackierungen.

Die Verfasser haben es verstanden, die verwickelten Verhältnisse in Wort und zeichnerischer Darstellung klar und anschaulich darzulegen. Der Wert ihrer Untersuchungen wird dadurch nicht geringer, daß die Lackindustrie stetig fortschreitet und die vergleichenden Werturteile in einiger Zeit überholt sein werden; stehen doch die Nitrozelluloselacke erst im Beginn ihrer Entwicklung.
[E 3708] *Wilborn*

**The principles of underdrainage.** Von *Reginald David Walker.* London 1929, Chapman & Hall. 223 S. m. 70 Abb. Preis 15 sh.

Gemäß der überragenden volkswirtschaftlichen Bedeutung der Verbesserung der landwirtschaftlich genutzten Böden ist über die Kunst der unterirdischen Entwässerung oder Dränung des Bodens eine umfangreiche Literatur erstanden. Erst der jüngsten Zeit gehört die vielseitige Anwendung der Dränung in der Tiefbautechnik an, weshalb es nicht verwunderlich ist, wenn uns ein zusammenfassendes Werk über die allgemeine Anwendung dieser Kunst bisher mangelte. Mit der Herausgabe des jüngst erschienenen Werkes hat *Walker* eine wesentliche Lücke in der technischen Literatur ausgefüllt.

In klarer und übersichtlicher Weise ist der gewaltige Stoff in siebzehn Kapitel mit einem Anhang aufgeteilt. Fünfzehn meisterlich ausgewählte Aufnahmen aus dem Arbeitsgebiet des Verfassers in Hinterindien, dreißig technische Darstellungen und siebzig Zahlentafeln tragen zum Verständnis der knappen Textfassung bei. Von besonderer Wichtigkeit ist, daß sich die Dränung als wirkungsvollstes Mittel zur Gesundung fieberverseuchter Landstriche erwiesen hat.

Zur Unterrichtung über die wissenschaftlichen Grundlagen der Entwässerung und Dränung im allgemeinen wie zum Studium der vielseitigen Anwendung dieser Kunst im Tiefbau und in der Landwirtschaft unter tropischen Verhältnissen kann das Werk bestens empfohlen werden. [E 3669] *Herrmann*

**Luegers Lexikon der gesamten Technik.** 3. Aufl. Herausgeg. von *E. Frey.* 1. bis 5. Bd.: A bis Schiffbau. Stuttgart, Berlin und Leipzig 1926/28, Deutsche Verlagsanstalt. Je Band 808 bis 859 S. m. zahlr. Abb. Preis je 45 *RM.*

Nachschlagewerke wie dieses Lexikon der Technik müssen, um wertvoll zu sein, in unserer Zeit stets dem neueren Stand der Dinge entsprechen, weil ja gerade in der Technik der letzten Jahrzehnte so ungeheure Fortschritte gemacht worden sind, die sie erfassen und ihren Benutzern mitteilen müssen. Es war daher notwendig, daß der „Lueger" neu aufgelegt wurde, und seit 1926 erscheinen nun in Abständen die verschiedenen Bände. Bis heute liegen die fünf ersten vor. Ein inhaltreiches Werk geht so wieder seiner Vollendung entgegen. Für welche Zeit es in dieser Fassung genügen wird, das wissen wir heute noch nicht. Auch gegen den Stand der heutigen Technik ist es seit dem Erscheinen des ersten Bandes der neuen Auflage an manchen Stellen schon wieder etwas zurückgeblieben.

Auf allen Gebieten der Technik weist das Mitarbeiterverzeichnis wieder erste Fachleute auf. Den Registerband, der neuerdings als siebenter und Schlußband der Reihe erscheinen soll, darf man mit Spannung erwarten, um darin festzustellen, wie inhaltreich und umfassend das Werk ist; denn aus dem Durchblättern erhält man sicher nicht den richtigen Eindruck. Zum Inhalt Stellung zu nehmen ist hier unmöglich, weil niemand so genau diese vielen Gebiete beherrscht, um mit gutem Gewissen loben oder tadeln zu können. Aber die Namen der Mitarbeiter dürften uns für den sachlichen Inhalt Gewähr leisten. Daß einige Stichworte, deren Fehlen bereits von dem Besprecher der 2. Auflage bemängelt wurde (1906), auch dieses Mal noch nicht zu finden sind, dürfte danach wohl im Plan des Herausgebers liegen

Was wir beurteilen können bei Stichproben und beim Durchblättern, ist hauptsächlich das Äußere, und hier müssen wir bedauernd feststellen, daß die Übersichtlichkeit nicht hervorragend ist. Infolge der Beschränkung auf 6 Bände hat man viel Text in kleinem Druck wiedergeben müssen. Auf den breiten Seiten ist dieser schwer zu lesen. Auch die vielen Abbildungen, deren ungemein große Zahl garnicht anzugeben ist, weil sie nicht durchnummeriert sind, leiden z. T. stark unter dieser Raumbeschränkung, führen auch bedauerlicherweise nicht immer Unterschriften auf. Ein Verzicht auf die Menge zu Gunsten von Größe und Klarheit hätte hier sicher genützt.

So nehmen wir es hin, wie es ist, als Nachschlagewerk von hohem Wert, als Führer auf allen Gebieten der Technik, hier allgemein unterrichtend, dort tiefer in die Fragen eindringend. [E 3677] *Is.*

**Vorlesungen über Maschinenelemente.** Von *M. ten Bosch.* 4. H.: Reib- und Rädertriebe. Berlin 1929, Julius Springer. 97 S. m. 196 Abb. Preis 7,80 *RM.*

**Kurzer Leitfaden der Elektrotechnik.** Von *Rudolf Krause.* 5. Aufl. bearb. von *W. Vieweger.* Berlin 1929, Julius Springer. 275 S. m. 413 Abb. Preis 11,50 *RM.*

Chemie und Technik der Gegenwart, 10. Bd.: **Die Korrosion** unter Berücksichtigung des Materialschutzes. Von *O. Kröhnke, E. Maaß, W. Beck.* 1. T. Allgemeiner und theoretischer Teil. Leipzig 1929, S. Hirzel. 208 S. m. 43 Abb. Preis 17,50 *RM.*

**Eine Dauerbiegemaschine mit schwingendem, in der Meßstrecke gleichmäßig beanspruchtem Probestab.** Von *Gerd Stieler von Heydekampf.* Berlin 1929, NEM-Verlag. 40 S. m. 40 Abb. Preis 4 *RM.*

Eidgenössische Materialprüfungsanstalt an der E. T. H. in Zürich, Diskussionsbericht Nr. 34: **Versuche zur Klärung der Frage der Bruchgefahr.** 3. T.: Metalle. Zürich 1929, Selbstverlag. 59 S. m. 129 Abb. Preis 10 Fr.

**Die Sicherung geschweißter Nähte.** Im Auftrag des Schweizerischen Vereins von Dampfkessel-Besitzern herausgeg. von *E. Höhn.* Berlin 1929, Julius Springer. 100 S. m. 119 Abb. Preis 3 *RM.* (Ein Auszug erscheint in der Zeitschrift „Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen".)

**Mitteilungen des Hydraulischen Instituts der Technischen Hochschule München.** Herausgeg von *D. Thoma.* 3. H. München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 163 S. m. 233 Abb. Preis 12 *RM.*

Sammlung von Beispielen und Aufgaben aus der **Technischen Mechanik und Festigkeitslehre.** Von *P. Menert.* 4. T.: Mechanik der flüssigen sowie der gas- und dampfförmigen Körper. Bearb. von *A. Weiske.* Leipzig und Wien 1929, Franz Deuticke. 39 S. m. 23 Abb. Preis 2 *RM.*

Handbuch für Eisenbetonbau, 3. Aufl. 6. Bd. 1. Lfg.: **Balkenbrücken.** Von *W. Gehler.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 96 S. m. 191 Abb. Preis 6,80 *RM.*

**Einflüsse auf Beton.** Herausgeg. von *A. Kleinlogel, F. Hundeshagen* und *Otto Graf.* 3. Aufl. 2. Lfg. Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. S. 97 bis 192 m. Abb. 44 bis 78. Preis 6 *RM.*

**Die Berechnung von kreisförmig begrenzten Pilzdecken bei zentralsymmetrischer Belastung.** Von *K. Hajnal-Kónyi.* Berlin 1929, Julius Springer. 135 S. m. 26 Abb. Preis 12 *RM.*

**Die wirtschaftliche Betonmischung.** Von *Karl Brausewetter.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 103 S. m. 39 Abb. Preis 4,80 *RM.*

**Matériaux des constructions civiles et des travaux publics,** 2. T.: Les liants, chaux, ciments, platres, goudrons et bitumes. Von *Edmond Marcotte.* Paris 1929, Gauthier-Villars & Cie. 415 S. m. 116 Abb. Preis 80 Frs.

Bibliothèque Technologique. **La céramique industrielle.** Von *Albert Granger.* 1. u. 2. T. Paris 1929, Gauthier-Villars & Cie. 920 S. m. 397 Abb. Preis zus. 150 Frs.

**Das Hollerith-Lochkartenverfahren.** Von *Robert Feindl.* Berlin 1929, Reimar Hobbing. 425 S. m. 172 Abb. Pr 30 *RM.*

Münchener Beiträge zur wirtschaftswissenschaftlichen F schung, 2. H.: **Durchführungsmöglichkeiten der ku fristigen Erfolgsrechnung.** Von *Eugen Geyrhalter.* Mi chen und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 76 S. Preis 4 *RM.*

Beihefte zum Zentralblatt für Gewerbehygiene und Unfa verhütung, 15. H.: **Die gewerbliche Staublungenerkr kung.** 146 S. m. 15 Abb. Preis 11 *RM.* — Schriften aus d Gesamtgebiet der Gewerbehygiene, N. F. 26. H.: **Gewerl staub und Lungentuberkulose.** 2. T. 125 S. m. 56 A Preis 21 *RM.* Berlin 1929, Julius Springer.

48. Sonderheft zum Reichsarbeitsblatt: **Jahresberichte d gewerblichen Berufsgenossenschaften über Unfallv hütung für 1928.** Herausgeg. vom Reichsarbeitsminis rium. Berlin 1929, Reimar Hobbing. 625 S. m. 346 A Preis 32 *RM.*

**Lehr- und Aufgabenbuch der Algebra.** Von *Düsing.* 2. Au bearbeitet von *E. Wilde.* Leipzig 1929, Dr. Max Jänec 192 S. m. 32 Abb. Preis 3,90 *RM.*

**Die Illustrationsverfahren.** Von *Otto Krüger.* 2. Au Leipzig 1929, F. A. Brockhaus. 372 S. m. 265 Abb. 90 Taf. Preis 33 *RM.*

**Wirkereilehre.** Von *Wilhelm Schmitz.* 1. T.: Warenkun Berlin 1929, Julius Springer. 134 S. m. 151 Abb. Pre 11 *RM.*

Deutscher Verein von Gas- und Wasserfachmännern e. **39. Zusammenstellung der Betriebsergebnisse von Wass werken.** Betriebsjahr 1927/28. Bearbeiter *Schröder u Schütte.* Berlin 1929, Geschäftstelle des Vereins. 65 Preis 15 *RM.*

**Statistik der Elektrizitätswerke Rumäniens.** 1928. Herau geg. von der Vereinigung der Elektrizitätswerke D. Geb. Rumäniens. Hermannstadt-Sibiu 1929, Geschä stelle der Vereinigung. 114 S. Preis 10 *RM.*

DIN-Taschenbuch 13: **Installationsmaterial.** Herausge vom Verband Deutscher Elektrotechniker und dem De schen Normenausschuß. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 78 Preis 2 *RM.*

## *Berichtigungen*

### Druckzähigkeit

Dr. *Kyropulos,* Göttingen, macht mich freundlich darauf aufmerksam, daß es sich bei dem Castor-Oil A 5 meiner Arbeit in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 42 S. 1502, um rein Rizinusöl handelt. Damit dürfte übrigens auch wiesen sein, daß die früheren Ergebnisse von *Hyde* (ver Forschungsheft 291) an diesem Öl durch andre Erscheinu gen in den Meßkapillaren verfälscht wurden.

Der Druck wurde mittels Manganinspulen, nic mit Kohlen gemessen. [N 3773 b] *Kießkalt*

### Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung

In dem Aufsatz Z. Bd. 73 (1929) Nr. 44 S. 1581 v Prof. Dr. *H. Faßbender,* Berlin, muß die Unterschrift Abb. 4 richtig heißen „Kosinusdiagramm" st „Konusdiagramm". [N 3773 a]

**Schluß des Textteiles**

## *I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Aufzeichnen schneller Schwingungen nach dem Ritzverfahren. Von *W. Pabst* | 1629 |
| Holz und Schule | 1634 |
| Risse in einem Schlammablaßstutzen | 1634 |
| Die Halle der Baumesse in Leipzig. Von *H. Schmuckler* | 1635 |
| Ein drehbarer Holzgreifer | 1640 |
| Die 1 D 2-Drillings-Schnellzuglokomotive der Österreichischen Bundesbahnen. Von *O. Seidl* | 1641 |
| Untersuchungen an Einzelkristallen aus Kupfer und Messing. Von *J. Weerts* | 1644 |
| Zinnfreie Legierungen für Kurbelwellenlager | 1646 |
| Drucklufterzeugung vor Ort. Von *Rothmann* | 1647 |
| Elastische Formänderungen gezogener Holzstäbe. Von *H. Sieglerschmidt* und *J. Stamer* | 1649 |
| Bekämpfung des Verkehrslärms | 1650 |
| Rundschau: Untersuchungen an Holzhobelmaschinen — Ketten- und Stangenschrämmaschinen im Steinkohlenbergbau — Verhütung von Doppelfäden an Spinnmaschinen — Membranmeßgerät für Flüssigkeiten — Toleranzen bei elektrischen Maschinen und Apparaten — Nadellager für Kolbenbolzen — Verluste der Riementriebe bei Verwendung kleiner Scheiben — Kleine Mitteilungen | 16 |
| Bücherschau: Untersuchungen über die Strömungen des Wassers in konvergenten und divergenten Kanälen. Von *J. Nikuradse* — Über den Strömungsverlust in gekrümmten Kanälen. Von *H. Nippert* — Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung zu Berlin-Dahlem — Lehrbuch der Metallkunde. Von *F. Sauerwald* — Kostenberechnung im Ingenieurbau. Von *H. Ritter* — Vergleichende Untersuchung über Öl- und Nitrozelluloselacke. Von *H. Wolff* und *W. Toeldte* — The principles of underdrainage. Von *R. D. Walker* — Luegers Lexikon der gesamten Technik. Von *E. Frey* — Eingänge | 16 |
| Berichtigungen: Druckzähigkeit — Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung | 16 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß,* in Vertr. *K. Meyer,* Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
Bd. 73 SONNABEND, 23. NOVEMBER 1929 Nr. 47

Abb. 1

# Die Motorjacht „Cyprus"

## — erbaut auf der Fried. Krupp-Germaniawerft, Aktiengesellschaft, Kiel —

*Von Oberingenieur E. CORDS, Kiel*

(Hierzu Bildblatt 9 und 10)

*Die Germaniawerft, Kiel, hat in den letzten Jahren eine ansehnliche Jachtenflotte für amerikanische Finanzleute erbaut. Bemerkenswert ist hier besonders die Motorjacht „Cyprus", die sich seit einigen Monaten in Dienst befindet. Sie ist geräumig und nach neuzeitlichem Geschmack eingerichtet, mit allen nautischen und Sicherheitseinrichtungen versehen und so seetüchtig, daß sie die Fahrt über den Ozean nicht zu scheuen braucht. Eine umfangreiche Maschinenanlage mit zwei Hauptmotoren verleiht der Jacht 15 Kn Geschwindigkeit.*

### Allgemeines über Jachtbau

An dem Ausbau der Jachtenflotte der amerikanischen ...hfinanz hat die Kruppsche Germaniawerft in Kiel her...ragenden Anteil, konnte sie doch im Laufe der letzten ...re nicht weniger als 18 Großjachten mit einer Gesamt...drängung von rd. 20 000 t über den Ozean senden. Wie ... Zahlentafel 1 (S. 1663) ersichtlich, liegen die Einzel...drängungen der Hochseejachten innerhalb der Grenzen ... 330 und 3420 t. Die Dieselmotoren, die die Germania...ft bei allen ihren Jachten eingebaut hat, haben sich in ...gjährigem Dauerbetrieb als zuverlässige und betrieb...ere Antriebmaschinen bewährt. Gleiche Anerkennung ...den in Amerika die einzelnen Jachten hinsichtlich der ...ausführung des Schiffskörpers selbst und der gesamten ...eneinrichtungen. Nicht nur bei den vertraglich fest...gten Probefahrten in der Ostsee, sondern vor allen ...gen bei der Reise über den Atlantik waren Schiff und ...schine gewaltigen Beanspruchungen ausgesetzt und ...en sich hierbei gegenüber Schiffen größter Abmessun... und Maschinenstärken als ebenbürtig erwiesen. Ein ...spiel hierfür ist die Motorjacht „Queen Anne", die sich ...erzeit in der Nähe des englischen Dampfers „Vestris" befand und sich mit ihrer geringen Verdrängung von nur 620 t gegen die Wogen des Ozeans bei orkanartigem Sturm zu behaupten vermochte. Selbst die „Mauretania" erlitt damals nicht unerheblichen Schaden.

### Die Jacht „Cyprus"

Eine größere Jacht, die im letzten Sommer an ihren Eigner, Colonel *W. C. Jackling*, San Franzisko, abgeliefert worden ist, ist die Motorjacht „Cyprus", Abb. 1, die eine Verdrängung von rd. 1440 t hat. Sie ist unter Aufsicht des Lloyds Register of Shipping erbaut worden und entspricht in den Bemessungen ihrer Bauteile der höchsten Klasse 100 A1 von Lloyds Yacht-Register.

Die Hauptangaben über die Jacht sind folgende:

| | |
|---|---|
| Länge über alles | 75,43 m |
| Länge in der Wasserlinie | 62,78 m |
| Größte Breite | 10,36 m |
| Seitenhöhe | 5,79 m |
| Konstruktionstiefgang | 3,81 m |

Verdrängung bei diesem Tiefgang etwa 1440 t zu je 1000 kg.

Abb. 2

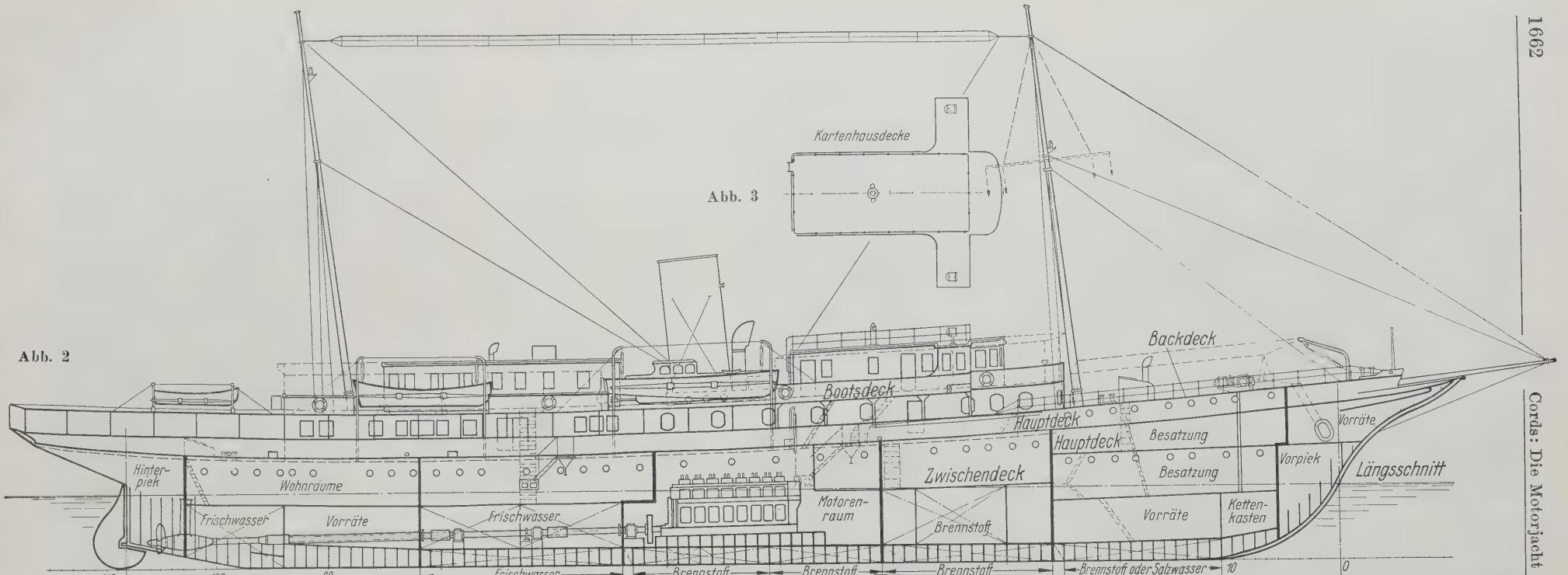



Abb. 3

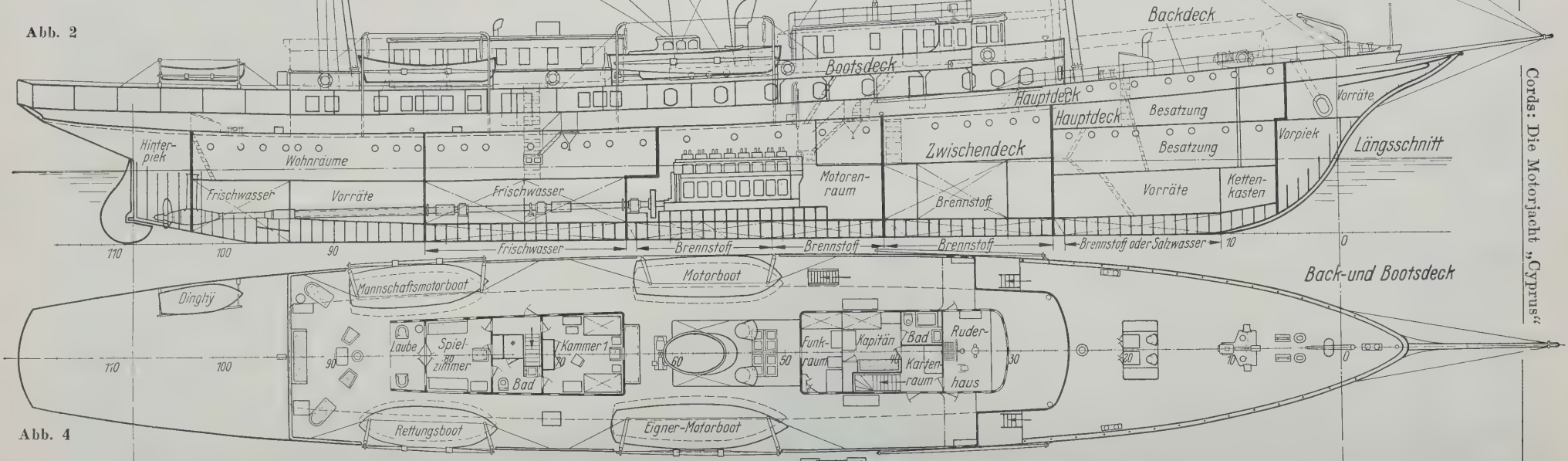



Abb. 4

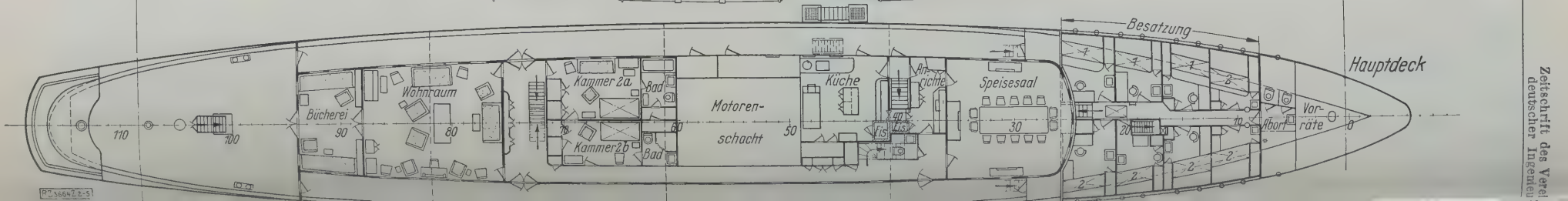

Besatzung
Hauptdeck
Bücherei
90
Wohnraum
80
Kammer 2a
70
Bad
Kammer 2b
Bad
60
Motoren-schacht
50
Küche
Anrichte
40
Vis
Vis
Speisesaal
30
20
10
Abort
Vor-räte
0
110
100
2
2
2

**Abb. 2 bis 7**
**Längsschnitt und Deckpläne der Motorjacht „Cyprus“. M. 1 : 300.**

Abb. 6

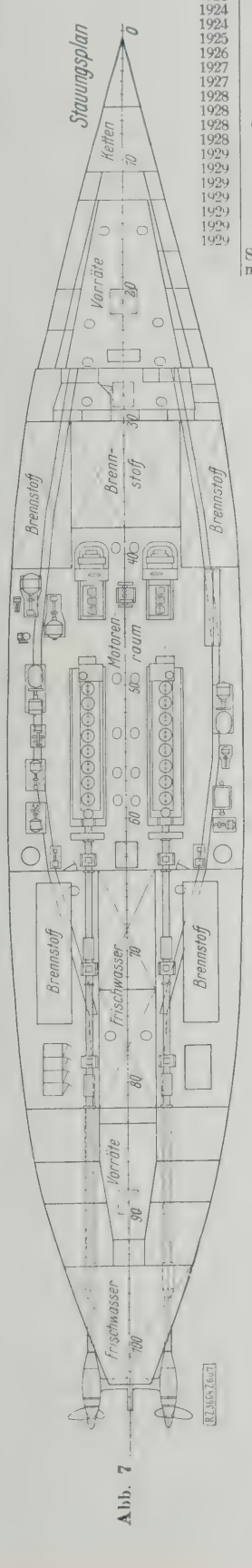



Abb. 7

**Zahlentafel 1. Auf der Germaniawerft erbaute Jachten**

| Baujahr | Name der Jacht | Eigner | Verdrängung t | Dieselmotor $N_e$ in PS | Länge über alles m |
|---|---|---|---|---|---|
| 1923 | Nimet-Allah | H. H. Abbas Hilmi II., Khedive v. Ägypten | 1160 | 1700 | 70,5 |
| 1923 | Ripple | Clifford M. Leonard, Chikago | 330 | 500 | 40,8 |
| 1924 | Oceanus | John W. Kiser, New York | 445 | 600 | 47,7 |
| 1924 | Warrior | C. G. K. Billings, Santa Barbara, U. S. A. | 1470 | 1650 | 73,3 |
| 1925 | Caritas | J. Percy Bartram, New York | 495 | 600 | 47,8 |
| 1926 | Jezebel | Thomas L. Chadbourne, New York | 630 | 750 | 51,8 |
| 1927 | Happy Days | I. C. Copley, Aurora, Illinois, U. S. A. | 680 | 800 | 59,7 |
| 1927 | Cressida | Hermann Oelrichs, New York | 540 | 250 | 52,4 |
| 1928 | Nourmahal | Vincent Astor, New York | 2830 | 3200 | 80,4 |
| 1928 | Coronet | Irving T. Bush, New York | 620 | 800 | 56,5 |
| 1928 | Queen Anne | I. E. Emerson, Baltimore, U. S. A. | 620 | 800 | 56,5 |
| 1928 | Vagabondia | W. L. Mellon, Pittsburgh, U. S. A. | 1050 | 1600 | 67,7 |
| 1929 | Cyprus | W. C. Jackling, San Franzisko | 1440 | 2200 | 75,4 |
| 1929 | Haida | Max C. Fleischmann, New York | 940 | 1500 | 66,4 |
| 1929 | Amida | Ernst R. Behrend, Erie, Pennsylvania, U. S. A. | 670 | 800 | 59,4 |
| 1929 | Lone Star | George G. Bourne, New York | 620 | 800 | 52,3 |
| 1929 | Orion | Julius Forstmann, New York | 3420 | 3600 | 101,5 |
| 1929 | Carissima | J. A. Talbot, Los Angeles, California, U. S. A. | 775 | 1070 | 56,2 |
| 1929 | S 511 Schoonerjacht mit Hilfsmotor | Walter G. Ladd, New York | 400 | 200 | 40,9 |

Maschinenanlage:
Zwei achtzylindrige einfachwirkende Viertakt-Schiffsdieselmotoren, Bauart Krupp-Germaniawerft, von insgesamt 2200 PS Nutzleistung.

| | |
|---|---|
| Zylinderdurchmesser | 400 mm |
| Hub | 670 mm |
| Drehzahl | 260 U/min |
| Vertragliche Geschwindigkeit | 15 Kn |

Vermessung:

| | | |
|---|---|---|
| a) | nach der deutschen nationalen Vermessung: | |
| | brutto | 1033,50 R.-T. |
| | netto | 413,46 R.-T. |
| b) | nach der Panamakanal-Vermessung: | |
| | brutto | 950,10 R.-T. |
| | netto | 558,26 R.-T. |
| c) | nach der Suezkanal-Vermessung: | |
| | brutto | 1039,27 R.-T. |
| | netto | 595,48 R.-T. |

### Bau und Einteilung des Schiffskörpers

Aus dem Längsschnitt und den Deckplänen, Abb. 2 bis 7, ist die allgemeine Anordnung und Verteilung der Räumlichkeiten, Maschinenanlage usw. zu erkennen. Der ausladende Klippersteven, das überhängende Heck, sowie die Gesamtlinien des Überwasserschiffes kennzeichnen den Jachtcharakter des Fahrzeugs.

Das Hauptspant, Abb. 8 bis 10, zeigt die Anordnung und Verteilung der Werkstoffmaße. Das Schiff hat einen Doppelboden mit weitgehender Unterteilung; sechs wasserdichte Schotte teilen den Raum unter Hauptdeck in sieben wasserdichte Abteilungen ein. Die Hauptölbehälter, Abb. 7, liegen vor dem Maschinenraum, während der Trinkwasservorrat in zwei Hochbehältern zwischen dem Wellentunnel und in der Hinterpiek gefahren wird. Außerdem kann der Doppelboden unter und vor dem Maschinenraum noch einen großen Vorrat an Brennstoff für die Hauptmotoren aufnehmen; im übrigen Teil des Doppelbodens ist Schmieröl und Wasserballast untergebracht.

An Zuladungen von Brennstoff, Trinkwasser usw. können folgende Mengen mitgenommen werden:

| | | |
|---|---|---|
| a) | Brennstoff in Hochbehältern und Doppelboden | 264 t |
| b) | Trinkwasser in Hochbehältern | 80 t |
| c) | Frischwasser im Doppelboden | 30 t |
| d) | Wasserballast im Doppelboden | 30 t |

Zum Überwachen der Ölmengen in den Brennstoffbunkern dienen Ölstandanzeiger, die mit Luftdruck arbeiten.

Die Besatzung besteht aus:
9 Offizieren,
6 Unteroffizieren und
22 Matrosen, Stewards, Köchen usw.,
insgesamt 37 Köpfen.

### Einrichtung

Eine übertriebene Pracht der Einrichtung, wie man sie auf der Jacht eines amerikanischen Millionärs vermuten könnte, ist keineswegs vorhanden. Sämtliche Räume zeichnen sich durch eine behagliche Wohnlichkeit aus, bei der die vornehme Gediegenheit in der Wahl der Gesamt-

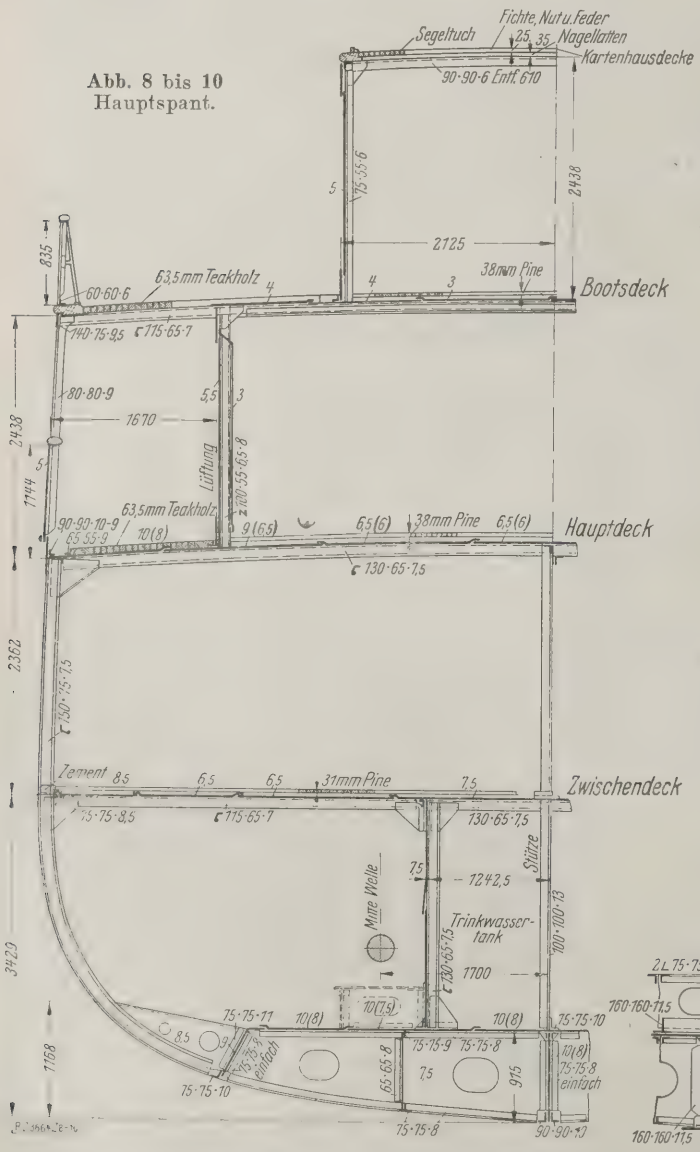
einrichtung ausschlaggebend gewesen ist. Überall sind durch große Seitenfenster in den Außenwänden helle Räume entstanden, deren Größe es erlaubt, die an Land üblichen Mittel neuzeitlicher Raumkunst und Gestaltung anzuwenden. Der Gesamtrahmen, in den sich die mit feinsinnigem Geschmack zusammengestellte Möbeleinrichtung einfügt, wird bestimmt durch hölzerne Wand- und Deckenverkleidungen, entweder in lichtfarbiger Schleiflackausführung oder in sorgfältig ausgewählter Edelholzausführung mit Maserung. Die Farben der Möbelbezüge, Teppiche, Seidenschirme der Beleuchtungskörper und Kissen sind gegeneinander abgestimmt und sind maßgebend für den Gesamteindruck der Räume.

Die Räume sind zweckmäßig so gegliedert, daß für den Eigner, seine Gäste und die Besatzung je ein besonderer Bereich vorhanden ist. Der gesamte Aufbau (das Haus) auf dem durchgehenden Hauptdeck und der achtere Aufbau auf dem Bootsdeck dienen in erster Linie den Anforderungen des gesellschaftlichen Lebens für den Eigner und seine Gäste. Der Speisesaal, Abb. 11[1]), ist mit Anrichte und Küche im vorderen Teil untergebracht; die großen Fenster in der Frontwand des Hauptaufbaues gestatten über das freie Vorderdeck einen Ausblick auf die See. Die Kühlräume für den Mundvorrat liegen unmittelbar unter den oberen Wirtschaftsräumen und sind d eine Treppe leicht zu erreichen. Vom Speisesaal ge man durch einen Gang an Steuerbordseite zum T wohnraum, Abb. 12, und zur Bücherei, Abb. 13, v an den Schlafräumen des Eigners. Auf dem f Achterdeck befinden sich leichte Möbel und ein Lederkissen gepolsterter Hecksitz, Abb. 14. Das k lerisch gestaltete Treppenhaus vermittelt den Zugang oberen Bootsdeck und unteren Zwischendeck. Die ob Gästeräume bestehen aus einem großen Schlafzimmer Bad, dem Spielzimmer und einer Decklaube, die auch schlechtem Wetter den Aufenthalt im Freien ermögl Abb. 15 zeigt einen Schlafraum, Abb. 16 die vollstän Einrichtung einer Gastkammer. Die Einrichtung Küche geht aus Abb. 17, Bildblatt 10, hervor.

Da die Boote meistens ausgeschwungen gefahren den, steht die große freie Fläche des Bootsdecks für menaden, Gesellschaftsspiele und für Festlichkeiten Verfügung. Der hintere Teil des Hauptdecks ist durch leichtes, festes Sonnendach geschützt. Die Mehrzahl Gästekammern, aus Schlafraum mit Bad und WC stehend, ist auf dem Zwischendeck hinter dem in der liegenden Maschinenraum angeordnet. Insgesamt kön 14 Gäste samt dem Eigner behaglich untergebracht wer

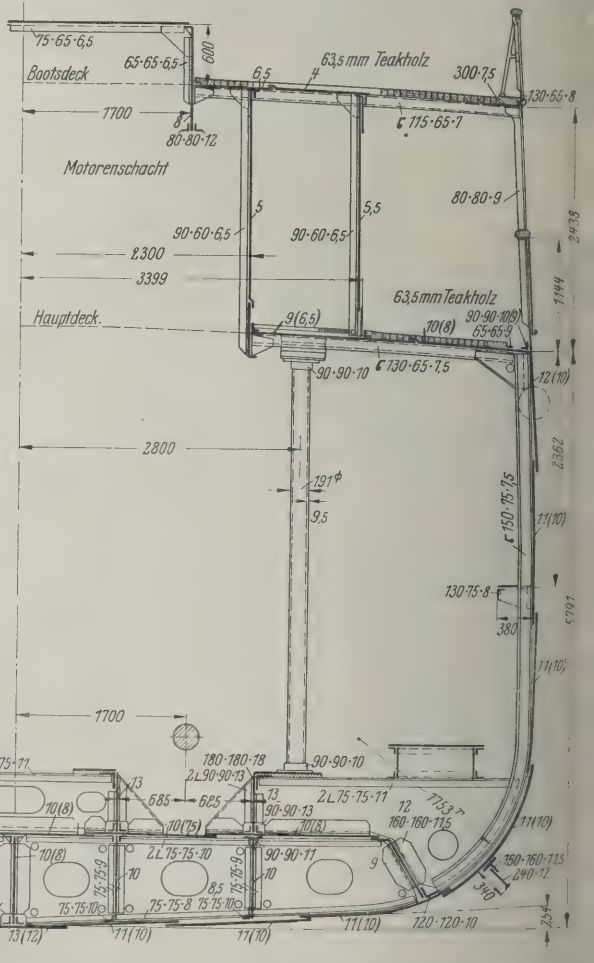
[1]) Bildblatt 9 enthält Abb. 11 bis 15.

**Abb. 8 bis 10**
Hauptspant.




## Ausrüstung

In dem vorderen Haus auf dem Bootsdeck sind Navigationsräume für die Führung des Schiffes, der F raum, sowie Wohnkammer, Schlafkammer und Bad den Kapitän vorgesehen. Die Unterkunftsräume für übrige Besatzung und deren Wirtschaftsräume befi sich unter der Back und im unteren Zwischendeck. U dem vorderen und hinteren Zwischendeck liegen die ratsräume.



# Cords: Die Motorjacht „Cyprus“



Abb. 11. Speisesaal



Abb. 12. Wohnraum



Abb. 13. Bücherei



Abb. 14. Blick auf das Achterdeck



Abb. 15. Schlafraum (Kammer 3)

# Cords: Die Motorjacht „Cyprus“

**Abb. 17**
Kücheneinrichtung mit elektrisch angetriebenen Küchenmaschinen. Die Herde haben Ölfeuerung mit fein regelbaren Brennern.

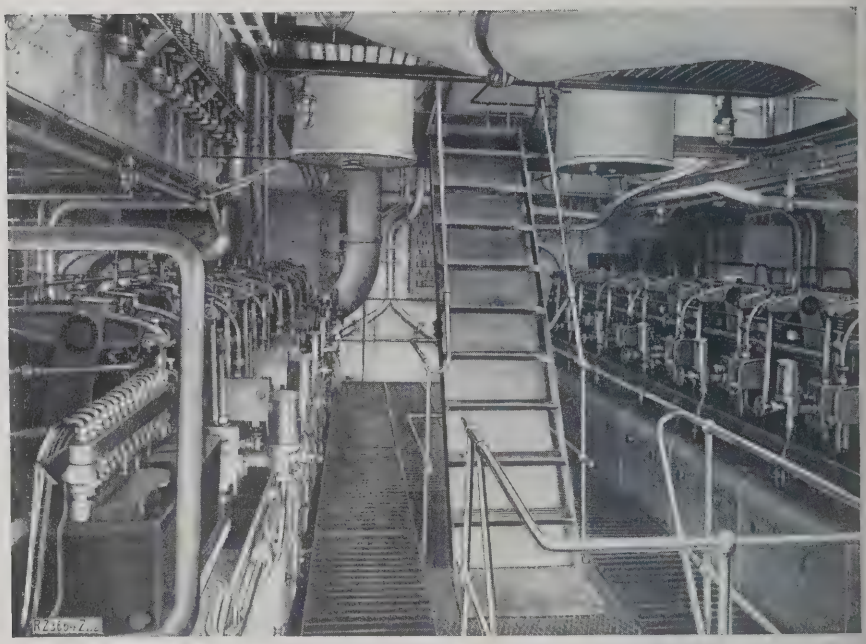


**Abb. 22**
Blick in den Maschinenraum nach achtern in Höhe der Zwischenbühne zwischen den Zylindern.

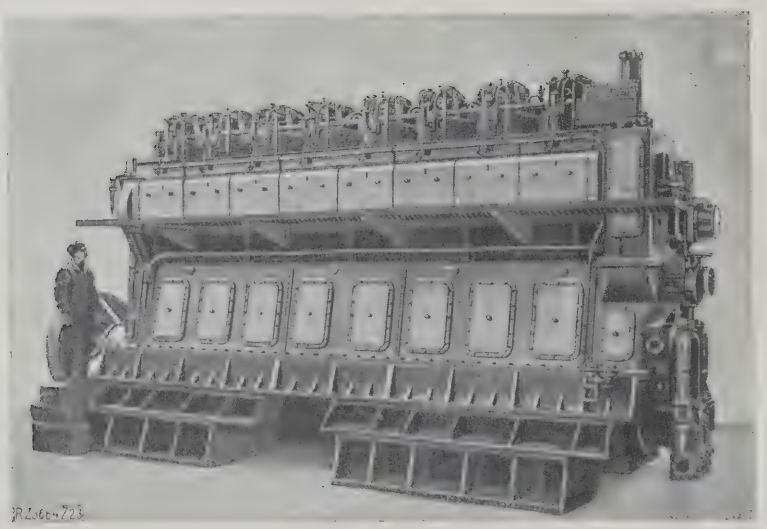


**Abb. 23**
Eine der kompressorlosen Viertakt-Dieselmaschinen von 1100 PS Nutzleistung in der Werkstatt der Fried. Krupp-Germaniawerft, Kiel.

Acht Zylinder mit je 400 mm Dmr. und 670 mm Kolbenhub; Drehzahl 260 U/min.

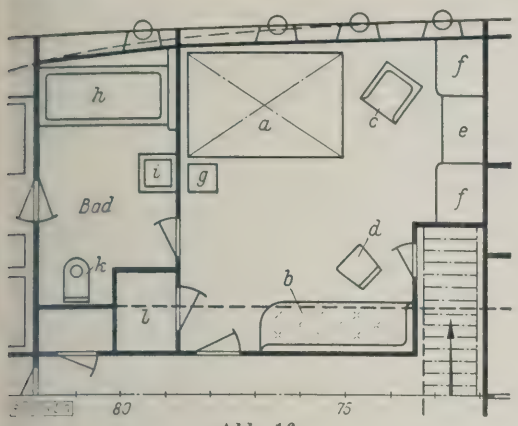



**Abb. 16**
Einrichtung einer Gastkammer (Kammer 5).
*a* Bett *b* Sofa *c* Sessel *d* Stuhl *e* Schreibtisch *f* Kommoden *g* Nachttisch *h* Badewanne *i* Waschtisch *k* Klosett *l* Schrank

Die Lage der Frischwasser-, Brennstoff- und Schmier-hälter ist aus Abb. 2 und 7 ersichtlich.

Bei der oft monatelangen Abwesenheit der Jacht vom nathafen ist es erforderlich, daß der Betrieb an Bord lichst unabhängig von Stützpunkten an Land ist. auf ist die gesamte Einrichtung der Jacht eingestellt. ähnenswert ist eine möglichst vollständig ausgerüstete kstatt zum Ausbessern von Maschinenteilen und eine scherei mit Sondermaschinen.

### Sicherheitseinrichtungen

Die Jacht „Cyprus“ entspricht hinsichtlich ihrer erheitseinrichtungen dem neuesten Stande deutscher nik. Für die Sicherheit des Schiffes muß zunächst einwandfreies Navigieren selbst bei Nebel möglich sein. ist gewährleistet durch alle erforderlichen Hilfsgeräte, Kreiselkompaß, Echolot, Funkpeiler, Unterwasser-llsignale, elektrische Loggeinrichtung, elektrische hlübertragung. Erwähnenswert sind ferner eine ke F T-Anlage, eine Alarmvorrichtung, Rundfunk-fang und -übertragung auf fünf Lautsprecher und ießlich eine Tyfonanlage, die bei Nebel selbsttätig estimmten Zeitabständen Signale geben kann.

Für den Verkehr mit dem Lande stehen dem Eigner seinen Gästen zwei Motorboote zur Verfügung, für Besatzung eine Motorbarkasse; außerdem ist noch ein tungsboot und ein Dinghy vorhanden.

### Gesundheitliche und sonstige Einrichtungen

Beim Durcharbeiten der Pläne für die Jacht ist den ndheitlichen Einrichtungen besondere Aufmerksam-gewidmet worden. Für Eigner, Gäste und Besatzung zahlreiche Bäder vorhanden, die sich in ihrer mten Ausstattung der Gediegenheit aller Einrich-gen anpassen. Der Speisung der Bäder und Wasch-ken dienen Seewasser- und Frischwasserleitungen rm und kalt), die an Druckbehälter angeschlossen . Die Badekammern für Eigner und Gäste können trisch geheizt werden. Eine weitverzweigte Lüft-ge sorgt für wirksame Lüftung aller Räume, so selbst in den Tropen der Aufenthalt in den Innen-men erträglich ist. Dem Schutze gegen Moskitos en Einsätze aus feinmaschigem Bronzedraht. Gegen schlag können Türen und Fenster durch Vorsatz-den geschützt werden.

Die Küchenherde haben Ölfeuerung, deren Brenner Feinregelung der Wärmezufuhr gestatten. Elek-ch angetriebene Küchenmaschinen aller Art stehen Verfügung; ein reicher Bestand an Küchengeschirr, em Porzellangeschirr und Gläsern vervollständigt Ausrüstung.

### Maschinenanlage

Zum Antrieb des Schiffes dienen zwei umsteuer-kompressorlose achtzylindrige Viertakt-Dieselmaschi-, Bauart Krupp, von je 1100 PS bei 260 U/min, 400 mm -Dmr. und 670 mm Hub, Abb. 18 bis 21. Jeder Zylinder eine eigene Brennstoffpumpe, die den Brennstoff so stark verdichtet, daß er ohne Zuhilfenahme von Einblaseluft zerstäubt wird. Grundplatte, Kurbelkasten und Zylindermäntel bilden einen geschlossenen Rahmen hoher Festigkeit. Die gußeisernen Gestellteile sind von wechselnden Kräften entlastet; sie werden durch kräftige Anker, die von Oberkante Zylinder bis in die Grundplatte gehen, unter derartige Druckspanung gesetzt, daß ein Spannungswechsel nicht stattfindet. Alle Lager werden mit Drucköl geschmiert; das Öl wird in einem Ablaufbehälter gesammelt und durch einen Filter wieder dem Kreislauf zugeführt.

Die Motoren, Abb. 22[2]), lassen sich unmittelbar umsteuern. Anlassen, Stoppen und Umsteuern geschieht von einem Handgriff aus, der für ein vollständiges Umsteuermanöver eine volle Kreisbewegung ausführt. Der Antworthebel des Maschinentelegraphen stellt die erwünschte Gangrichtung ein und schließt Irrtümer beim Manövrieren aus. Das Umsteuern erfolgt mittels Druckluft von 25 at. Zum Aufspeichern der Druckluft dienen acht Anlaßflaschen, die für einen Druck von 65 at gebaut sind.

Jeder Motor ist mit einer angehängten Kühlwasser-Kolbenpumpe und einer Zahnrad-Schmierölpumpe ausgerüstet. Große Schalldämpfer halten jedes störende Geräusch, auch bei voller Belastung, zurück. Diese Dämpfer, wie auch die anschließenden Auspuffrohre, sind mit Wasser gekühlt. Abb. 23[2]) zeigt einen Motor in der Werkstatt.

Die Motoren arbeiten unmittelbar auf die Schraubenwellen. Jede Wellenseite besteht aus Schwanzwelle und zwei Zwischenwellen, die untereinander mittels Schalenkupplungen aus Stahlguß verbunden sind. Die Schwanzwelle hat man unterteilt, um ihre Besichtigung im Dock zu erleichtern. Die beiden Teile sind mittels einer Kegelkupplung verbunden, die hinter dem Stevenrohr nach dessen Austritt aus der Wellenhose liegt. Die Wellendurchmesser sind nach den Vorschriften des Britischen Lloyd unter Berücksichtigung der kritischen Drehzahlen berechnet. Die Lauflager sind als Ringschmierlager ausgebildet und mit Wasserkühlung versehen. Als Drucklager wird ein Einscheibendrucklager, Bauart Germaniawerft, verwendet, das mit dem Hauptmotor verbunden ist.

Der Durchmesser der dreiflügeligen, in einem Stück gegossenen Schrauben beträgt 2200 mm.

### Hilfsmaschinen

Zum Erzeugen des elektrischen Stromes für Kraft- und Beleuchtungszwecke dienen zwei kompressorlose Dreizylinder-Viertaktmotoren, Bauart Krupp, von je 95 PS bei 375 U/min. Die Dieselmotoren sind durch eine starre Kupplung mit einer Gleichstromdynamo von 60 kW und 110 V verbunden. Der Durchmesser der Arbeitszylinder beträgt 230 mm, der Hub 350 mm.

Außerdem sind vorhanden:

Zwei durch Elektromotor angetriebene, zweistufige Kompressoren für je 1,5 m³/min Ansaugeleistung und 65 at Höchstdruck, Motorleistung 41 PS.

Ein Dieselkompressor für etwa 0,3 m³/min angesaugte Luft und 65 at Höchstdruck. Der Antriebmotor hat einen Zylinder von 6 PS Leistung und läßt sich mit der Hand anwerfen. Die Maschine dient in der Hauptsache als Notbehelf, um bei vollständig erschöpftem Luftvorrat die Anlage wieder in Betrieb zu setzen.

Eine von einem Elektromotor angetriebene Kolbenpumpe für Feuerlösch- und Deckwaschzwecke mit einer Leistung von 45 m³/h. Diese Pumpe kann im Notfall auch für Reservekühlwasser herangezogen werden.

Eine gleiche Pumpe, wie vorher, als Bilgepumpe.

Eine von einem Elektromotor angetriebene Kolbenpumpe mit einer Leistung von 12 m³/h als Brennstoff-Umwälzpumpe (Trimmpumpe).

Eine genau gleiche Pumpe, wie vorher, als Frischwasser-Umwälzpumpe (Trimmpumpe).

Eine von einem Elektromotor angetriebene Zahnradpumpe für eine Leistung von 11 m³/h als Reserve-Schmierölpumpe.

[2]) Bildblatt 10.

Zwei von einem Elektromotor angetriebene Kolbenpumpen für Salz- und Frischwasser mit einer Leistung von je 5 m³/h. Diese beiden Pumpen arbeiten auf einen zugehörigen kupfernen Druckbehälter, der an die im Schiff verzweigte Frisch- und Salzwasseranlage angeschlossen ist. Selbsttätige Anlasser, betätigt durch den jeweilig im Behälter herrschenden Druck, setzen die Pumpen in Tätigkeit oder außer Betrieb.

Zwei von einem Elektromotor angetriebene senkrechte Kreiselpumpen dienen als Schmutzwasserpumpen. Je eine dieser Pumpen befindet sich in den im Maschinenraum und im Vorschiff aufgestellten Behältern, die zur Aufnahme der Klosettabwässer dienen. Der Motor ist auf dem Behälter befestigt und durch eine senkrechte Welle mit der Pumpe verbunden; er wird durch Schwimmer betätigt, die im Behälter eingebaut sind.

Zum Reinigen des Schmieröles und Brennstoffes ist je eine De Laval-Schleudermaschine vorgesehen, geliefert vom Bergedorfer Eisenwerk. Ein elektrisch betätigter Vorwärmer eigener Bauart erwärmt das Schmieröl, bevor es die Schleudermaschine durchläuft. Zur Aufnahme des Schmierölvorrats dienen mehrere Behälter im Wellentunnel sowie im Maschinenraum. Der Brennstoff wird von zwei Brennstoff-Verbrauchbehältern aus durch geeignete Filter den Dieselmotoren zugeführt.

Im Maschinenraum steht ein Luftbehälter zum Aufspeichern von Druckluft von 10 at, die das Tyfon betätigt. Dieser Behälter ist mit den Anlaßflaschen verbunden und wird von hier aus unter Einschalten Druckminderventils selbsttätig gefüllt. Die beiden handenen Tyfone kann man von der Brücke aus weder durch einfachen Seilzug mit der Hand oder trisch bedienen. Nach Einschalten einer Uhr kö sie bei Nebel Warnungsrufe in genauen Zeitabst selbsttätig abgeben.

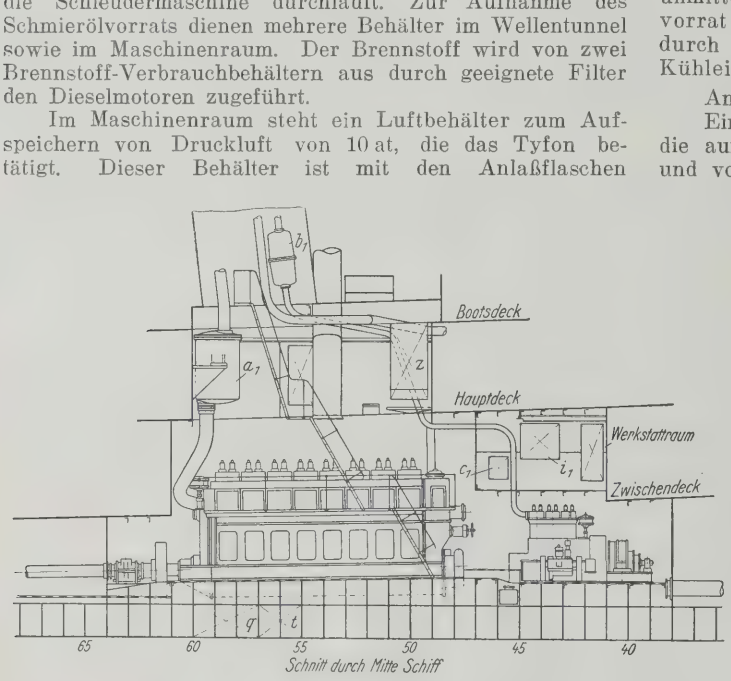
Um bei Fahrten in kalten Gewässern die H maschinen gegen schädliche Einflüsse von zu k Kühlwasser zu schützen, hat man Einrichtunge troffen, die einen Teil des abfließenden warmen wassers dem angesogenen kalten Kühlwasser zufü Für das Anwärmen der Hauptmaschinen vor dem lassen läßt sich das abfließende warme Kühlwasse Dieseldynamos heranziehen.

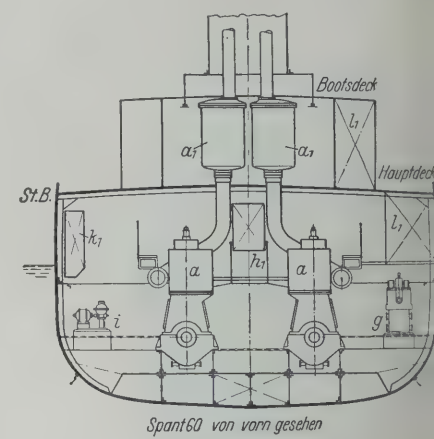
Für Heizungszwecke ist im Maschinenraum ein lich bemessener Warmwasserkessel mit Ölfeue aufgestellt. Eine elektrisch betriebene Kreiselp dient als Umwälzpumpe. Den Ölbrenner hat die Burner Manufacturing Co., San Franzisko, geliefert

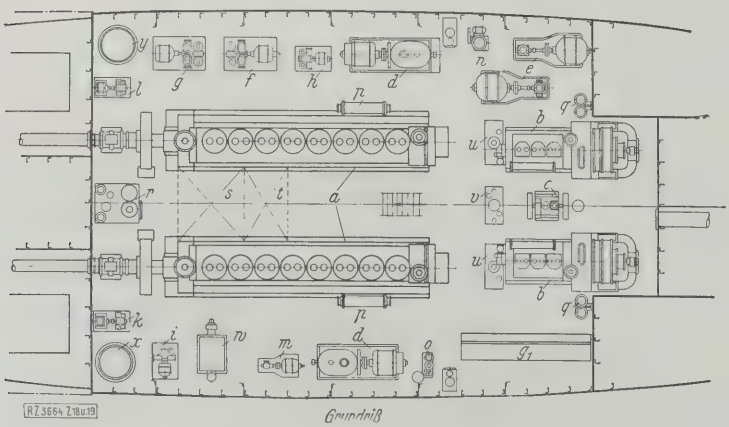
Eine Kühlanlage nach der $NH_3$-Kompressorbauar unmittelbare Verdampfung sorgt dafür, daß der M vorrat stets frisch bleibt. Die Kücheneinrichtung durch Kühlschränke mit selbsttätiger Eisbereitung Kühleinrichtung wertvoll ergänzt.

An Deckhilfsmaschinen sind vorhanden:

Eine elektrisch angetriebene Trommelrudermasc die auf der Plattform im Maschinenraum aufgestel und von der Brücke aus elektrisch wie auch mit



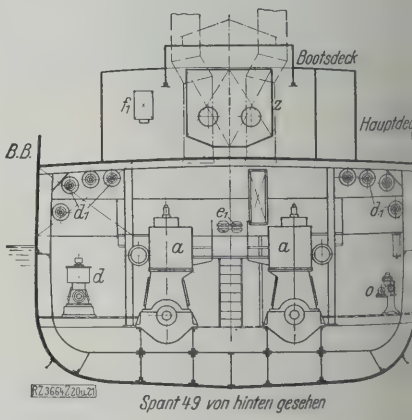




**Abb. 18 bis 21.** Gesamtanordnung der Maschinenanlage.

*a* Hauptmotoren
*b* Dieseldynamos
*c* Dieselkompressor
*d* Hauptverdichter
*e* Eismaschinen
*f* Feuerlöschpumpe
*g* Lenzpumpe
*h* Brennstoff-Förderpumpe
*i* Frischwasser-Förderpumpe
*k* Frischwasser-Kolbenpumpe
*l* Salzwasserpumpe
*m* Ersatz-Schmierölpumpe
*n* Brennstoff-Schleudermaschine
*o* Schmieröl-Schleudermaschine
*p* Schmierölkühler
*q* Schmierölfilter
*r* Schmutzwassertank mit Pumpe
*s* Schmieröl-Sammelbehälter für Hauptmotoren
*t* Schmieröl-Sammelbehälter für gereinigtes Schmieröl
*u* Schmieröl-Sammelbehälter für Dieseldynamos
*v* Brennstoff-Leckbehälter
*w* Warmwasserkessel für Heizung
*x* Druckbehälter für Frischwasseranlage
*y* Druckbehälter für Salzwasseranlage
*z* Brennstoff-Verbrauchsbehälter
$a_1$ Auspufftöpfe für Hauptmaschine
$b_1$ Auspufftöpfe für Dieseldynamos
$c_1$ Kühlanlage
$d_1$ Anlaßluftflaschen
$e_1$ Brennstoffilter
$f_1$ Brennstoffbehälter für Küche
$g_1$ Hauptschalttafel
$h_1$, $i_1$ Nebenschalttafeln
$k_1$ Schmieröl-Verbrauchsbehälter
$l_1$ Akkumulatorenräume

nd betätigt werden kann. Die Maschinenleistung wird ttels eines Drahtseiles auf den Quadranten übertragen.

Eine elektrisch angetriebene Ankerwinde für zwei bhängig voneinander arbeitende Kettennüsse für kerstegketten von 38 mm Dicke. Die Winde ist so be-sen, daß sie imstande ist, beide Anker mit je 50 m tte bei einer Geschwindigkeit von 10 m/min gleich-itig zu hieven.

Eine elektrisch angetriebene Bootswinde mit zwei Spill-pfen von rd. 900 kg Zugkraft an jedem Kopf.

Ein elektrisch angetriebenes Gangspill für eine Zug-aft von 1000 kg am Spillkopf.

### Elektrische Anlage

Die schon erwähnten Dieseldynamos zum Erzeugen s elektrischen Stromes arbeiten in Parallelschaltung f ein Sammelschienenpaar der Hauptschalttafel. Ein eites Schienenpaar ist mit einer Batterie von 600 Ah rbunden. Diese Batterie kann für sämtliche Stromver-aucher teils dauernd, teils vorübergehend in Anspruch nommen werden und besteht aus 200 Edison-Zellen, die zwei Gruppen von je 100 Zellen parallel geschaltet sind.

Die Hauptschalttafel, die auf Steuerbordseite am vor-ren Maschinenraumschott aufgestellt ist, enthält alle r den einwandfreien Betrieb erforderlichen Meßgeräte, cherungen und Schalter. Sie besteht aus vier Einzel-ldern, und zwar einem für die Stromerzeuger, einem eiten für die Batterie; das dritte und vierte Feld enen der Verteilung auf die etwa 40 vorhandenen An-ebmotoren für Hilfsmaschinen und andre Kraftver-braucher. Jeder einzelne Motor ist an der Tafel abschalt-bar, gesichert und meßbar. Für die Stromverteilung auf die Lichtanlage sind zwei Verteiltafeln vorgesehen, und zwar eine für das Vorschiff am vorderen Maschinen-raumschott und eine für das Hinterschiff am hinteren Maschinenraumschott. An der Hauptschalttafel ist eine Umschaltvorrichtung vorgesehen, die die Ruderanlage, die Kreiselkompaßanlage und die Positionslaternen selbsttätig auf die Batterie schaltet, wenn die Spannung der Strom-erzeuger um rd. 15 vH gefallen ist. Kehrt die Spannung wieder, so wird rückwärts umgeschaltet. Die Vorrichtung arbeitet mit Spannungswächtern.

Die einzelnen Anlagen werden, soweit sie mit 12 V arbeiten, durch zwei Hilfsbatterien für je 12 V gespeist, von denen stets eine über eine besondere Ladetafel ge-laden wird, wenn die andre auf Betrieb geschaltet ist. Für die Anlaßbatterien der Beiboote ist eine Ladeeinrich-tung an Bord fest eingebaut.

### Schluß

Für den Aufenthalt an Bord einer Vergnügungs-jacht ist die Schwingungsfrage von großer Bedeutung. Zum Zweck einer einwandfreien Lösung müssen Theorie und Praxis Hand in Hand gehen, und zwar derart, daß die Ergebnisse sorgfältig durchgeführter Festigkeits-rechnungen sich auf eine erstklassige Werkstattausfüh-rung stützen können. Auch in dieser Hinsicht ent-spricht die Motorjacht „Cyprus“ den an sie gestellten Erwartungen. Sie befindet sich seit einigen Monaten in Dienst und hat sich auf allen ihren Fahrten durch ruhige und schwingungsfreie Bewegungen ausgezeichnet.

[B 3664]

## Die Schnelldampferfrage

In der Sommerversammlung der Institution of Naval rchitects in Rom am 17. September hielt General *E. de ito*, der Direktor der Schiffbaugesellschaft Ansaldo in stro-Genua, einen Vortrag über Atlantikschnelldamp-r[1]). Er zog bemerkenswerte Vergleiche zwischen unserm hnelldampfer „Bremen“ und den bisher ausgeführten hiffen schnellster Klasse und gab zugleich die Richt-nien an, die man nach seiner Meinung einhalten müßte, n noch höhere Geschwindigkeiten zu erzielen.

Hinsichtlich des Schiffskörpers sind maßgebend für die rminderung des Schiffswiderstandes das Verhältnis von inge zur Breite des Schiffes, das Verhältnis $\frac{V}{\sqrt{L}}$, worin $V$ e Schiffsgeschwindigkeit in Kn, $L$ die Schiffslänge in m deutet, der Tiefgang und der Völligkeitsgrad, aber auch e Feinheit der Wasserlinien und die Längsverteilung des nterwasserinhalts. Insbesondere glaubt *de Vito*, daß man e Schiffslänge zu vergrößern suchen müsse, ohne damit ne Zunahme an Verdrängung zu verbinden.

Neue Schiffsformen tragen ebenfalls dazu bei, den hiffswiderstand so klein wie möglich zu halten. Die bulb-rmige Ausbildung des Vorstevens nach *Taylor*, deren weck sich darauf gründet, durch Ansammeln des In-alts am Bug um so schlankere Wasserlinien zu erhal-n, hat man bei der „Bremen“ und der „Europa“ ange-andt und verspricht sich hierbei 1 Kn Geschwindigkeits-winn[2]). Die Anordnung der Bulbform im Achterschiff ll nach *Akimoff*, besonders in gemeinsamer Wirkung mit ssend angebrachten Wellenhosen und Schrauben, eben-lls eine günstige Wirkung ergeben.

Als dritte besondere Bauart kommt die Maier-Schiffs-rm[3]) in Frage, deren äußeres Kennzeichen in der dreieck-figen Spantenbildung und dem keilförmigen Vorschiff be-eht. Dadurch, daß man den Weg der einzelnen Strom-nien um den Schiffskörper auf ein Mindestmaß beschränkt, zielt man eine Verminderung der benetzten Oberfläche d des Widerstandes und erspart 10 bis 15 vH an Lei-ung.

Bemerkenswert an der „Bremen“ ist die Anordnung der ußenhautplatten, deren Stöße nach vorn überlappt sind; erdurch vermindert man die Oberflächenreibung und ver-meidet die sonst an der Stoßhinterkante auftretende sehr ungünstige Saugwirkung.

Für die Maschinenanlage sollte vor allem das Verhältnis von Leistung zu Gewicht maßgebend sein; man muß es möglichst hoch wählen. So günstige Werte wie im Kriegschiffbau wird man natürlich beim Handelsschiff niemals erreichen können, da der Brennstoffverbrauch beim Kriegschiff wesentlich geringer ist als beim Handels-schiff. Es muß sich aber zwischen den beiden äußersten Leistungszahlen, nämlich 10 PS/t bei der „Mauretania“ gegenüber 28 PS/t bei dem Schlachtkreuzer „Hood“, eine pas-sende mittlere Zahl für das Gewicht von Schnelldampfer-maschinen finden lassen. Für die Maschinenanlage bei Schnelldampfern sind besonders geeignet: Getriebeturbinen mit einfacher Übersetzung, kleine Wasserrohrkessel für Öl-feuerung, hoher Dampfdruck von 28 bis 35 at, hochüber-hitzter Dampf von 370 °C, Speisewasservorwärmer und -verdampfer, Kondensatoren mit hohem Unterdruck und elektrische Hilfsmaschinen. Andre Antriebarten scheinen zur Zeit weniger Aussicht auf Erfolg zu haben.

*E. de Vito* nahm sodann Stellung zu den seiner Mei-nung nach vorliegenden Bestrebungen der deutschen und englischen Reedereien, beim Bau neuer Schnelldampfer die Verdrängung zu vergrößern. Er hält es für aussichts-reicher, höhere Geschwindigkeit ohne Größenzuwachs zu erzielen, und stellt hierfür folgende zusammenfassende For-derungen auf: Die bisher übliche Brennölreserve von 20 vH ist auf 10 vH herabzusetzen; die Maschinen sollen wirt-schaftlich und leicht sein, Brennölverbrauch 0,3 kg/PSh. Leistung, bezogen auf Gewichteinheit, 20 PS/t; besondere Schiffsformen, passende Schiffslänge, Sonderstahl mit er-höhter Festigkeit sind anzuwenden; die Zahl der Fahr-gäste ist auf 400 erster Klasse zu beschränken; weitgehende Verwendung von Stahlguß statt Gußeisen und elektrische Schweißung sind zu empfehlen.

Der Vortrag, dem man vom rein technischen Stand-punkt aus unbedingt zustimmen muß, erscheint natürlich in einem ganz andern Lichte, wenn man die Wirtschaftlich-keit mit in Betracht zieht. Jeder Knoten Zuwachs an Ge-schwindigkeit bedeutet eine Verminderung der Einnahme-möglichkeit und zugleich eine Erhöhung der Ausgaben. Die Fahrpreise werden, wenn man sich nur von technischen Forderungen leiten läßt, derart in die Höhe steigen, daß es Mühe bereiten wird, selbst die beschränkte vorge-schlagene Anzahl von 400 Reisenden zu finden, die diese Preise zahlen wollen. Die Reederei ist vielmehr bei der Frage: „Windhund“ oder „Elefant“? vor die Aufgabe gestellt, Leistung, Größe und Geschwindigkeit so miteinander aus-zugleichen, daß sich daraus der lohnendste Entwurf er-gibt. [N 3605] *Brühl*

[1]) Vergl. „The Engineer“ Bd. 148 (1929) Nr. 3845 S. 310; Shipbuilding d Shipping Record Bd. 34 (1929) Nr. 12 S. 337.

[2]) Bekannt sind nur die Schleppversuchsergebnisse der Ham-rgischen Schiffbau-Versuchsanstalt, wonach man den Widerstand je ch der Geschwindigkeit um 5 bis 12 vH vermindert hat.

[3]) Vergl. „Werft-Reederei-Hafen“ Bd. 17 (1928) S. 347.

# Ein schnellfahrender Schwimmkran mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb

*Von P. FRENZEN, Nürnberg, und O. NEUGEBAUER, Hamburg*

*Der Vorteil schnellfahrender Schwimmkrane. Entwurf und Wirkungsweise. Beschreibung der Gesamtanlage, der mit Gleichstromerzeugern gekuppelten Viertakt-Dieselmotoren von je 350 PS, des Drehkranes mit Wippausleger für 30 t Last bei 27,5 m größter und 7 m kleinster Ausladung sowie des 35 m langen und 20 m breiten Schwimmkörpers mit vier elektrisch angetriebenen Schrauben, die dem Schwimmkran 7,65 Knoten Fahrgeschwindigkeit erteilen.*

## Allgemeines

Der große Vorteil schwimmender Krananlagen gegenüber den Landhebezeugen liegt in erster Linie in der unbeschränkten Bewegungsfreiheit. Schwimmkrane für Werftbetriebe und Uferbauten von durchweg großer Tragfähigkeit werden meist durch bereitgestellte Schlepper an die jeweilige Arbeitstelle befördert. Nur selten haben sie eigenen Antrieb. Sollen indes die Schwimmkrane für den Verladebetrieb oder Bergungsarbeiten mit herangezogen werden, so ist nur der Eigenantrieb das Gegebene, wobei auf hohe Geschwindigkeit, schnelle Fahrbereitschaft und gute Manövrierfähigkeit besonderer Wert gelegt werden muß.

Bei den bis heute bekanntgewordenen Ausführungen hielten sich die Geschwindigkeiten immer in engen Grenzen. Den hierdurch bedingten Nachteil einer gewissen Schwerfälligkeit mußte man in Anbetracht der Schwierigkeiten, die sich der Anwendung höherer Geschwindigkeiten entgegen stellten, in den Kauf nehmen.

Die Hafenbehörde in Bordeaux hat nun kürzlich einen selbstfahrenden Schwimmkran, Abb. 1, in Betrieb genommen, der bei Fahrtversuchen auf der Gironde eine amtlich festgestellte Durchschnittsgeschwindigkeit von 7,65 Knoten erreichte[1]). Dieser Erfolg verdient um so mehr Beachtung, als die Möglichkeit solcher Geschwindigkeiten bei schwerbelasteten Pontons in Fachkreisen vielfach auf Zweifel stieß. Es handelt sich hierbei um einen 30 t-Schwimmkran, der mit weiteren Schwimmkranen größerer und kleinerer Tragfähigkeit eine Vervollständigung des in Durchführung begriffenen Ausbauprogramms des Hafens von Bordeaux bildet. Er soll zum Verladen und Befördern schwerer Frachtstücke, sowie für Bergungsarbeiten und Feuerlöschzwecke verwendet werden. Die hohe mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb erreichte Fahrgeschwindigkeit versetzt den Kran in die Lage, auch gegen heftige Flußströmungen eine immerhin noch nennenswerte Fahrt zu machen und gut manövrierfähig zu bleiben.

## Entwurf und Wirkungsweise

Der Entwurf der Anlage stammt von der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg, A.-G., die auch für die Gesamtausführung verantwortlich ist. Den schiffbaulichen Teil der Anlage lieferte die Deutsche Werft, Hamburg, den elektrischen die AEG, Berlin.

Die Schwierigkeit beim Entwurf lag in der Ermittlung der günstigsten Größenverhältnisse des Schwimmkörpers und seines Eigenantriebes, wobei man folgende Bedingungen einhalten mußte:

1. Die Längs- und Querneigung des Schwimmkranes bei ungünstigster Belastung mit 30 t Arbeitslast auf 27,50 m Ausladung und einem Winddruck von 50 kg/m² oder mit einem reinen Winddruck von 250 kg/m² ohne Last durfte in keinem Falle mehr als 3 ° betragen.
2. Der Kran mußte im Betriebe mindestens 7 Kn Fahrgeschwindigkeit erreichen.

[1]) Vergl. Journal de la Marine Marchande Bd. 11 (1929) Nr. 541 S. 1349.

Abb. 1. 30 t-Schwimmkran für Bordeaux mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb.

3. Die Manövrierfähigkeit des Kranes auch bei V wendung in engen Hafenbecken und auf der Giron (bei starker Strömung) mußte in einwandfre Weise gewährleistet sein.

Erfahrungen für solche Pontonfahrzeuge mit nähernd so hohen Geschwindigkeiten lagen nicht vor. M hat daher zahlreiche Schleppversuche an verschieden Modellen in der Schiffbauversuchsanstalt zu Hambu durchgeführt, um die günstigste Pontonform und die forderliche Antriebleistung zu ermitteln. Auf Grund ausgewerteten Widerstands- und Nachstrommessung ergab sich, daß eine Verteilung der Antriebleistung zwei Schrauben von begrenztem Durchmesser mit ein sehr ungünstigen Schraubenwirkungsgrad verknüpft s würde, der die Wirtschaftlichkeit des Eigenantrie in Zweifel gestellt hätte. Unter diesen Umstän ließ sich der Schraubenwirkungsgrad nur verbesse wenn man die Belastung je Schraube herabsetzte. M hat daraufhin einen Entwurf mit Vierschraubenantri ausgearbeitet. Ausführung und Versuchsergebnisse der Gironde bestätigen, daß damit die technische Fra des schnellfahrenden Schwerlastschwimmkrans techni und auch durchaus wirtschaftlich gelöst worden ist.

Als Antriebquelle für alle Einzelbewegungen wäh man den elektrischen Antrieb, da neben dem Kraftbed für die Fahrt eine Leistung ähnlicher Größe für d Kranbetrieb erforderlich ist. Die beiden Stromerzeug sind mit zwei Schiffsdieselmotoren gekuppelt, die info ihrer steten Betriebsbereitschaft gegenüber jeder ande Antriebart bedeutende Vorteile, besonders für Schwim krane, aufweisen. Für die elektrische Kraftübertragu wählte man Gleichstrom, und zwar in Leonardschaltu mit ihren bekannten Vorzügen der Betriebsicherheit u Einstellbarkeit. Im Gegensatz zu den kürzlich für d Hamburger Hafen erbauten Schwimmkranen[2]) hat m auch die Kraft für den Fahrbetrieb nicht über ein Wen getriebe, sondern elektrisch übertragen. Zum Antri der Schrauben dienen vier Elektromotoren, von den

[2]) s. *O. Wundram*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 43 S. 1547.

zwei mit einem Stromerzeuger in Leonardschaltung uppelt sind. Durch den Einbau von Übersetzungsieben zwischen Motor und Schraube ins Langsame nte man raschlaufende Maschinen verwenden.

Die Fahrbewegung wird unmittelbar vom Steuerhaus durch einfache Handhebel eingeleitet. Jede umständ-e Verständigung mit dem Maschinisten im Maschinen-m fällt fort.

Durch eine im Steuerhaus aufgestellte Umschalt-ze kann man beide Stromerzeuger entweder auf den nbetrieb oder auf den Fahrbetrieb einschalten. Es aber auch möglich, einen Stromerzeuger auf Kran-ieb und den anderen auf Fahrbetrieb zu schalten, ei freilich nur zwei Schrauben, nämlich die beiden eren oder die beiden inneren, arbeiten können. Eine schaltwalze im Kranführerhaus ermöglicht es, bei em Kranbetrieb einen Stromerzeuger auf das Haupt-werk, das Hilfshubwerk oder das Auslegereinziehen zuschalten, während der andere Stromerzeuger auf hen des Kranes eingestellt ist. Arbeitet nur ein omerzeuger auf den Kran, so sind vier Schaltstellun-für Heben, Hilfsheben, Einziehen und Drehen vor-chen.

Diese vielseitigen Schaltmöglichkeiten gestatten es, st beim Ausfall einer vollständigen Dieselanlage ohne u empfindliche Beeinträchtigung der Leistungsfähig-t der Anlage sowohl den Fahr- als auch den Kran-ieb aufrechtzuerhalten, da auch beim Aussetzen von oder zwei Schrauben der Schwimmkörper noch növrierfähig bleibt.

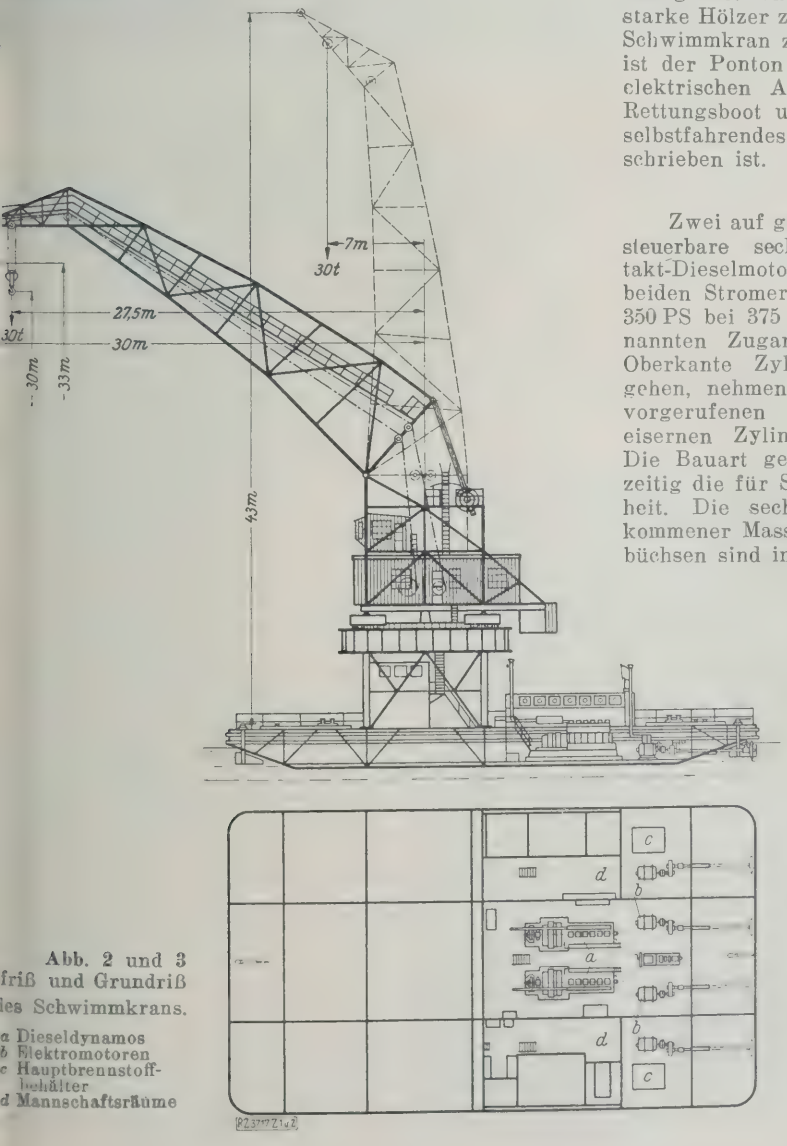






**Abb. 2 und 3** friß und Grundriß des Schwimmkrans.
a Dieseldynamos
b Elektromotoren
c Hauptbrennstoff-behälter
d Mannschaftsräume

### Die Gesamtanlage

Auf dem Schwimmkörper, der durch zwei Längs- und vier Querschotte in 15 wasserdichte Abteilungen unterteilt ist, erhebt sich ein festes Stützgerüst mit dem hochliegenden Rollkranzträger, Abb. 2 und 3. Der eigentliche um einen festen Mittelzapfen drehbare Kran mit dem Wippausleger ist auf dem Rollkranzträger mittels acht in Schwingen gelagerten Laufrollen abgestützt. Dadurch, daß man den Rollkranz hochgelegt und den Kran in Drehscheibenform angeordnet hat, hat man innerhalb des Stützgerüstes Platz gewonnen für eine zweckmäßige Anordnung des Steuerhauses, von dem aus das Fahrzeug geleitet wird. Das Steuerhaus liegt so hoch, daß der Kapitän gute Sicht über das vordere Schanzkleid hat. In dem darunter freigewordenen Raum befindet sich der Antrieb für die elektrische Simplex-Ruderanlage (Bauart Deutsche Werft, Hamburg). Sie besteht aus je einem Bug- und Heckruder der Stromlinien-Balance-Bauart, die zwangläufig miteinander gekuppelt sind und auch mit der Hand betätigt werden können.

Der Hauptmaschinenraum, Abb. 3, befindet sich im Schwimmkörper mittschiffs hinter dem Stützgerüst und enthält außer der Dieselanlage verschiedene Hilfsmaschinen (Lichtmaschine mit Verdichter, Bergungspumpe, Feuerlöschpumpe, Lenzpumpe) und die Antriebmotoren für die beiden mittleren Schrauben. Auf Back- und Steuerbordseits befinden sich Räume für die Mannschaft, die Brennstoffhauptbehälter, die Anlaßgefäße und die beiden äußeren Schraubenmotoren. Auf Deck vor dem Kranstützgerüst und hinter dem Hauptmaschinenraum sind starke Hölzer zum Absetzen der schweren Lasten, die der Schwimmkran zu befördern hat, vorgesehen. Im übrigen ist der Ponton vollständig schiffsmäßig ausgerüstet mit elektrischen Ankerwinden und Verholspillen, Kompaß, Rettungsboot und allem sonstigen Zubehör, das für ein selbstfahrendes Hafen- und Küstenfahrzeug vorgeschrieben ist.

### Die Dieselmotoren

Zwei auf gemeinsamer Grundplatte ruhende nicht umsteuerbare sechszylindrige einfachwirkende MAN-Viertakt-Dieselmotoren mit Druckeinspritzung sind mit den beiden Stromerzeugern gekuppelt, Abb. 4, und leisten je 350 PS bei 375 U/min. Die Bauart beruht auf der sogenannten Zugankerkonstruktion[3]). Stahlanker, die von Oberkante Zylinderblock bis zur Grundplatte durchgehen, nehmen die durch den Verbrennungsdruck hervorgerufenen Zugkräfte auf und entlasten den gußeisernen Zylinderblock sowie die Grundplattenwände. Die Bauart gewährleistet große Sicherheit und gleichzeitig die für Schiffsmaschinen besonders wichtige Steifheit. Die sechs Kurbeln sind so versetzt, daß vollkommener Massenausgleich erreicht wird. Die Zylinderbüchsen sind im Zylinderblock auswechselbar eingesetzt.

Der Brennstoff wird mittels Strahlzerstäubung oder Druckeinspritzung in den Zylinder eingeführt, und zwar durch eine offene Düse, die keine Abnutzung im Betriebe und größte Einfachheit in der Ausführung aufweist. Die Düse ist gekühlt, vermeidet damit auch bei Brennstoffen schlechterer Beschaffenheit jedes Verkoken und gibt Gewähr, daß sich in der Brennstoffdruckleitung keine Luft ansammeln kann. Infolge der unmittelbaren Einspritzung ohne Vorkammer läßt sich die Maschine jeden Augenblick aus dem kalten Zustand ohne Vorbereitung in Betrieb setzen.

### Der Kran

In dem unmittelbar über dem Rollkranz aufgebauten Kranmaschinenhaus sind die Hubwinden und der Drehantrieb aufgestellt. Darüber liegt, vom Maschinenhaus vollständig getrennt, das Führerhaus für den Kranführer. Der ohne Last

[3]) Vergl. *W. Riehm*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1724.

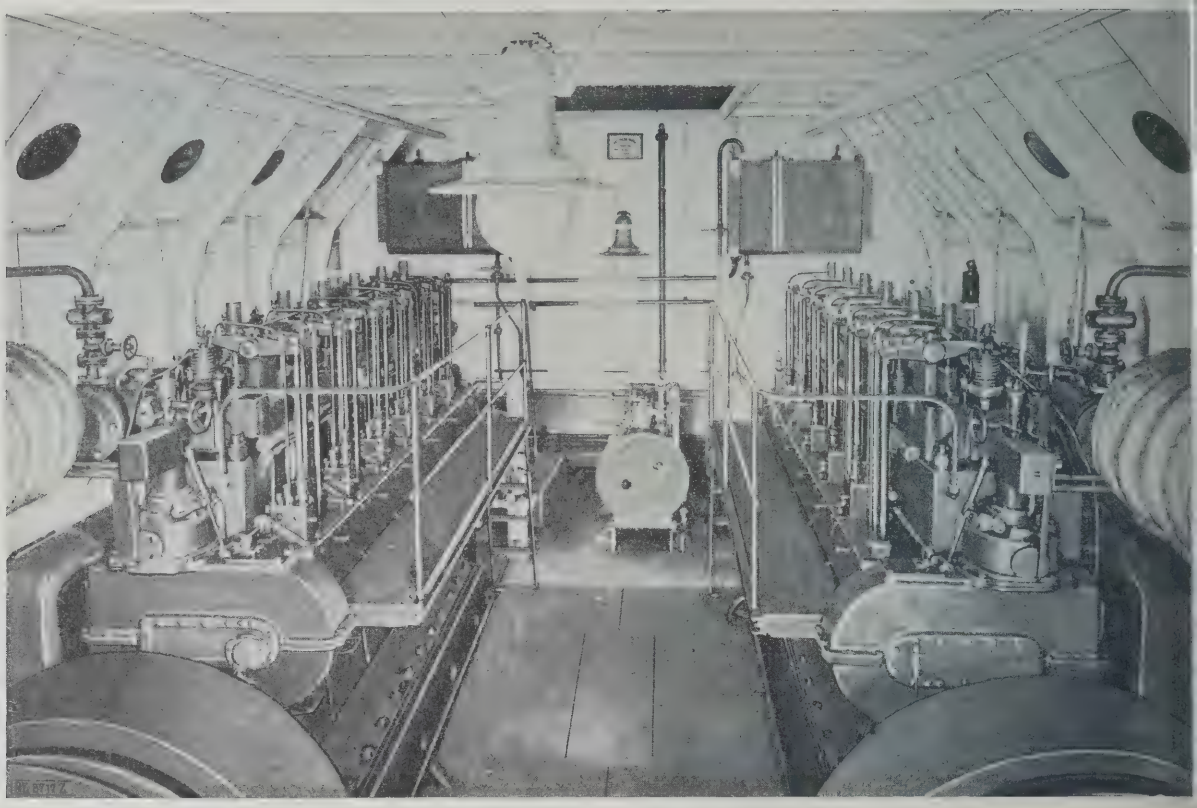


Abb. 4. Blick in den Hauptmaschinenraum mit den beiden Dieseldynamos.

verstellbare Ausleger stützt sich oberhalb des Führerhauses im Krangerüst ab und hat eine geknickte Form erhalten, so daß der Kran ohne Behinderung durch Masten und Takellage möglichst nahe an ein Schiff heranfahren kann. Das Einziehwerk liegt gut zugänglich in Höhe des Auslegerdrehpunktes. Zum Einziehen dient eine einzige am Ausleger angebrachte Spindel, die fast senkrecht nach unten hängt.

Die Hauptlast von 30 t ist an sechs Strängen von je 25 mm Dmr., die Hilfslast von 10 t an vier Strängen von 18 mm Dmr. mittels Unterflaschen aufgehängt. In jedem Falle führen zwei Seile zu den Trommeln. Die beiden Windwerke sind voneinander unabhängig. Die Ausladung der Hauptlast beträgt 27,5 m, in eingezogenem Zustand 7 m, die der 10 t-Last 30 m und 9 m.

### Der Ponton und der Vierschraubenantrieb

Der Schwimmkörper, Abb. 5, hat folgende Hauptabmessungen:

| | |
|---|---|
| Länge | 35,0 m |
| Breite | 20,0 m |
| Höhe | 2,3 m |
| Tiefgang (gleichlastig) | 1,3 m |

Abweichend von der für Fahrzeuge mit Eigenantrieb allgemein üblichen Schiffsform mit zugeschärften Wasserlinien hat dieser Ponton im waagerechten und senkrechten Querschnitt eine rechteckige Form, die Schwimmkörper eine große Formstabilität verleiht überdies eine einfache Bauart gestattet. Nur die E sind abgerundet. An den Enden ist der Boden des Pon in Schrägwänden vorn und hinten hochgezogen. hintere Schrägwand ist über dem Wasserspiegel wiede eine waagerechte Stützfläche umgebogen, die das ü ragende Heck trägt und die Schrauben tunnelartig in v Breite des Fahrzeuges abdeckt.

Da bei dem Antrieb mittels Elektromotoren Übersetzungsgetriebe die Schraubendrehzahl in we Grenzen freigestellt war, hat man unter Berücks tigung des geringen Tiefganges eine Schraube gew deren Kreis die Kiellinie nicht unterschneidet und folgende Konstruktionszahlen aufweist:

| | |
|---|---|
| Durchmesser | $D = 1500$ mm |
| Steigung | $H = 1600$ „ |
| Flügelzahl | $Z = 4$ |
| $\frac{\text{Abgewickelte Flügelfläche}}{\text{Kreisfläche}}$ | $= 46{,}56$ vH |
| Wirkungsgrad | $\eta_s = 53{,}6$ „ |
| Drehzahl | $n = 210$ U/min. |

Abb. 5
Der Schwimmkörper auf dem Werkplatz der Deutschen Werft, Hamburg.

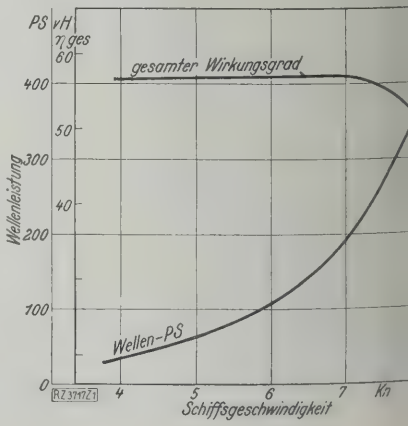



Abb. 6
Leistungskurve, auf Grund der Schleppversuche ermittelt.

Die vier Schraubenmotoren leisten je 130 PS bei ...U/min. Ihre Drehzahl wird durch geeignete Getriebe ... die Schraubendrehzahl von 210 U/min herabgesetzt.

Die größte Querneigung des Pontons bei ungünstigster Belastung ist zu 2° 34′ ermittelt worden.

### Schlußbetrachtungen

Die Versuchsfahrten des Schwimmkrans auf der ...ronde eröffnen den Pontonfahrzeugen neue Verwen...ungsmöglichkeiten. Während man bisher Geschwin...gkeiten von 5 Kn als Grenzwerte angesehen hat, hat ...ch auf Grund der vorbeschriebenen theoretischen und ...aktischen Versuche die Möglichkeit einer bedeutend ...ößeren Geschwindigkeit bei durchaus wirtschaftlicher Maschinenleistung ergeben. Das ist selbst im Zeitalter der Schnelligkeitsrekorde ein Erfolg von nicht zu unterschätzender Tragweite. Vorläufig scheint die Grenze der wirtschaftlich erreichbaren Geschwindigkeit bei etwa 10 Kn zu liegen; dies geht aus der Leistungskurve, Abb. 6, hervor, die man auf Grund der Schleppversuche aufgestellt hat.

Sehr bemerkenswert ist die dank dem dieselelektrischen Vierschraubenantrieb erreichte gute Manövrierfähigkeit des Schwimmkrans, die im allgemeinen gerade bei Kranpontons sehr zu wünschen übrig läßt, und ferner die in dieser Vielseitigkeit bei anderem Antrieb kaum erreichbare Reserve. [B 3717]

---

## ...ufgaben der deutschen Wasserversorgung[1])

*Von Wasserwerkdirektor E. LINK, Stuttgart*

### Verbrauchzunahme und Wassergewinnung

Die Wasserversorgung Deutschlands steht zur Zeit im ...eichen einer starken Verbrauchszunahme[2]). Im Jahre 1928 ...trug der größte Tagesverbrauch, auf den Kopf der Bevöl...rung berechnet, in Berlin 225 l, in Köln 249 l, in Dresden ...1 l, in Stuttgart 236 l, und in München, das zur Zeit in ...eser Richtung an der Spitze marschiert, 311 l. Diese ...ahlenwerte übersteigen erheblich die Bedarfschätzungen, ...ie man noch vor 10 Jahren für richtig hielt. Wenn Mittel- ...nd Kleinstädte vielfach geringere Verbrauchwerte auf...eisen, so hat auch hier schon nach Ausweis der Statistik ...ine beträchtliche Steigerung eingesetzt, die gerade bei mitt...eren Werken vielfach zu einer Verdoppelung der Wasser...bgabe im Laufe des nächsten Jahrzehntes führen dürfte. ...iesen Umstand muß man sich vor Augen halten als Erklä...ung für die rege Arbeit, die heute allenthalben auf dem ...ebiet der Wasserversorgung herrscht.

Die Bedarfzunahme hat ihre Ursache in der allgemeinen Steigerung der Lebenshaltung, vor allem der breiten ...assen, die sich in vermehrtem Wasserbedarf im Haushalt ...nd im öffentlichen Verbrauch ausdrückt. Besonders be...chtenswert ist hierbei der Einfluß der Siedlungen, bei ...enen heute selbst die kleinste Wohnung mit einem Bad aus...estattet wird[3]).

Unter diesen Verhältnissen wird die Gewinnung des ...rforderlichen Wassers immer schwieriger. Dies wirkt sich ...m deutschen Wasserversorgungswesen zunächst organisatorisch aus. Immer stärker werden die Bestrebungen ...ur Schaffung großer zentraler Wasserversorgungsanlagen ...ür die Gewinnung der von der Natur nur an wenigen Stellen ...espendeten Trinkwasserschätze zum Zwecke ihrer Verteilung, Hand in Hand mit einer sicheren und möglichst billigen Betriebführung. Auf dem Gebiete der Gas- und Elektrizitätswirtschaft ist man längst vom Klein- zum Großbetrieb ...ibergegangen. Der Übergang zur Trinkwasser-Großversorgung beherrscht heute das deutsche Wasserversorgungswesen und kam auch auf der Berliner Ausstellung „Gas und Wasser 1929" klar und eindrucksvoll zum Ausdruck. Diese Entwicklung ist zu verstehen, wenn man sich die Schwierigkeiten der kleinen Werke vergegenwärtigt, neue Wasserversorgungsgebiete zu erschließen, die Geldmittel für ihren Ausbau zu beschaffen und die Anlage entsprechend den neuzeitlichen Forderungen der Gesundheitspflege zu überwachen.

Das Musterbeispiel der Großwirtschaft auf dem Gebiet des Wasserversorgungswesens ist die Ruhrwasserversorgung, die auf der Berliner Ausstellung in vorzüglichen Modellen und Plänen dargestellt war. Hier sind auf einem Gebiet von 10 000 km² nahezu 7 Mill. Menschen und die bedeutendste Industrie des Reiches zusammengedrängt; die Bevölkerungsdichte, die in Württemberg 135, in Preußen 130 Einwohner auf 1 km² beträgt, beläuft sich im Ruhrgebiet im Mittel auf 600 und steigt im Emscher-Gebiet bis auf 3000 auf 1 km². Der Gesamtwasserbedarf beträgt täglich bis zu 2,75 Mill. m³ und jährlich gegen 800 Mill. m³.

Die weitere Zusammenballung der Bevölkerung nach einzelnen Großstadt- und Industriebezirken vollzieht sich auch in andern Teilen des Reiches. Auf dem Gebiet der Wassergewinnung wirkt sie sich auf die Weise aus, daß von der Grundwassergewinnung, die seit 30 Jahren in Deutschland bevorzugt wurde, aus Mangel an ausreichenden Grundwassergebieten sich der Übergang zur Talsperren-Wasserversorgung vollzieht als einem Zwischending zwischen Grund- und Oberflächen-Wasserversorgung. Die Talsperren-Wasserversorgung hat den Vorzug, daß man Sommerspitzen zwanglos befriedigen kann, während Grundwasserwerke stets um 40 bis 70 vH über ihren Jahresdurchschnitt hinaus leistungsfähig sein müssen. Auf der Berliner Ausstellung nahmen Darstellungen und Modelle aller größeren teils ausgeführten, teils geplanten deutschen Talsperren mit Recht einen sehr breiten Raum ein und gestatteten für den Fachmann und den Laien eine eingehende Beschäftigung mit dieser wichtigen Frage.

Auch auf dem Gebiet der künstlichen Grundwasseranreicherung und der Versorgung mit uferfiltriertem Flußwasser

**Abb. 1**
Ausschnitt aus der Koje für Reinigung des Trinkwassers in ...er wissenschaftlichen Abteilung der Ausstellung „Gas und Wasser".

[1]) In Berlin hat vom 19. April bis 21. Juli ...ie Ausstellung „Gas und Wasser" stattge...unden, die in ihrer Abteilung Wasser eine ...olche Fülle von Anregungen bot, daß es ...ich sehr wohl verlohnt, eine kurze Rück...chau zu halten. Die Gesichtspunkte und ...eitlinien, die dem Ausgestellten zugrunde ...agen, geben auch Anhaltpunkte dafür, ...welche Aufgaben dem deutschen Wasser...ersorgungswesen in der nächsten Zukunft ...evorstehen.

[2]) Vergl. hierzu a. *König*, Z. Bd. 73 (1929) ...r. 16 S. 548.

[3]) Vergl. hierzu a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 36 ...S. 1288.

waren beachtenswerte Ausführungsbeispiele zu sehen. Diesem Verfahren kommt zweifellos eine erhöhte Bedeutung zu überall da, wo vorhandene oder neu erschlossene Grundwasserfelder nicht zureichen. Bei Anlagen zur Gewinnung uferfiltrierten Flußwassers ist Vorsicht geboten, weil Verlagerungen der Flußufer, Eisen- und Manganausscheidungen, Ermüdungserscheinungen im Grundwasserträger hervorrufen und seine Leistungsfähigkeit nach Menge und Güte verringern können.

Wo der Talsperrenbau nicht möglich ist, muß, wie dies in Amerika die Regel bildet, zur Verwendung von Oberflächenwasser geschritten werden. Dies führt zum Ausbau und zur Weiterentwicklung der

**Wasseraufbereitung**

Auf diesem Gebiet sind, wie die Berliner Ausstellung zeigte, sehr erfreuliche und beachtenswerte Fortschritte zu verzeichnen[4]). Der Bau der Schnellfilter, die die früher gebräuchlichen, aber teureren Langsamfilter verdrängen, hatte in seinen konstruktiven Einzelheiten Verbesserungen aufzuweisen, die von den führenden Firmen auf diesem Gebiet dargestellt wurden. Für die chemische Wasserbehandlung wird Chlor in seinen verschiedenen chemischen Anwendungsformen nicht bloß als Sterilisationsmittel, sondern auch als Vorklärmittel zusammen mit Aluminiumsulfat und Aluminiumchlorid verwendet. Auf das letztere Ausfällmittel als einer technischen Neuerung für die Reinigung tonhaltiger Wässer sei besonders hingewiesen. Ganz besondere Bedeutung für die Aufbereitung von Trinkwasser kommt neuerdings der aktiven Kohle zu[4a]), deren vorzügliche Eignung als einem Entchlorungs- und Entfärbungsmittel von vorgereinigtem Wasser durch eine Reihe betriebsmäßig durchgeführter Versuche nachgewiesen ist. In der aktivierten Kohle hat die Wasserreinigungstechnik weiterhin ein Mittel zur Schönung und zur sicheren Geruchs- und Geschmacksverbesserung des Wassers. Soweit sich heute übersehen läßt, wird mit ihrer Hilfe eine Aufbereitung auch sehr schlechter und ungünstiger Rohwässer erzielt werden können, die man noch vor wenigen Jahren für unmöglich gehalten hätte.

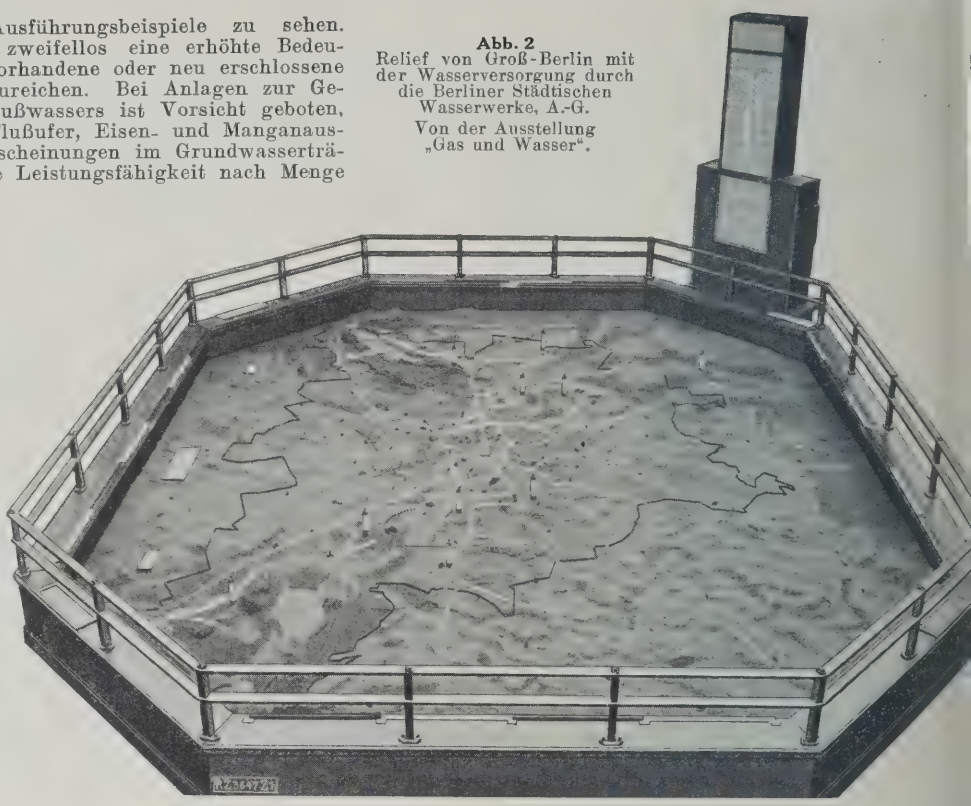


**Abb. 2**
Relief von Groß-Berlin mit der Wasserversorgung durch die Berliner Städtischen Wasserwerke, A.-G.
Von der Ausstellung „Gas und Wasser".

**Wasserförderung**

Auf dem Gebiet der Wasserförderung[5]) zeigt sich das Bestreben der Werke, durch Einrichtung eines selbsttätigen Betriebes eine erhöhte Betriebsicherheit und eine Beschränkung der Arbeitslöhne zu erreichen. Durch ein Modell der Berliner Wasserwerke, ausgeführt zusammen mit der Firma Siemens & Halske, war auf der Berliner Ausstellung die im Versorgungsbereich dieser Werke durchgeführte Fernübertragung der Förderung und des Zustandes der einzelnen Betriebsstationen auch nach der Ausstellung verlegt und dort sichtbar angezeigt.

Auf dem Gebiet der Wasserhebemaschinen ist dem elektrischen Betrieb in den verbesserten Dieselmotoren und Dampfturbopumpen ein Wettbewerber entstanden, durch den die Preise der Lieferer von elektrischer Energie im Schach gehalten werden können.

**Wasserverteilung**

Weitaus der größte Anlagewert der Wasserwerke ist in den Verteilrohrnetzen festgelegt. Die Frage, welches Rohrmaterial für die im Einzelfall vorliegenden Boden- und Geländeverhältnisse am günstigsten ist, spielt daher in der Wasserversorgungstechnik eine große Rolle. Eine Verbesserung des Sandgußrohres alter Ausführungsweise bildet das Schleudergußrohr, das eine um 30 bis 50 vH größere Druckfestigkeit aufweist, für Lichtweiten über 500 mm aber in Deutschland noch nicht hergestellt wird. Der erhöhten Rostgefahr der Stahlröhren gegenüber den Gußröhren versucht man neuerdings durch die Verwendung gekupfert Stahlröhren zu begegnen, deren Lebensdauer um 50 höher ist als bei gewöhnlichen Stahlröhren. Die Frage, Guß- oder Stahlröhren im vorliegenden Einzelfall d größeren Vorteil bieten, ist eine alte Streitfrage und au heute noch nicht geklärt. Sehr beachtenswert war Stellungnahme, die auf der Berliner Ausstellung in d Darbietungen der Berliner städtischen Wasserwerke dieser Frage zum Ausdruck kam. Danach werden bei dies Werk Gußrohrquerschnitte im allgemeinen mit den üblich Wanddicken, Stahlröhren, aber nur mit erheblich vergrö ter Wanddicke gegenüber den Normalien, zum Teil in V stärkungen bis zu 50 vH, angewendet. Es war ein Gußro stück ausgestellt, das 73 Jahre in einer Hauptverkeh straße im Betrieb gewesen war und nach seinem Ausb erst bei einem Probedruck von 90 at in Brüche ging. durch soll die Behauptung der Überalterung der Gußroh von der vielfach zu lesen ist, widerlegt werden. Die Sta rohrerzeuger ihrerseits bemühen sich, die Lebensfähigk des Stahlrohres durch den bereits erwähnten Kupferzus und durch Verbesserung der Rohrschutzmittel zu erhöh Die frühere Isolierung der Stahlrohre mittels asphaltiert Jute ist durch die zweifellos bessere Wollfilzisolierung setzt worden; für Rohrschäden und kleinere Leitun durchmesser wird die *Schadsche* Binde, eine plastische Paraffin getränkte Schutzbinde, mit Vorteil verwendet. Technik der bituminösen Schutzanstriche hat Verbesseru gen aufzuweisen. Es soll in diesem Zusammenhang Metallspritzverfahren genannt werden, obwohl es bis je weniger für Rohre dient, als für den Metallschutz Apparaten angewendet wird. Wo es sich um die Ausfü rung von Wasserleitungen mit großem Durchmesser ha delt, kommen neben Eisenröhren neuerdings Eisenbeto röhren — Schleuderröhren, Humeröhren usw. — in V wendung.

Der größte Feind der Wasserrohrnetze sind aggressi Leitungswässer. Die Aufgabe, den aggressiven Charak gewisser Versorgungswässer durch Neutralisierung der a greifenden Kohlensäure mittels Kalkwasserzugabe zu seitigen (*Bücher*-Verfahren, Entsäuerunganlagen usw kann für den praktischen Wasserwerkbetrieb als gel gelten und sei in diesem Zusammenhang erwähnt.

Brüche an Hauptrohrsträngen in dicht bebauten Sta gebieten führen zu großen Schädigungen. Die Sicheru solcher Hauptleitungen durch selbsttätige oder fe gesteuerte Verschlußorgane ist daher weitgehend technis vervollkommnet worden.

Für den Betrieb von Wasserversorgungs-Rohrnetzen h man die Verfahren vervollkommnet, auftretende Wass verluste jeder Art, auch wenn sie nur kleineren Umfa

[4]) Vergl. a. *Link*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 16 S. 553; Z. Bd. 73 (1929) Nr. 37 S. 1318.
[4a]) s. *G. Müller*, Z. Bd. 71 (1927) S. 457.
[5]) Vergl. a. *Baer*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 16 S. 539.

weisen, möglichst rasch zu erkennen und zu beseitigen. rzu dient die Unterteilung des Rohrnetzes in kleinere zelabschnitte; ihr Verbrauch wird mittels Bezirks- sermessern und durch elektrische Übertragung der sserabstände nach einer Betriebzentrale ständig überwacht. rbesserte Abhorchapparate (Geophone) lassen Leitungs- äden leicht erkennen. Die Lässigkeitsverluste in den usern werden im Zusammenhang mit der gleichzeitigen hprüfung des Hauswassermessers durch Schadensucher tgestellt. Besonderer Wert muß auf eine gute Organi- ion des Rohrbruchdienstes gelegt werden durch Bereit- aftswohnhäuser, Störungsgerätewagen, Einführung von uckluftwerkzeugen zum Aufbrechen der Rohrgräben, zum rkordeln und Verstemmen der Muffen und zum Ein- mpfen der Rohre.

### Wassermessung

Auf dem Gebiet des Wassermesserwesens[6]) kann fest- stellt werden, daß sich für den gewöhnlichen Hauswasser- sser die Anwendung von Hartgummi allgemein durch- setzt hat gegenüber der Anwendung von Metall, das der störenden Wirkung der Anfressung ausgesetzt ist. Der rbreitung des für Messung größerer Wassermengen an h sehr geeigneten Venturimessers stand bisher die wierigkeit entgegen, daß er nur innerhalb einer Schwan- ng der Durchflußmengen im Verhältnis 1 : 10 bis 1 : 15 haben war. Durch Vervollkommnung der Venturimesser- mbination (Vereinigung mehrerer Wassermesser verschie- nen Meßbereiches in einem Gerät), ausgerüstet mit Um- altung durch selbsttätig gesteuerte Schieber, vergrößert h der Meßbereich für diese Messerart bis zu 1 : 144, und mit ihr Anwendungsgebiet.

### Gesundheitliche Wasserüberprüfung

Größere Wasserwerke sollen nach neueren Auffassun- n danach streben, Wasserlaboratorien im Werk selbst errichten, auch wenn in der Stadt schon ein einheit- hes Laboratorium für die Bedürfnisse der Gesamt- rwaltung vorhanden sein sollte. Ausschlaggebend für se Forderung ist die Notwendigkeit eines engen und mittelbaren Zusammenarbeitens zwischen Betriebs- genieur und Gesundheitsfachmann. Der häufig beobachtete Gegensatz zwischen beiden wird durch Zusammenlegen von Betrieb und gesundheitlicher Wasserüberwachung vermieden und nur so eine sofortige Ausnutzung der Untersuchungs- ergebnisse erzielt. Mehrkosten durch besondre Wasser- laboratorien machen sich erfahrungsgemäß durch eine ver- besserte Betriebführung reichlich bezahlt. In den Unter- suchungsverfahren selbst gewinnt neben der Keimzählung die gleichzeitige Coli-Bestimmung nach verschiedenen Ver- fahren immer mehr an Bedeutung, wobei Coli-Nachweis in Wassermengen von 150 bis 200 cm³ gefordert wird. Für abseits gelegene kleinere Wasserversorgungsbetriebe, für die ein besonderes Wasserlaboratorium der Kosten wegen nicht in Frage kommen kann und die von einer Zentral- stelle aus zu schwer zu erreichen sind, bietet die in Auf- nahme gekommene Ermittlung des Indoltiters[7]) die Möglich- keit, durch den Maschinenwärter selbst mittels dieser ein- fachen Gärprobe die Beschaffenheit des Wassers hinsicht- lich seines Gehalts an Colikeimen feststellen zu können. Zahlreiche auf der Ausstellung vorhandene Apparate und Laboratoriumseinrichtungen ermöglichten, sich mit dieser Frage zu beschäftigen.

Als Zusammenfassung des auf der Berliner Ausstellung Gezeigten scheinen für die Wasserwerke folgende Gesichtspunkte beherzigenswert zu sein:

a) Die Werke dürfen sich von der bevorstehenden Ver- brauchsentwicklung nicht überraschen lassen. Die Aufstellung eines Programms für die Wasserbeschaf- fung und den Werkausbau auf lange Sicht ist unent- behrlich, u. zw. auch für mittlere und kleinere Städte.
b) Wo bisher der Bedarf aus Quellen und Grundwasser gedeckt wurde, wird man sich auf die Mitverwendung weniger günstigen Rohwassers und damit auf die ver- schiedenen Reinigungsverfahren einstellen müssen.
c) Die Werke müssen sich eine möglichst scharfe gesund- heitliche Überwachung ihrer Betriebe angelegen sein lassen sowohl zum eigenen Nutzen als auch zum Nutzen ihrer Abnehmer. Dies erfordert für die Zu- kunft eine engere Zusammenarbeit zwischen Ingenieur, Chemiker und Bakteriologen, als sie heute noch im allgemeinen üblich und durchgeführt ist. [M 3647]

[6]) Vergl. a. *Eggers*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 16 S. 557.

[7]) Verfahren zum Nachweis von Bakterium coli in Trinkwasser, bei welchem die kleinste Wassermenge maßgebend ist, die zu einem Trypsin-Bouillon-Nährboden nach 24stündiger Bebrütung bei 37° C Indol- bildung und dadurch bei Anwesenheit von B-coli Rotfärbung hervorruft.

## Die Ergebnisse der Funktagung im Haag

Die Haager Funktagung vom 18. September bis 2. Okto- r 1929 wurde veranstaltet von dem im Jahre 1927 in ashington eingesetzten zwischenstaatlichen, beratenden chnischen Ausschuß für den Funkverkehr. Dieser Aus- huß, nach der französischen Bezeichnung „Comité con- ltatif international technique des communications radio- ectriques“ CCIR genannt, hat die Aufgabe, technische d verwandte Fragen des Funkverkehrs zu behandeln, die ihn seitens der beteiligten Verwaltungen und Privat- ternehmungen der ganzen Welt gestellt werden. Gemäß n Washingtoner Vorschriften tagt er alle zwei Jahre.

Bei der Sitzung im Haag wurden vier Ausschüsse ge- ldet: ein Organisationsausschuß, ein Ausschuß für Be- iffsbestimmungen und Normalisierungen, ein Ausschuß r Zusammenarbeit und einwandfreies Nebeneinanderarbei- n der verschiedenen Funkbetriebe und ein Ausschuß für chnische Funkbetriebsfragen. Die vier Ausschüsse haben nn Unterausschüsse für Sonderfragen gebildet.

### Ergebnisse

Der Ausschuß für Organisation beschloß a. folgende Fragen zu behandeln: Das Funkfernsprechen t Schiffen auf See, besonders bei weiten Entfernungen, e Überleitung von Fernsprechverbindungen mit Schiffen f die Land-Fernsprechnetze, Maßnahmen zur Erhöhung r Wellenkonstanz von Sendern, die Steigerung der Ge- uigkeit von Frequenzmessungen, die Eichung von Fre- enzmessern, Maßnahmen zur Fernhaltung von Störungen den Kurzwellenbändern und zur Verringerung des für nen Sender erforderlichen Wellenbandes. Diese Fragen llen bis zur nächsten Tagung erörtert werden.

Der Ausschuß für Begriffsbestimmun- e n hat eine einheitliche Leistungsbezeichnung von Sen- rn geschaffen und dabei als Leistung folgendes bezeichnet: ie Leistung des Telegraphiesenders ist das Quadrat des ntennenstromes mal Antennenwiderstand bei Dauerstrich, n Telephoniesendern das Quadrat des Trägerstromes bei r höchsten unverzerrten Modulation mal dem Antennen- iderstand, wobei 10 vH Übersteuerung zugelassen sind. eider konnte man über die Strahlungsverhältnisse keinen eschluß fassen; die Verhältnisse bei gerichteten Sen- dern wurden noch nicht geklärt. Wichtig ist, daß man nunmehr eine Wellenbezeichnung festgelegt hat und zwar:

lange Wellen bis 100 kHz[1]),
mittlere Wellen bis 1500 kHz,
Grenz-Wellen bis 6000 kHz,
kurze Wellen bis 30 000 kHz und
sehr kurze (ultrakurze) Wellen über 30 000 kHz.

Diese Begriffsbestimmung ist sehr wichtig, weil für die einzelnen Wellenarten in verschiedenen Ländern bestimmte Verordnungen bestehen. Das Liebhaber-Sendewesen wurde nur soweit behandelt, als man sich vorbehielt, eine zwischenstaatliche Regelung vorzubereiten. Allerdings hat man für die Liebhaber bestimmte Prüfungsforderungen und Bedingungen für die Art ihrer Sender aufgestellt (Reinheit der Wellen, Wellenmesser mit 0,5 vH Genauigkeit und Anodenleistung der Antennenstufe nicht über 50 W, Senden nur mit Anodengleichstrom). Die Frage der Liebhaber-Genehmigungen hat man den einzelnen Ländern überlassen.

Bedeutungsvoll ist, daß man an dem Prager Wellenplan nichts geändert hat, was ja auch nicht Aufgabe der Tagung war. Darüber wird in der nächsten Weltrundfunk-Konferenz in Madrid 1932 zu verhandeln sein. Jedoch hat man, um einigermaßen die jetzt bestehenden schlechten Rundfunkverhältnisse zu bessern, beschlossen, die Wellenkonstanz (3 bis 4 vT) der Rundfunksender dadurch besser zu überwachen, daß man sich die Schaffung einwandfreier Frequenzmesser angelegen sein lassen will, daß man vor allen Dingen ihre Meßgenauigkeit auf 0,01 vT festgelegt hat. Ferner hat man die Frequenzbreite festgelegt (für Telegraphiesender: 160 bis 240 Hertz; für Bildtelegraphiesender: 2000 bis 10 000 Hertz; für Telephoniesender: bis 6000 Hertz und für Rundfunksender: 10 bis 20 000 Hertz).

Dem allgemeinen Erhöhen der Leistungen der Rundfunksender hat man leider keine befriedigenden Grenzen setzen können; denn die Länder, die bereits den Bau von Riesenrundfunksendern aufgenommen haben, haben sich gegen eine Erniedrigung der Senderleistung ausgesprochen. Man mußte deshalb als höchstzulässige Grenze die viel zu hohe Antennenleistung von ungefähr 100 kW annehmen.

Berlin-Schlachtensee [N 3705] Dr. *F. Noack*

[1]) 1 kHz (Kilohertz) = 1000 Hertz = 1000 Per. s.

# Gemischvorwärmung bei Motoren für Kraftfahrzeuge

Man strebt heute danach, die Fahreigenschaften der Kraftwagen durch Verwendung von Motoren zu verbessern, deren Hubraum im Vergleich zum Wagengewicht groß bemessen ist; dieses Bestreben begegnet aber in den Ländern mit hohen Brennstoffpreisen — abgesehen von der Rücksicht auf die Steuer — dem Hindernis, daß solche Motoren verhältnismäßig viel Brennstoff verbrauchen, weil sie im mittleren Fahrbetrieb mit viel kleinerer Füllung laufen, als kleiner bemessene Motoren. Prof. *G. Becker*, Charlottenburg, hat daher mit Unterstützung des Reichsverkehrsministeriums an Motoren verschiedener Bauarten umfangreiche Messungen durchgeführt, um die Bedingungen zu klären, denen Vergaser und Gemischheizung bei Motoren mit verhältnismäßig großem Hubraum genügen müssen, wenn dieser Nachteil vermieden werden soll.

Das Ergebnis dieser Versuche[1]) ist wertvoll, schon wegen der Fülle von Angaben über die Konstruktionen und von Zahlenwerten über Beobachtungen, die sonst schwer zugänglich sind. Darüber hinaus klären die Versuche gewisse Schwierigkeiten im Fahrbetrieb, für die man bisher keine wissenschaftliche Erklärung zu geben wußte. Die wichtigste Aufklärung dieser Art ist wohl die, daß bestimmte Zusammenhänge bestehen zwischen dem Taupunkt des Gemisches aus Brennstoffdämpfen und Luft und Leistung sowie Wirtschaftlichkeit des Motors. Die wirtschaftliche Bedeutung der Untersuchungen mag für Personenwagen weniger groß sein, weil die Kosten des Brennstoffs in der Betriebsrechnung hier keine große Rolle spielen. Bei Lastkraftwagen sind aber die Belastungsverhältnisse der neuzeitlichen Motoren mit großem Hubraum ebenso ungünstig geworden.

### Mischverhältnis

Die Untersuchungen knüpfen sich an die bekannte Erscheinung, daß Höchstleistung und höchste Wirtschaftlichkeit eines Motors stets bei verschiedenen Mischverhältnissen des brennbaren Gemisches auftreten. Trägt man über dem Mischverhältnis Leistungen und Brennstoffverbrauch eines Motors bei gegebener Drehzahl auf, so erhält man für jede Stellung der Motordrossel, d. h. für jede Belastung, eine besondere Linie, s. Abb. 1; verbindet man die Scheitel der Leistungslinien und die Punkte dieser Linien, die den Kleinstwerten der Brennstoffverbrauchlinien entsprechen, so erkennt man aus dem Verlauf der gestrichelten Linien, daß sich bei jeder Füllung das der Höchstleistung entsprechende Mischverhältnis ändert, ebenso wie das dem geringsten Brennstoffverbrauch entsprechende. Berücksichtigt man weiter, daß bei jeder anderen Drehzahl auch die Linien von Brennstoffverbrauch und Leistung anders verlaufen, so kann man sich vorstellen, wie schwierig es ist, auch nur mit Bezug auf das Mischverhältnis den Anforderungen nahezukommen, die sich aus dem dauernd wechselnden Fahrbetrieb ergeben.

Immerhin zeigt das Bild, daß man dem Gemisch Luftüberschuß geben muß, wenn man Wirtschaftlichkeit, und Brennstoffüberschuß, wenn man Höchstleistung anstrebt. Für die Durchbildung der Vergaser folgt hieraus, daß sie im Gegensatz zu der früheren Theorie des gleichbleibenden Mischverhältnisses bei Leerlauf und beim Anfahren reiches Gemisch, im Drosselbetrieb des Motors armes Gemisch und bei voll geöffneter Drossel- und Höchstleistung wieder reiches Gemisch erzeugen müssen.

### Gemischheizung

Im Vergleich zu den Anforderungen an das Mischverhältnis sind die Anforderungen an die Gemischheizung insofern einfacher, als sie sich von selbst den wechselnden Verhältnissen des Betriebes anpassen. Für den Betrieb mit Höchstleistung sind z. B. Gemische, deren Temperaturen unter dem Taupunkt liegen, durchaus erwünscht; denn kältere Gemische ergeben bessere Füllungen der Zylinder, also höhere Leistungen bei gegebener Drehzahl, und die Feuchtigkeit des Gemisches setzt die Wärmebeanspruchung des Motors etwas herab. Anderseits ist bei Höchstleistung die Vergaserheizung mit Hilfe von Auspuffgasen weniger wirksam, so daß die Temperatur des Gemisches von selbst niedriger wird.

Dagegen ist bei gedrosseltem Motor und wirtschaftlichstem Betrieb hohe Gemischvorwärmung wesentlich; denn aus einem trockenen gesättigten oder überhitzten Gemisch scheiden sich an den Abzweigen der Ansaugleitung keine

[1]) Gemischvorwärmung bei Kraftfahrzeugmotoren. Einfluß auf den Brennstoffverbrauch und die Gemischzusammensetzung. Bericht der Versuchsanstalt für Kraftfahrzeuge der Technischen Hochschule zu Berlin. Von Prof. Dr.-Ing. *Gabriel Becker*, Berlin 1929, M. Krayn, 86 S. m. 64 Abb. Preis 5 *RM*.

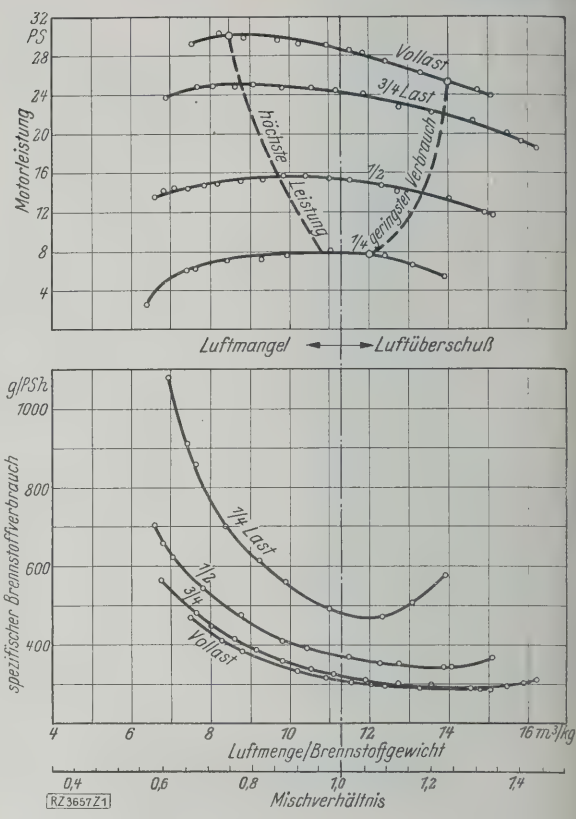



**Abb. 1.** Leistungen und Brennstoffverbrauch bei verschiedenem Mischverhältnis.

Brennstoffanteile aus, so daß, was für die Wirtschaftlichkeit wichtig ist, alle Zylinder gleich zusammengesetztes Gemisch erhalten. Rücksichten auf Höhe der Leistung oder auf Überhitzung des Motors fallen dagegen beim Drosselbetrieb fort. Anderseits trifft es sich günstig, daß alle üblichen Vergaserheizvorrichtungen beim Drosselbetrieb des Motors hohe Gemischtemperaturen erzeugen.

### Übergang

Mit der Klärung dieser Anforderungen ist jedoch das Maß der Schwierigkeiten, die das einwandfreie Einregeln des Vergasers und der Gemischheizung eines Motors bereitet, noch lange nicht erschöpft; denn die gute Bedienbarkeit des Kraftwagens setzt voraus, daß auch der schnelle Übergang von einem Zustand des Betriebes auf den andern möglich sein muß, ohne daß Mischverhältnis oder Temperatur des Gemisches den Grenzen, z. B. der Nichtzündbarkeit, zu nahe kommen. Die größten Schwierigkeiten dieser Art bietet wohl beim Anfahren der schnelle Übergang von Leerlauf oder von Volleistung mit großem Luftmangel zum Drosselbetrieb mit Luftüberschuß, weil die Temperatur des Gemisches der Drosselbewegung nicht schnell genug folgen kann. Hier muß man sich noch heute damit helfen, daß man auch im ersten Teil des Drosselweges Brennstoffüberschuß beibehält, also weniger wirtschaftlich arbeitet.

Prof. *Becker* und seine Mitarbeiter dürfen das Verdienst für sich in Anspruch nehmen, durch zahlreiche Messungen der Temperaturen an verschiedenen Stellen der Gasleitungen verschiedener Motoren zahlenmäßige Unterlagen für diese Zusammenhänge geliefert zu haben, die bis jetzt höchstens der Art nach und wohl nur in engsten Fachkreisen bekannt waren. Als Beispiel sei hier genannt der Achtzylinder-Motor von 75 mm Zyl.-Dmr. und 110 mm Hub des neuen Adler-Personenwagens, der vollständig betriebsfertig mit viertürigem, geschlossenem Aufbau 1680 kg wiegt und bis zu 114 km/h Geschwindigkeit erzielt. Er ist bei 50 km/h Fahrgeschwindigkeit in der Ebene nur mit 33 vH belastet, wobei sich sein Brennstoffverbrauch von 270 g/PSh beim wirtschaftlichsten Drosselbetrieb mit 90 vH Belastung nur auf 380 g/PSh erhöht, entsprechend einem Verbrauch von 13,8 l für je 100 km Fahrstrecke. Dies Beispiel zeigt, bis zu welchem Grade man die Wirtschaftlichkeit der Kraftwagenmotoren im Drosselbetrieb steigern kann.

Von großem Wert wäre es, die Ergebnisse dieser Messungen mit solchen vergleichen zu können, die an Wagen mit ausgesprochen kleinen Motoren angestellt worden sind.

[M 3657] Dr. *Heller*

# Dauerversuche an genieteten und geschweißten Brücken

*Von Reichsbahnrat Dr.-Ing. R. BERNHARD, Berlin*

*Die Versuche bezweckten, festzustellen, wie sich eine Brücke gegenüber Dauerbeanspruchungen verhält. Außerdem sollten aus den sich im Laufe der Dauerversuche ergebenden Veränderungen die dynamischen Eigenschaften der Brücken erfaßt werden, um daraus gegebenenfalls Rückschlüsse auf den Bauzustand in Betrieb befindlicher Brücken ziehen zu können. Eine genietete und eine geschweißte Fachwerkbrücke sind daher durch exzentrisch gelagerte Schwungmassen einer dynamischen Dauerbeanspruchung ausgesetzt worden. Die Belastungen entsprechen ungefähr den Beanspruchungen eines mehrjährigen Betriebes. Das Verhalten beider Bauwerke bis zum Eintreten der ersten Zerstörungen wurde beobachtet und verglichen.*

Die meisten Bauwerke, insbesondere die Brücken, erfahren durch häufig sich wiederholende Belastungen eine mehr oder weniger starke Dauerbeanspruchung. Der einwandfreie Nachweis hervorgerufener Ermüdungs- und Alterungserscheinungen ist besonders bei den in Benutzung befindlichen Bauwerken außerordentlich schwierig.

Die dazu erforderlichen Dauerversuche an Einzelstäben sowie ihrer Verbindungen, wie sie heute in immer steigendem Maß in der Prüftechnik eingeführt werden, können die wirklichen Vorgänge im Bauwerk niemals völlig erfassen und müssen durch entsprechende Versuche am ganzen Bauwerk ergänzt werden.

Die vom Reichsbahnzentralamt Berlin vorgenommenen Dauerversuche[1]) an einer ausgebauten eisernen Fußgängerbrücke und an geschweißten Versuchsträgern hatten einen doppelten Zweck. Es sollte festgestellt werden, wie sich eine Brücke gegenüber Dauerbeanspruchungen verhält: insbesondere sollten die Unterschiede zwischen genieteten und geschweißten Konstruktionen im Hinblick auf die neuere Entwicklung der Schweißtechnik ermittelt werden. Sodann sollten die im Laufe der Dauerversuche sich einstellenden Veränderungen der Brücken, und zwar vor allem ihre dynamischen Eigenschaften[2]), erfaßt werden, um gegebenenfalls Rückschlüsse auf den Bauzustand im Betrieb befindlicher Brücken zu ermöglichen.

## Versuchsanordnung

Die Brücken wurden auf einen Prüfstand gestellt und einer der wirklichen Einwirkung des Betriebes möglichst nahekommenden dynamischen Wechselbeanspruchung, einschließlich der ständig vorhandenen, statischen Eigengewichtvorlast, ausgesetzt.

Zur Erzeugung der erforderlichen äußeren Kräfte wurden zwei sogenannte Erschütterungsmaschinen, Bauart *Späth-Losenhausen*[3]), benutzt. Jede Maschine besteht aus zwei durch einen Elektromotor gegenläufig angetriebenen Schwungmassen. Hiermit können beliebig gerichtete, verschieden starke, sinusförmig veränderliche Kraftimpulse von beliebiger Frequenz ausgeübt werden. Die Impulse entsprechen ungefähr den Kraftwirkungen der unausgeglichenen hin- und hergehenden Massen des Triebwerkes von Dampflokomotiven, wie sie im praktischen Fahrbetrieb wirklich auftreten, nur mit dem Unterschied, daß hier die gleichzeitige Vorwärtsbewegung dieser Massen fortfällt.

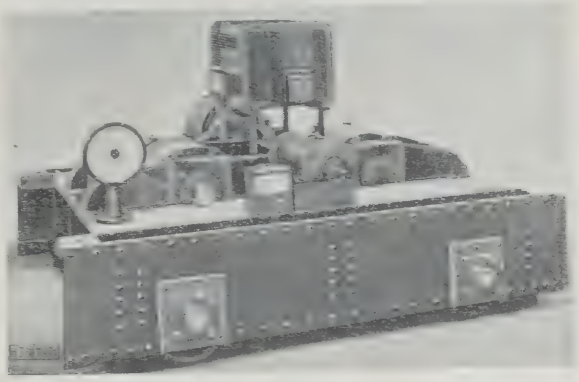


Abb. 1
Arbeitsmaschine für Schwingungsuntersuchungen (Erschütterungsmaschine).
Größte zulässige Fliehkraft bei 8,5 U/s 2,85 t, bei 9,5 U/s 1,1 t.

Die größere Erschütterungsmaschine, die sogenannte Arbeitsmaschine, Abb. 1, diente zur Erzeugung von lotrechten Kräften, und zwar konnten im Höchstfall Fliehkräfte von 2850 kg mit ihr ausgeübt werden; die kleinere Erschütterungsmaschine, die sogenannte Meßmaschine, Abb. 2, hatte die Aufgabe, in den Arbeitspausen die Veränderung der dynamischen Eigenschaften der Brücken im Verlauf der Dauerbeanspruchung zu messen. Mit der kleinen Maschine konnten im Höchstfall periodische Kräfte von 900 kg, und zwar nicht nur in lotrechter, sondern auch in jeder beliebigen andern Richtung ausgeübt werden. Da ihre Exzentergewichte in Rollenlagern ruhen und die Exzenterstellungen der Schwungmassen sorgfältig ausgewogen sind, konnten hiermit alle Veränderungen, die sich im Laufe des Versuchs ergaben, also in erster Linie Veränderungen der Brückeneigenfrequenz sowie der zur Bewegung der Schwungmassen durch den Elektromotor verbrauchten Leistung einwandfrei festgestellt werden.

Um große Durchbiegungen oder Schwingungsausschläge und mithin Beanspruchungen der Versuchsbrücken zu erreichen, mußten diese möglichst im Takt ihrer Eigenschwingung durch die umlaufenden Schwungmassen erregt werden. Damit jedoch nur geringe Arbeitsverluste durch Nachgeben oder Mitschwingen der Widerlager entstehen konnten, benutzte man bis 38 m³ große Betonblöcke als Widerlager.

Die Versuche wurden in folgender Weise durchgeführt: Zunächst sind mit Hilfe der Meßmaschine die dynamischen Eigenschaften durch Aufnahmen von sogenannten Resonanzkurven bestimmt worden, um den Zustand der Brücke vor Versuchsbeginn festzustellen. Hierauf wurde die Meßmaschine außer Betrieb gesetzt und mit der Arbeitsmaschine der Brücke eine bestimmte Anzahl von Belastungswechseln aufgedrückt. Nach Abschaltung der Arbeitsmaschine konnte man dann die dynamischen Werte durch Aufnahme von Resonanzkurven mit Hilfe der Meßmaschine erneut aufnehmen, um auf diese Weise etwa sich zeigende Veränderungen festzustellen.

Abb. 2
Meßmaschine für Schwingungsuntersuchungen.
Größte zulässige Fliehkraft bei 8,25 U/s 900 kg, bei 15 U/s 450 kg.

[1]) Über nähere Einzelheiten, insbesondere die praktischen und theoretischen Vorarbeiten, vergl. a. *R. Bernhard* und *W. Späth*, „Der Stahlbau" Bd. 2 (1929) Nr. 6 S. 61 u. f.

[2]) *W. Hort*, Stoßbeanspruchungen und Schwingungen der Hauptträger statisch bestimmter Eisenbahnbrücken; „Bautechnik" 6. Jahrg. 1928 S. 37 u. f.

[3]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 27 S. 963.

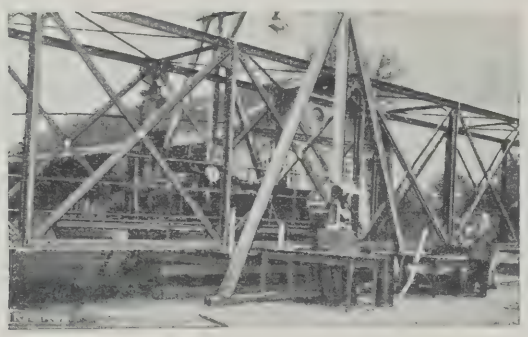


Abb. 4
Gesamtansicht der genieteten Brücke auf dem Versuchsstand.

Die Überwachung und Aufzeichnung der Durchbiegungen, Spannungen, Schwingungen und Beschleunigungen erfolgte bei sämtlichen Versuchen auf elektrisch-optischem Wege mit Hilfe von Kohlenfernmessern und Oszillograph[4]), worauf hier jedoch nicht näher eingegangen werden soll.

### Genietete Brücke

Zur Verfügung stand eine im Jahre 1888 erbaute Fußgängerbrücke aus Schweißeisen, die bis 1899 in Benutzung war, von rd. 35 m Stützweite, mit 3,2 m hohen Fachwerkträgern und gekreuzten Flacheisendiagonalen. Die Eigenschwingungszahl (Resonanzlage) der Brücke betrug rd. 4 Hertz.

Um günstigere Versuchsbedingungen zu erreichen, mußte durch Kürzung der Brücke um drei Felder, also auf eine Spannweite von etwa 25 m, Abb. 3, ihre Eigenschwingung auf rd. 6 Hertz erhöht und somit eine größere Umlaufzahl der Erschütterungsmaschinen mit entsprechend stärkerer Kraftwirkung erreicht werden. Die Fundamente waren breit genug ausgebildet, so daß die Spannweite nötigenfalls noch um ein weiteres Feld verkürzt werden konnte; die damit erreichbare Erhöhung der Eigenschwingungszahl auf 9 Hertz hätte der höchstzulässigen Umlaufzahl der Schwungmassen der Arbeitsmaschine bei größter Exzentrizität der Wuchtmassen entsprochen.

Die Meßmaschine wurde, damit man möglichst genaue Eichergebnisse erhielt, über dem mittelsten Querträger, die Arbeitsmaschine seitlich daneben befestigt, Abb. 3 und 4. Zwischen den beiden Maschinen konnte ein Zusatzgewicht von 1100 kg aufgebracht werden, damit man gegebenenfalls Federkonstante und schwingende Masse der Brücke bestimmen, sowie statische Belastungs- und Eichversuche durchführen konnte.

### Geschweißte Brücke

Die zur Verfügung stehenden geschweißten Fachwerkträger stammten aus einer Versuchsreihe, die gemeinsam von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft und dem Deutschen Stahlbau-Verband durchgeführt worden ist.

Zwei von den seinerzeit nicht für dynamische Dauerversuche, sondern rein statische Belastungsproben bestimmten Fachwerk-Hauptträgern wurden für die vorliegenden Zwecke zu einem räumlichen Tragwerk durch Einschweißen eines oberen und unteren K-förmigen Flachverbandes vereinigt. Auf diese Weise entstand eine 9 m weit gespannte, 2,25 m breite Brücke mit zwei 1,50 m hohen Hauptträgern, von je drei Feldern, Abb. 5. Beide Hauptträger zeichneten sich, entsprechend den bei den oben erwähnten statischen Versuchen geforderten Bedingungen, durch eine verschiedene Anordnung und Wahl der Stabquerschnitte aus. Auch waren die Schweißverbindungen beider Hauptträger aus hier nicht zu erörternden Gründen an den Knotenpunkten verschieden ausgebildet.

[4]) *R. Bernhard*, Beitrag zur Brückenmeßtechnik. Neuere Messungen dynamischer Brückenbeanspruchungen. „Der Stahlbau" Bd. 1 (1928) S. 145 u. f. — Der Kohlenfernmesser beruht auf der Änderung des elektrischen Widerstandes bei Druckschwankungen einer aus mehreren aneinander geschichteten Kohlenscheibchen bestehenden Säule. Die durch Spannungsschwankungen des zu untersuchenden Stabes hervorgerufenen Längenänderungen oder die Beschleunigungen an irgend einer Meßstelle werden auf die Kohlensäulen übertragen und als elektrische Stromschwankungen vom Oszillographen optisch-photographisch aufgezeichnet.

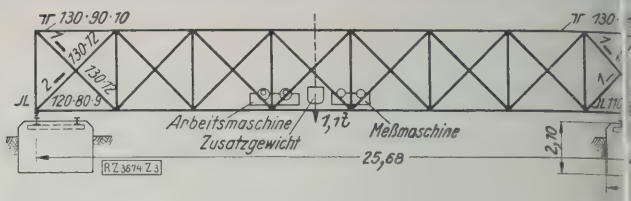



Abb. 3
Versuchsanordnung bei der genieteten Brücke.

Die Eigenschwingungszahl dieser geschweißten F werkbrücke betrug infolge der kurzen Stützweite und verhältnismäßig großen Stabquerschnitte 35 Hertz. beide Erschütterungsmaschinen im Höchstfall nur pe dische Impulse von 15 Hertz abgeben können, und periodischen Impulse in Resonanz mit der Eigenschw gung der Versuchsbrücke erfolgen sollten, mußte die Ei schwingungszahl der Versuchsträger, im Gegensatz zu genieteten Konstruktion erheblich herabgedrückt wer

Durch Aufbringen einer Zusatzlast von rd. 10 t, Form von Schienenstapeln, ist es gelungen, die Eig schwingungszahl bis auf rd. 10 Hertz zu vermindern.

Beide Maschinen konnten in Brückenmitte angebra werden, die Eichmaschine über den mittleren Oberg Knotenpunkten, die Arbeitsmaschine auf den Untergur des Mittelfeldes, s. a. Abb. 6. Damit die Schweißnähte Untergurt des mittelsten Knotenpunktes nicht vorze abrissen, wurden die periodischen Kraftimpulse Arbeitsmaschine durch Zuganker auf die mittleren O gurt-Knotenpunkte übertragen.

## Versuchsergebnisse

### Genietete Brücke

Die Schaulinien in Abb. 7 bis 16 sind dadu entstanden, daß als Abszisse die jeweilige, sekundliche laufzahl der Schwungmassen der Meßmaschine, die Umlaufzähler der Maschine abgelesen wird, und als O nate die zu ihrer Umdrehung erforderliche, mit Hilfe ei Wattmeters gemessene Leistung aufgetragen worden Man erhält auf diese einfache Weise Frequenz-Leistur Diagramme, deren deutlich ausgeprägte Spitzen die Eig schwingungszahl der Brücke, ihre Resonanzlage, anzei

Trägt man nun auf der X-Achse die von der Arbe maschine auf die Brücke während der Dauer des gan Versuchs ausgeübten Impulse oder die Versuchsda und auf der Y-Achse die jeweils aus den oben beschri nen Resonanzkurven sich ergebenden Eigenfrequ zahlen der Brücke in Hertz auf, so erhält man ein puls-Resonanz-Diagramm, Abb. 17.

Aus Abb. 7 bis 16 und 17 können folgende Schlü gezogen werden:

Die Resonanzspitzen zeigen zunächst ein k nes Ansteigen, um mit zunehmender Belastungsdauer wi abzunehmen. Zur Erklärung dieses anfänglichen Steig der Eigenfrequenz, das auch bei der geschweißten Brü auftrat, können vorläufig nur Vermutungen angest werden. Zunächst könnte man annehmen, daß eine gew Verfestigung der Verbindungen, gleichsam ein Einrüt bis zu einem gewissen Ausgleichzustand in der Spannu verteilung stattfindet. Vielleicht ist diese Erscheinung a Temperatureinflüssen zuzuschreiben, oder aber es m sich ein Einfluß der keineswegs als starr anzusehen Fundamente bemerkbar. Ein Feststampfen des die Wi lager tragenden Bodens im Verlauf der Versuche kö demnach auch zur Erklärung herangezogen werden. nach Überschreitung von etwa 50 000 Impulsen (rd. 2 Versuchsdauer) beginnt sich eine Lockerung der Ver dungen durch Absinken der Kurven bemerkbar zu mac

Die nach etwa 200 000 Impulsen, also rd. 10 h Da versuch, eingeschaltete Ruhepause von 14 h hat sch bar eine gewisse Erhöhung, d. h. ein abermaliges steigen auf den vorherigen höchsten Stand der Imp resonanzkurve hervorgerufen.

Die nacheinander aufgetretenen Brüche der einze Stäbe, vor allem der Schrägen, prägen sich durch r artiges Abfallen der Frequenzkurve stark aus. Infolge Biegungsschwingungen, die gleichsam ein Flattern schlaffen Schrägen verursachten, war vorauszusehen, die ersten Brüche in diesen Schrägen auftreten muß und zwar in den Endfeldern mit den größten Eigengewic

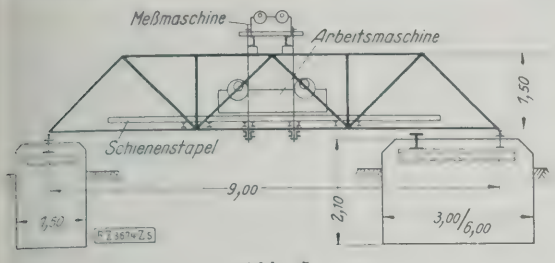



Abb. 5
Versuchsanordnung bei der geschweißten Brücke.

erkräften. Die Brüche gingen ausnahmslos durch die sten Nietlöcher der Knotenblechanschlüsse. Ebenso ist leicht erklärlich, daß zunächst die zum Auflager fallenden hrägen rissen, da bei ihnen das Flattern infolge Über- egens der Druckkräfte am ausgeprägtesten zur Geltung m. Ein gleichzeitig aufgenommener Zeitlupenfilm[5]) (Bild- chsel bei der Aufnahme etwa 150 in 1 s) läßt diese llenförmigen Verbiegungen sämtlicher Diagonalen deut- h erkennen. Der Überbau mit schlaffen Schrägen war für e Versuche zum Nachweis von Dauer- oder Alterungs- scheinungen daher nicht besonders geeignet, weil die üche bereits nach verhältnismäßig kurzer Versuchs- uer eintraten.

Trotz Fehlens beider Diagonalen eines Feldes gegen ide des Versuches stürzte das Bauwerk nicht ein. Ein il der Kräfte wurde durch den zweiten, unbeschädigten uptträger mit Hilfe der Querverbände, der Rest durch e Rahmenwirkung der steifen Knotenbleche übertragen. er konnte sogar eine größere Arbeitsaufnahme in diesem hmenviereck durch die, wenn auch nur schwache Er- irmung der Niete festgestellt werden.

Die gegen Versuchsende auftretende zweite Spitze der sonanzkurven, Abb. 13, 15 und 16, ist, wie auch später i dem geschweißten Überbau nachgewiesen wird, einer rdrehungsschwingung zuzuschreiben. Diese Verdrehungs- hwingung liegt bei Versuchsbeginn verhältnismäßig hoch d tritt daher nicht in Erscheinung. Jedenfalls geht dar- s hervor, daß auch die Verdrehungssteifigkeit einer ücke von ihrem Bauzustand abhängig ist und in Zukunft enfalls beobachtet werden muß. Die nach Eintreten von üchen in den Querverbänden, infolge fehlender Quer- eifigkeit auftretende, tief liegende Verdrehungsschwingung nnte deutlich mit bloßem Auge beobachtet werden. Es ht daraus die wichtige Aufgabe der Querverbindungen neut hervor, die nicht nur zur einfachen Übertragung n Lasten, sondern durch ihre versteifende Wirkung auch m Ausgleich der Kräfte in beiden Hauptträgern dienen d mithin eine gewisse Sicherheitsreserve bilden.

Das Ansteigen und spätere Abfallen zeigt sich auch in em Impuls-Leistungs-Diagramm, Abb. 18, dem die bei der Resonanzspitze am Wattmeter abge- sene Leistung als Ordinate aufgetragen worden ist. Die sgesamt verbrauchte Arbeit während des Dauerversuches trug rd. 9,5 kWh oder 3 500 000 mkg. Ungefähr die älfte dieses Betrages diente zur Deckung der Leerlauf- rluste der Arbeitsmaschine selbst, während die andre älfte durch Reibungsarbeit zwischen den Knotenblechen d Nieten, innere Verformungsverluste der Einzelstäbe, eibung der Auflager und Fundamente, Luftwiderstand i der Schwingbewegung usw. vernichtet wurde.

Zu dem Impuls-Dämpfungs-Diagramm, bb. 19, bei dem sinngemäß auf der Y-Achse die jeweilige ämpfung in Abhängigkeit von der Versuchsdauer auf- tragen wurde, ist zu sagen, daß die Dämpfung im Laufe s Versuchs zunächst allmählich, nach Eintritt der Brüche er rasch zunimmt. Die Dämpfung steigt von 0,1 bis wa 1, erreicht also verhältnismäßig hohe Werte. Hier- i ist zu berücksichtigen, daß ein Teil dieses Anwachsens r Dämpfung einer Vergrößerung der Ausschläge gegen ersuchsende zuzuschreiben ist. Die Dämpfung hätte gentlich stets bei gleicher Auslenkung bestimmt werden üssen. Die Fliehkraft der Wuchtmassen, die während s ganzen Versuches möglichst beibehalten wurde, ent- richt jedoch mehr den wirklichen Beanspruchungen.

Die auf der Y-Achse aufgetragene Durchbie- ung, Abb. 20, steigt im Laufe des Versuches erheblich . Infolge des Auftretens von Brüchen in den verschie-

[5]) Der Film wurde in der Herbsttagung der Deutschen Gesellschaft r Bauingenieurwesen am 2. Oktober 1929 vorgeführt.

Abb. 6. Gesamtansicht der geschweißten Brücke auf dem Versuchsstand.

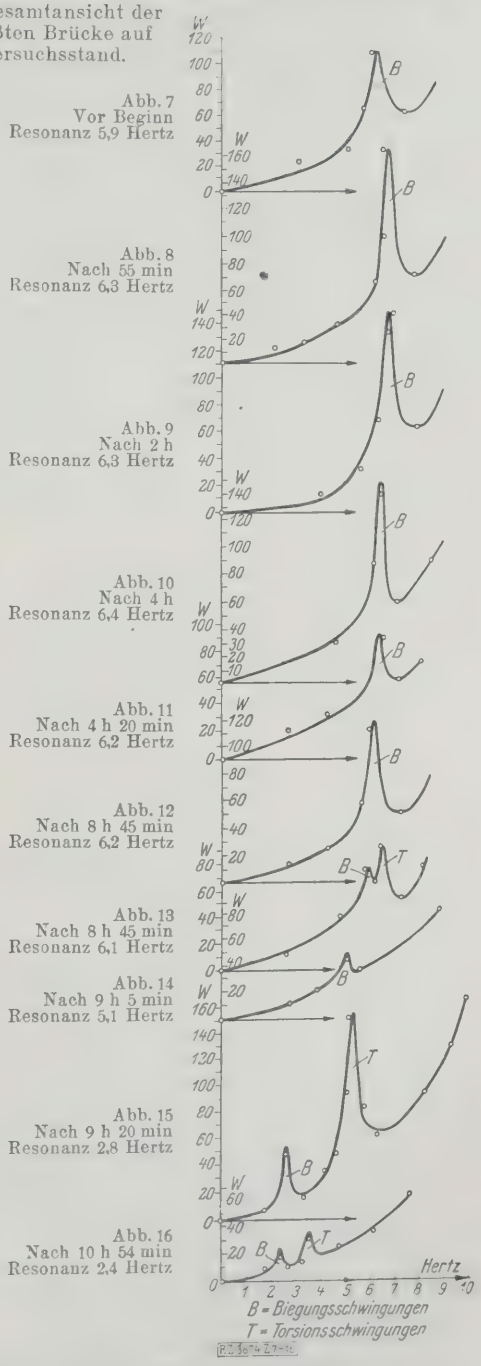



**Abb. 7 bis 16.** Genietete Brücke. Frequenz-Leistungs-Diagramme der Meßmaschine. Die Leistungsspitzen (*W*) zeigen die Eigenschwingungszahl an.

denen Stäben verringerte sich die Steifigkeit der Brücke, womit die größeren Einsenkungen ohne weiteres zu erklären sind. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß alle die Durchbiegung hervorrufenden Kraftimpulse während der Versuchsdauer nicht gleich gehalten werden konnten, da das Sinken der Fliehkraft der Schwungmassen mit abnehmender Frequenz und zunehmender Dämpfung gegen Versuchsende durch Vergrößerung der Exzentrizität sich nicht völlig ausgleichen ließ, s. a. Abb. 21.

Gegen Versuchsende betrug die Auslenkung bei einer periodischen Kraft von 10 t rd. ± 5,5 cm (im Anfang bei 30 t nur ± 1 cm), eine Durchbiegung, die infolge ihrer Größe und ihrer dauernden Wiederholung einen ungewohnten Anblick bei einer 25 m langen Brücke bildete.

Im Impuls-Kraft-Diagramm, Abb. 21, sind auf der Y-Achse die jeweils größten von den beiden Maschinen im Laufe des Versuches erzeugten periodischen Kräfte, und zwar gleich die infolge dynamischer Wirkung (Aufschaukelung) mit dem erforderlichen Verstärkungsfaktor multiplizierten Fliehkräfte der Schwungmassen aufgetragen. Der Verstärkungsfaktor ist diejenige Zahl, mit der man die Fliehkräfte der Erschütterungsmaschine multiplizieren muß, um die Wicklung der Aufschaukelung, d. h. des allmählichen Anwachsens der Schwingungsausschläge berücksichtigen und die wirkliche Beanspruchung der Trägerteile berechnen zu können.

Das gleichmäßige Abfallen des Diagramms ist eine Folge der im Laufe des Versuches immer kleiner werdenden Eigenfrequenz der Brücke, der entsprechend geringeren Umlaufzahl der Schwungmassen sowie der mithin schwächeren Kraftimpulse der Erschütterungsmaschine, die, wie bereits vorhin erwähnt, durch größere Exzentrizität der Wuchtmassen nicht völlig ausgeglichen werden konnten.

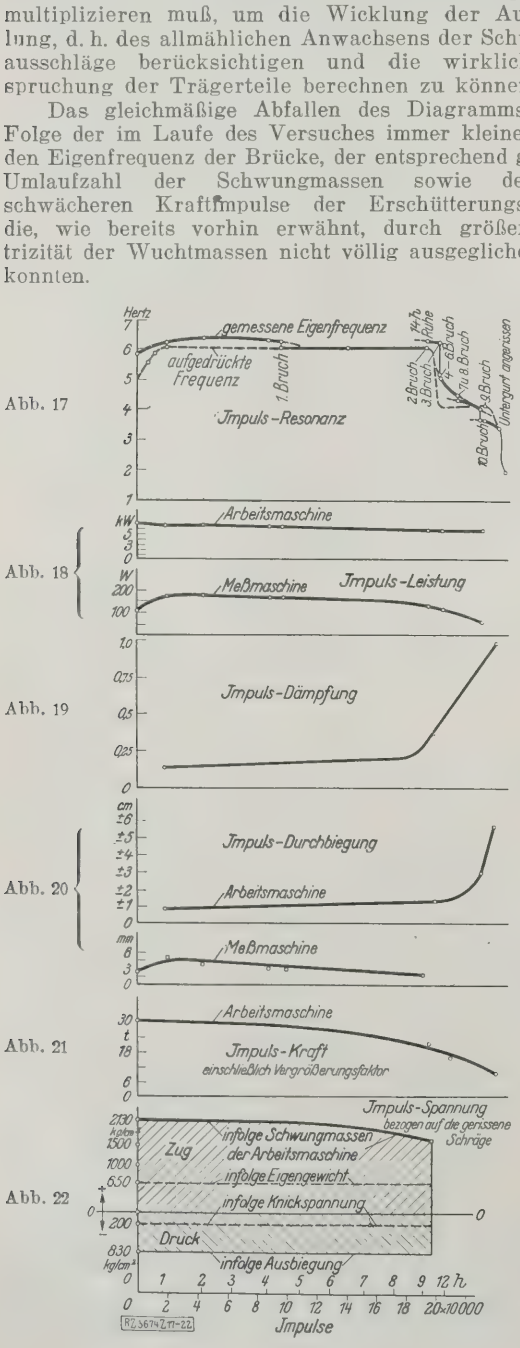



**Abb. 17 bis 22** Genietete Brücke. Impuls-Diagramme.

Das in Abb. 22 dargestellte Impuls-Spannun Diagramm für die zuerst gerissene Endschräge z eine Wechselbeanspruchung von + 2130 kg/cm² — 830 kg/cm². Die Zugspannung fällt allmählich bis + 1600 kg/cm² ab. Die auf der Y-Achse aufgetragenen spannungen setzten sich aus den durch die Fliehkräfte Arbeitsmaschine hervorgerufenen Beanspruchungen ihrer oben bereits erwähnten Vergrößerung infolge dynamischen Aufschaukelung zusammen; die Druckkr werden durch die Knickkraft einerseits und die zus liche Biegungsspannung infolge Flatterwirkung (etwa 6 Auslenkung) anderseits hervorgerufen.

### Versuchsdauer

Nach fünfzehnstündigem Dauerversuch, d. h. rd. 240 Lastwechseln, wurden die Versuche abgebrochen. Eigenschwingung der Brücke war auf etwa 2 Hertz sunken, nachdem die abstehenden Winkelschenkel Ober- und Untergurtes durch zusätzliche Biegungsbe spruchung und infolge Einspannung am Auflager eb falls eingerissen waren.

Obgleich die Brücke noch ein schwingungsfähiges bilde darstellte, ließ jedoch die durch die Brüche in Flachverbänden erheblich verminderte Quersteifigkeit Fortsetzung der Versuche unzweckmäßig erschein Jedenfalls hat sich die Brücke entgegen allen Erwartun noch als sehr widerstandfähig in bezug auf alle dyna schen Beanspruchungen, trotz des bereits ziemlich v vorgeschrittenen Verrostungszustandes erwiesen. Es nicht ausgeschlossen, daß gerade dieser Verrostun zustand, gleichsam durch Aneinanderwachsen der V bindungen, zu ungewöhnlichen Erscheinungen geführt

Die Ursachen der Zerstörung der einzelnen Stäbe la jedenfalls lediglich in den zusätzlichen Biegungsbe spruchungen infolge der schlaffen Schrägen an Stelle jetzt allgemein üblichen steifen Diagonalen.

### Werkstoffuntersuchung

Die Ergebnisse der Werkstoffuntersuchung einiger brochener sowie auch wenig beanspruchter Einzelt zeigen keine wesentlichen Unterschiede, aus denen auf sondre Ermüdungserscheinungen zu schließen wäre. Schweißeisen war von hoher Güte, der Zerreißversuch gab für die Streckgrenze i. M. 27,6 kg/mm², an der Bru grenze von 37 kg/mm² eine Dehnung von 18,8 vH eine Einschnürung von 26,2 vH. Die mittlere Wech spannung betrug also das 0,7fache der reinen Bru spannung und stimmt mit der Spannung an der Stre grenze fast überein.

Das für Schweißeisen so bezeichnende schiefrige A sehen geht aus der in Abb. 23 dargestellten Bruchst deutlich hervor.

Nach *P. Ludwik*, Wien[6]), beträgt das Verhältnis Zugfestigkeit zur reinen Schwingungsfestigkeit 0,45 0,61 (für Stahl St 37 : $\sigma_{Schw} = 19$ kg/mm²). Der bei d vorliegenden Versuch sich ergebende größere Wert

[6]) *P. Ludwik:* Bruchgefahr und Materialprüfung. Bericht N des Schweizerischen Verbandes für die Materialprüfungen der Tech Zürich, November 1928.

**Abb. 23** Bruchfläche eines gebrochenen Stabes der genieteten Brücke.

äßt sich möglicherweise damit erklären, daß die Stäbe er reinen, sondern einer gleichsam etwas einseitigen hselbeanspruchung unterworfen wurden, der sich die sche Vorlast infolge Eigengewicht überlagert. In n Fall ergibt sich eine, mit steigender Vorlast ebenteigende obere zulässige Belastungsgrenze[7]).

Ein Dauerbiegeversuch konnte leider nicht durchget werden, da sich das dafür erforderliche Profil nicht den zu dünnen Brückenstäben herausarbeiten ließ.

### Geschweißte Brücke

Die Versuchsergebnisse wurden in derselben Weise bei der genieteten Brücke in Form von Schaubilrn aufgetragen. Da der Bruch bereits nach einer entlich kürzeren Versuchsdauer eintrat, konnten nur ige Meßpunkte gewonnen werden. Sie genügten jedoch, zu erkennen, daß sämtliche Diagramme dieselbe Chateristik wie bei der genieteten Brücke aufweisen.

Im Frequenz-Leistungs-Diagramm zeigten auch hier Kurven scharf ausgeprägte Resonanzspitzen, Abb. 24 27. Die Abnahme der Höhenordinate beruht ebenfalls auf, daß mit der geringeren Eigenfrequenz der Brücke der sich damit ergebenden kleineren Umlaufzahl und hin periodischen Kräfte der Schwungmassen der Meßschine auch die erforderliche Leistung des Antriebors kleiner wurde.

Die zunächst ebenfalls auftretende Zunahme der ickeneigenschwingungen, der sich erst später eine Abme, Abb. 28, anschloß, zeigt, daß auch hier die bei der ieteten Brücke wirksamen Einflüsse vorhanden waren, leich weniger mit einem Einrütteln der Schweißverdungen als mit einem Spannungsausgleich in den weißnähten zu rechnen ist. Der größte Wert wurde eits nach rd. 11 500 Impulsen oder 19 min Versuchser erreicht, also etwa der Hälfte der bis zum ersten ch erforderlichen Impulse. Bei der genieteten Brücke r dieser Höchstwert bereits nach einem Viertel der insamt aufgebrachten Belastungswechsel erreicht.

Das ruckartige Abfallen der Frequenzkurve im Augenk des Bruches nach rd. 21 000 Impulsen oder 38 min rsuchsdauer ist abermals deutlich erkennbar. Der uch trat erwartungsgemäß, genau wie auch bei den ein-

[7]) *O. v. Bohuszewicz* und *W. Späth*, Bericht 135 des Werkstoffaususses des Vereines deutscher Eisenhüttenleute.

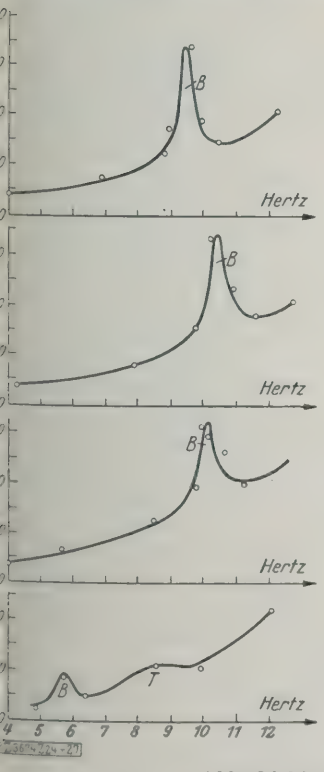



Abb. 24. Vor Beginn Resonanz 9,5 Hertz

Abb. 25. Nach 12 min Resonanz 10,35 Hertz

Abb. 26. Nach 38 min Resonanz 10,02 Hertz vor dem Bruch

Abb. 27. Nach 38 min Resonanz 5,72 Hertz nach dem Bruch

*B* Biegungsschwingungen
*T* Torsionsschwingungen

**Abb. 24 bis 27**
Geschweißte Brücke. Frequenz-Leistungs-Diagramme.

gangs erwähnten statischen Belastungsversuchen, an der Schweißnaht einer Endschräge auf, und zwar am Obergurt des mit stumpfen Anschlüssen ausgeführten Hauptträgers, Abb. 33. Da bei sämtlichen Schweißnähten aus besonderen Gründen eine um 60 vH höhere rechnerische Spannung als in den Stäben zugelassen war, und in den Endfeldern die größten Querkräfte infolge Eigengewichtes auftraten, die infolge der oben erwähnten Zusatzbelastung verhältnismäßig groß waren, ist der Bruch an dieser Stelle leicht erklärlich.

Auch hier übertrugen die Querverbindungen die Kräfte auf den unversehrt gebliebenen, zweiten Hauptträger, so daß der Bruch keinen Einsturz zur Folge hatte.

Die nach dem Bruch sofort sehr stark verringerten Verdrehungseigenschwingungen gehen, ebenso wie bei dem genieteten Überbau, aus dem unmittelbar danach aufgenommenen Frequenz-Leistungs-Diagramm, Abb. 27, deutlich hervor.

Das Impuls-Leistungs-Diagramm, Abb. 29, hat einen annähernd waagerechten Verlauf, ähnlich wie bei der genieteten Brücke. Der Arbeitsverbrauch betrug insgesamt 4,26 kWh oder 1 530 000 mkg, also etwas weniger als die Hälfte des Versuchs mit der genieteten Brücke.

Wie aus dem Impuls-Dämpfungs-Diagramm, Abb. 30, hervorgeht, steigen die Dämpfungswerte von etwa 0,1 auf etwa 0,32, Abb. 30, erreichen also nicht die verhältnismäßig hohen Werte des genieteten Trägers, schon weil der Versuch an dem geschweißten Träger bereits nach Eintritt des ersten Bruches eingestellt werden mußte.

Auch beim Impuls-Kraft-Diagramm ist ein gleichmäßiges Abfallen festzustellen, Abb. 31. Die Kraftimpulse konnten auch bei Versuchsbeginn nicht über 53 t gesteigert werden, da die Erschütterungen in der Umgebung zu unangenehmen Störungserscheinungen führten. Der Dauerversuch mußte daher, insbesondere weil auch die Leistungsfähigkeit des Antriebmotors für die Wucht-

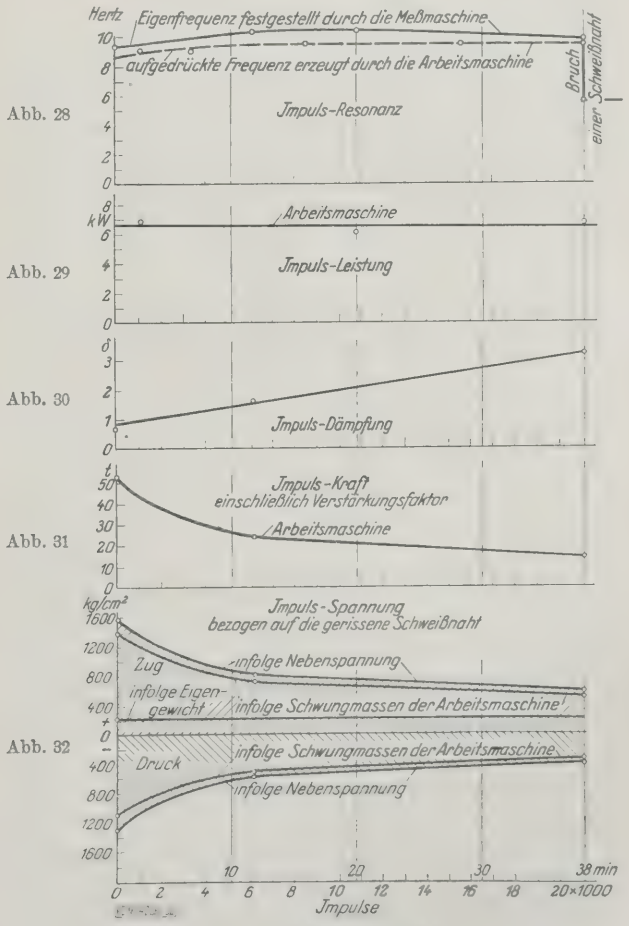



**Abb. 28 bis 32**
Geschweißte Brücke. Impuls-Diagramme.

massen nicht ausreichte, unterhalb der im Gegensatz zu der genieteten Brücke ziemlich hohen Brückeneigenschwingung durchgeführt werden. Die Bestimmung der Kraftimpulse kann infolgedessen keinen Anspruch auf allzu große Genauigkeit machen.

Das Impuls-Spannungs-Diagramm der gerissenen Schweißnaht, Abb. 32, zeigt im Anfang die sehr erhebliche Wechselbeanspruchung von + 1598 bis — 1324 kg/cm², die am Ende des Versuches auf + 622 bis — 348 kg/cm² abfiel.

Die Spannungen setzten sich aus den Beanspruchungen durch die Kraftimpulse der Arbeitsmaschine und den beträchtlichen Nebenspannungen, besonders durch Biegung an der Schweißnaht infolge der verhältnismäßig steifen Schrägen zusammen. Den Zugspannungen ist noch die statische Eigengewichts- und Maschinenlast hinzuzufügen.

### Versuchsdauer

Nach insgesamt 40 min Versuchsdauer, d. h. rd. 22 400 Impulsen wurden die Versuche abgebrochen, da diese Art der Schweißverbindung, im Zusammenhang mit steifen Anschlußstäben, den erheblichen dynamischen Beanspruchungen nicht gewachsen war, wobei hier nochmals betont sei, daß dieses ungünstige Urteil nur für diese stumpfe Schweißverbindung zutrifft.

### Werkstoffuntersuchung

Die Werkstoffuntersuchung konnte sich nur auf die Beschaffenheit der Stäbe aus St 37 und nicht auf die Schweißnähte erstrecken. Es ergab sich eine mittlere Spannung an der Streckgrenze von 28,3 kg/mm², an der Bruchgrenze von 38,9 kg/mm², also ganz normale Werte. Auch für die Ermüdungsfestigkeit eines untersuchten Probestabes aus St 37 ergab sich aus dem Dauerbiegeversuch ein hoher Wert. Diese gute Beschaffenheit der Einzelstäbe hat den Bruch in der Schweißnaht ebenfalls beschleunigt. Irgendwelche Schlüsse in bezug auf besondere Ermüdungserscheinungen des Werkstoffes selbst lassen sich auch hieraus noch nicht ziehen.

### Zusammenfassung

Nimmt man, um eine praktische Vergleichsmöglichkeit zu gewinnen, an, daß der genietete und der geschweißte Überbau die Aufgabe einer Eisenbahnbrücke zu erfüllen hätten, so könnte unter der Voraussetzung einer halbstündigen Zugfolge, bei der während einer Überfahrt nur einmal die Höchstspannung erzeugt wird, die Versuchsdauer bis zum Bruch bei der genieteten Brücke etwa 13 Betriebsjahren gleichgesetzt werden. Eine entsprechende Übertragung auf die geschweißte Brücke ergäbe dagegen 1¼ Betriebsjahre.

Beide Zahlen können in diesem Zusammenhang nur die Möglichkeit von Dauerversuchen in verhältnismäßig kurzer Zeit beweisen, lassen aber noch nicht Vergleiche hinsichtlich der Haltbarkeit beider Bauweisen zu.

Jedenfalls scheint aus beiden Versuchen hervorzugehen, daß bei zukünftigen dynamischen Untersuchungen von im Betrieb befindlichen Brücken, die natürlich nicht bis zur Zerstörung geführt werden dürfen, ein Ansteigen der Eigenfrequenz im Verlauf von Versuchen, z. B. in mehrjährigen Abständen, auf eine Verfestigung, d. h. guten Zustand des Bauwerks geschlossen werden kann. Ein ansteigender Ast der Eigenfrequenzkurve deutet zum mindesten an, daß schädliche Einflüsse des Betriebes noch nicht zur Wirkung gekommen sind.

Die Ergebnisse dieser erstmalig durchgeführten Versuche können vorläufig wie folgt zusammengefaßt werden:

1. Das Verfahren ermöglicht die Durchführung derartiger Dauerversuche an fertigen Bauwerken und Vergleiche zwischen verschiedenen Konstruktionen in äußerst kurzer Zeit.

   Insbesondere bei geschweißten Bauwerken wird dieses Versuchsverfahren Bedeutung gewinnen, da die üblichen Verfahren der dynamischen Werkstoffprüfung an einzelnen Schweißraupen oder Schweißnähten schwer durchzuführen sind.
2. Eine gewisse Erhöhung der Eigenfrequenz scheint innerhalb einer bestimmten Anzahl von Lastwechseln einzutreten.

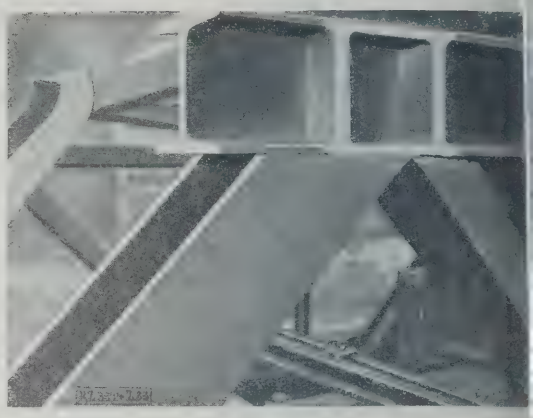


**Abb. 33**
Geschweißte Brücke.
Obergurtknotenpunkt nach dem Bruch.

3. Eine Erholung nach längeren Pausen, die praktischen Betrieb stets vorhanden sind, wird a nach Überschreitung des Höchstwertes obiger scheinung zunächst ebenfalls zugunsten der Da festigkeit der Konstruktion anzunehmen sein.
4. Brüche einzelner Konstruktionste machen sich in einer sprunghaften Erniedrigung Eigenfrequenz der verschiedenen Freiheitsgrade merkbar.

   Irgendwelche endgültigen Schlüsse über die wendung des Verfahrens auf in Benutzung bef liche Bauwerke, die naturgemäß nicht bis zum Br beansprucht werden können, lassen sich noch n ziehen. Ebenso können eindeutige Hinweise auf Ursprungs- und Wechselfestigkeit von genieteten geschweißten Konstruktionen aus diesen Versu noch nicht gewonnen werden.

   Die Versuche sollen an besser geeigneten, zwar eigens für derartige Zwecke unter Berücks tigung der bis jetzt gemachten Erfahrungen struierten Bauwerken planmäßig fortgesetzt wer wobei noch offenstehende Fragen hoffentlich gek werden können.

Dem Berichterstatter ist es eine angenehme Pfl Herrn Dr. phil. *W. Späth*, Düsseldorf-Barmen, an di Stelle seinen Dank für die wertvolle Mitarbeit bei Durchführung und Ausarbeitung der Versuche au sprechen. [B 367

## *Zuschriften an die Schriftleitung*

### Hochdrucklokomotiven „Schmidt“ und „Winterthu

Zu der Rückäußerung von Dr. *Lorenz* in Z. Bd (1929) Nr. 39 S. 1400 erwidere ich:

Ich bin der Auffassung, daß es sich durch den Sch wechsel nicht klären lassen wird, ob die Einführung Hochdruckdampfes oder der Kondensation für den L motivbetrieb von größerem Vorteil ist. Ich selbst bin Ansicht, und darin weiß ich mich eins mit vielen F leuten, daß für eine Lokomotive mit ihrer verhältnism kurzen Betriebzeit die Beschaffungskosten einen erhebli Anteil an den gesamten Betriebskosten ausmachen. Gesamtbetriebskosten verteilen sich etwa zu je einem Dr auf Abschreibung, Brennstoffkosten, Bedienung und haltung. Wenn nun die Beschaffungskosten einer artigen Lokomotivbauart doppelt so hoch sind wie die e Regelausführung und sie etwa 50 vH an Brennstoff spart, so bleiben die Betriebskosten die gleichen. Di Verhältnis wird bei einer Turbolokomotive noch nicht mal erreicht; daher ist der Anreiz für die Bahnge schaften, Turbolokomotiven zu beschaffen, sehr gering. Mehrkosten einer Hochdrucklokomotive Bauart Schmidt genüber einer gewöhnlichen Lokomotive betragen dag nur 15 bis 20 vH; daher sind ihre Aussichten für die führung günstiger, was ja schon aus der Zahl der bi im Bau befindlichen Schmidt-Hochdrucklokomotiven vorgeht. [D 3681]

*O. H. Hartma*

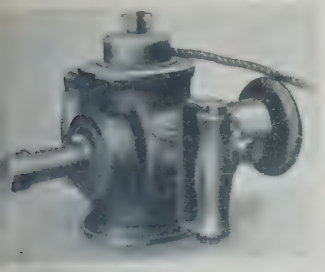


Abb. 1
hstrom-Handbohrmaschine 1895.

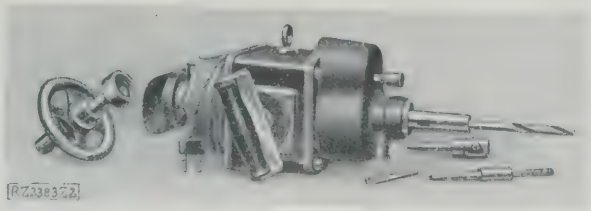


Abb. 2
Drehstrom-Bohrmaschine von 1901.

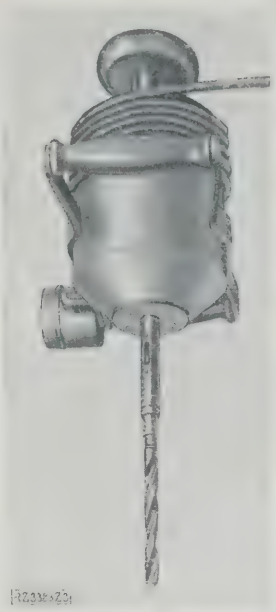


Abb. 3
Handbohrmaschine mit rundem Polgehäuse von 1903.

# Elektrowerkzeuge / Entwicklung und Aufbau

*Von Reichsbahnrat HANS SCHÖNHERR, Kirchmöser*

***Elektrowerkzeuge werden in vielen Fertigungs- und Ausbesserbetrieben gebraucht, eine zusammenfassende Betrachtung ist daher von allgemeinem Wert. Ausgehend von der Erklärung des Begriffes „Elektrowerkzeug" wird eine geschichtliche Übersicht der elektrischen Handbohrmaschine als der Grundform der Elektrowerkzeuge gegeben. Auf die besondere Bedeutung von Leistung und Gewicht wird hingewiesen. Nach einer Betrachtung der Maschinen mit Motoren, die für Gleich- und Wechselstrom verwendbar sind, und einer Besprechung der aus der Handbohrmaschine hervorgegangenen sonstigen Elektrowerkzeuge, wie Elektroschraubenzieher, Schleifmaschinen, Holzbearbeitungsmaschinen und Elektrohämmer, wird die Frage der Niedrigspannungen behandelt.***

## Begriffsbestimmung

nter dem Begriff „Elektrowerkzeuge" faßt man Werkzeuge oder Werkzeugmaschinen zusammen, bei denen elektrische Antrieb mit dem mechanischen Teil des rkzeuges oder der Werkzeugmaschine eine Einheit bil-

Es ist wichtig, diese Erklärung voranzustellen, weil : die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von leif- und Poliermaschinen" (VDE 373) den Begriff genau sen, wenn sie in § 3 sagen: „Elektrische Schleif- und liermaschinen . . . sind Elektrowerkzeugmaschinen, bei ıen der elektrische Antrieb ein Konstruktionselement bil-, also ein unmittelbarer Zusammenhang zwischen Schleifrper und elektrischem Antrieb besteht." Dagegen spre-n die „Regeln für die Bewertung und Prüfung von ndbohrmaschinen" (VDE 366) und die „Regeln für die wertung und Prüfung von Hand- und Support-Schleifschinen" (VDE 338) nur von Maschinen „mit eingebautem ktrischen Antrieb". Sie alle gehören aber nach allgeiner Gepflogenheit zu den Elektrowerkzeugen. Dagegen d die Werkzeuge, wie Feilen, Schleifscheiben u. a., die eine biegsame Welle angeschlossen werden, nicht als ktrowerkzeuge im engeren Sinne anzusehen. Sie wer- daher im folgenden nicht berücksichtigt.

Die von den genannten Regeln erfaßten Elektrowerkge sind zugleich die wichtigsten und gebräuchlichsten. e anderen sind als Sonderausführungen zu bezeichnen, mit natürlich nicht gesagt sein soll, daß dies für alle iten gilt und daß nicht die eine oder andere Firma eine che Sonderausführung wie z. B. den elektrischen Hobel großer Zahl herstellt.

## Bauliche Entwicklung

Welche Bedeutung das Elektrowerkzeug seit seiner Gertsstunde, die in den Anfang der neunziger Jahre des igen Jahrhunderts fällt, erlangt hat, erhellt aus der tsache, daß es heute fast in allen Industriezweigen der tall- und Holzbearbeitung bis zu kleinen Schlosser- und schlereibetrieben herunter in den verschiedensten Ausrungen seinen Eingang gefunden hat. Eisenbahn-Fahrgbau, Kraftwagenbau, Schiffbau, Brückenbau, Kesselı sind die Hauptverbrauchstellen für Elektrowerkzeuge. bei haben deren hauptsächlichste Vertreter, die elektrien Handbohrmaschinen, in einen harten Kampf gegen Druckluftbohrmaschinen treten müssen, der bisher noch ht eindeutig zugunsten der einen oder andern entschieden Ein neuer Feind entsteht ihnen in jüngster Zeit durch Forderung nach Niedrigspannungen, also Spannungen 42 und 24 V.

Die immer steigende industrielle Entwicklung Ende des 19. Jahrhunderts ließ das Bedürfnis und den Wunsch entstehen, die als nicht mehr zeitgemäß empfundene Knarre und einfache Handbohrmaschine durch Maschinen mit elektrischem Antrieb zu ersetzen. So wurde die elektrische Handbohrmaschine geboren, und zwar, wie es erklärlich ist, als ein Kind der Gleichstromtechnik. Wechselstrom wurde zur damaligen Zeit noch kaum verwendet.

Die ersten Maschinen bestanden aus an und für sich normalen Kleinmotoren, die mit seitlichen Handgriffen und einem meist unzureichenden Drucklager zur Aufnahme des Bohrdrucks versehen waren. Ein Drehschalter, wie in der Beleuchtungstechnik üblich, vervollständigte die Ausrüstung. Das Bohrfutter zur Aufnahme des Bohrers saß unmittelbar auf der Ankerwelle. Die Maschine wurde beim Gebrauch freihändig gehalten oder vor die Brust genommen. Abb. 1 zeigt eine der ersten, wenn nicht überhaupt die allererste elektrische Handbohrmaschine aus dem Jahre 1895.

Mit diesen Maschinen konnte man nur Löcher von kleinem Durchmesser bohren. Für größere Bohrdurchmesser wurden die Maschinen zu schwer. Außerdem ergab der unmittelbare Antrieb des Bohrers eine zu hohe Drehzahl. Man baute daher etwa im Jahre 1900 Übersetzungsgetriebe zwischen Motorwelle und Bohrer ein.

Die Bestrebungen, das Gewicht der Bohrmaschine zu vermindern, sind von Anfang an bis auf den heutigen Tag Leitstern für alle Bauarten gewesen. Schon damals bei der Einführung des Rädervorgeleges ging man zur Verwendung von Aluminiumteilen über. In die gleiche Zeit fällt die erste Ausführung einer Bohrmaschine für Drehstrom, Abb. 2. Ein weiterer Fortschritt ist die Verwendung von Kugellagern an Stelle von Gleitlagern für die Lagerung des Ankers. Auch schon bei Maschinen mit unmittelbarem Antrieb fanden sich Kugellager. Bei der in Abb. 3 dargestellten Maschine nimmt das Kugellager an der Bohrerseite den Bohrdruck auf. Die Maschine hat abweichend von den andern der damaligen Zeit ein rundes Polgehäuse. Sie soll leichter als solche mit quadratischem Gehäuse gewesen sein und bessere magnetische Eigenschaften gezeigt haben.

Mit der zunehmenden Verbreitung der elektrischen Bohrmaschine stiegen auch die Anforderungen, die man an sie stellte. Das bedingte eine immer sorgfältigere und kräftigere Ausführung. Die Zahnräder in den Getriebekästen wurden gehärtet und schließlich aus Chromnickelstahl hergestellt. Ebenso ging man dazu über, Wellen, Spindeln usw. zu härten und zu schleifen.

Abb. 4
Stielhandbohrmaschine von 1905.

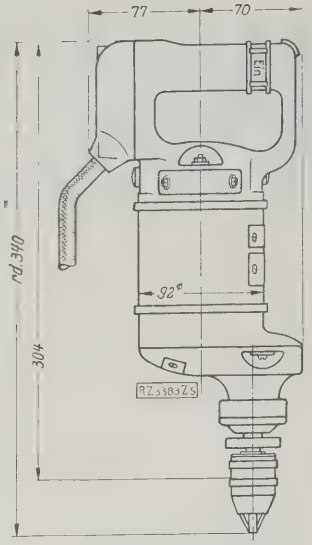



Abb. 5. Universal-Handbohrmaschine, 70 W. Größter Bohrdurchmesser 6,5 mm.

Hinsichtlich der Stromart war die Entwicklung vom Gleichstrom ausgegangen. Die Drehstrommaschine folgte, wie oben erwähnt, bald nach. Heute werden Maschinen für Gleichstrom, für Drehstrom, für Zweiphasenwechselstrom, für Einphasenwechselstrom und mit Universalmotor für Gleich- und Wechselstrom gebaut. Die Gleichstrommaschinen haben im allgemeinen Hauptstrom- oder gemischte Wicklung. Bei den Drehstrommaschinen verwendet man Kurzschlußläufer.

### Handbohrmaschinen mit Universalmotoren

Eine Entwicklung der neueren Zeit ist der Bau von elektrischen Handbohrmaschinen mit Universalmotoren für Gleich- und Wechselstrom. Als Vorläufer kann man die seit 1905 für Gleich- oder Drehstrom gebaute Stielhandbohrmaschine betrachten, Abb. 4. Sie hat sich für alle kleineren Bohrarbeiten bis nach dem Kriege aufs beste bewährt. In den Jahren 1913/14 wurden Universalmaschinen mit einer besonderen Wicklung in den genieteten Ständerblechen für Drehstrom gebaut. Später bildete man lamellierte Pole aus und verwendete derartige Motoren für kleine Handbohrmaschinen. Diese Maschinen haben Hauptstromcharakteristik und nehmen daher im Leerlauf 8000 bis 12 000 U/min an. Bei Belastung sinkt diese Zahl auf 3000 bis 6000 U/min. Der hohen Drehzahlen wegen sind die Maschinen bei großer Leistung verhältnismäßig klein. Universalmaschinen sind besonders vorteilhaft beim Zusammenbau, da es möglich ist, mit diesen Maschinen in verschiedenen Stadtteilen, Ortschaften usw. zu arbeiten, wo Gleich- oder Wechselstrom vorhanden ist. Voraussetzung ist lediglich, daß die Spannungen gleich sind. Geringes Gewicht und praktische Handhabung sind für die Konstruktion richtunggebend gewesen. Das Gehäuse besteht ganz aus Aluminium. Die Maschinen haben in der Regel kein Spannkreuz, sondern pistolenartige Griffe. Der Schalter ist als Drücker oder Ringschalter in den Griffen eingebaut, Abb. 5 und 6. Bei größeren Maschinen, für 10 bis 15 mm Bohrdurchmesser hat man die Pistolengriffe verlassen und seitlich zwei Handgriffe angeordnet nebst einer Brustplatte zum Andrücken. So hat sich die elektrische Handbohrmaschine durch zweckmäßige Arbeit auf ihren heutigen kaum noch verbesserungsfähigen Stand entwickelt.

### Leistung und Gewicht

Nachdem sich einmal die elektrische Handbohrmaschine eingeführt hatte, stiegen die Anforderungen an sie: höhere Leistung ohne wesentliche Gewichtserhöhung. Bei der Gleichstrom-Bohrmaschine war der Weg verhältnismäßig einfach. Man brachte die Drehzahl von 3000 auf 6000 U/min und sorgte für gute Durchlüftung der Maschinen. Jedoch stellten sich bald Schwierigkeiten ein. Beim Festsitzen des Bohrers traten wegen der stark anwachsenden

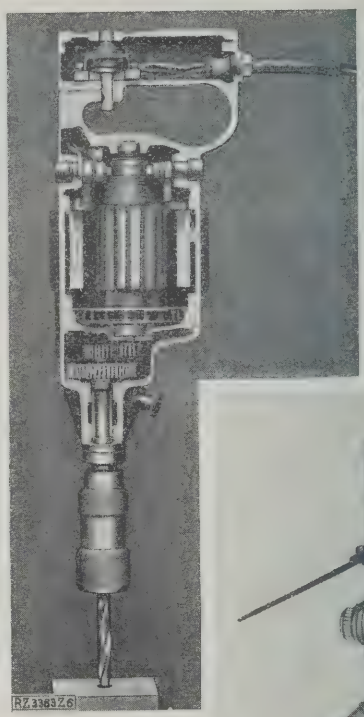


Abb. 6
Aufgeschnittene Universal-Bohrmaschine. Größter Bohrdurchmesser 10 mm.

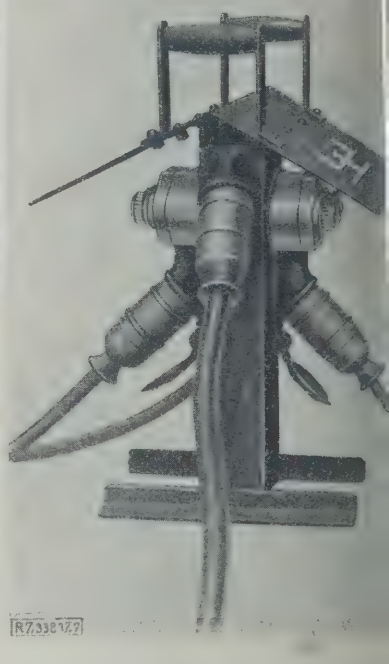


Abb. 7
Verteiler für Bohrmaschinen höherer Frequenz.

Stromstärke im Anker so große Drehmomente auf, daß Arbeiter die Gewalt über die Maschinen verloren und fahr liefen, Schaden zu nehmen. Außerdem wurden Getriebeteile sehr stark beansprucht, so daß Zahnrä brachen. Die starke Lüftung hatte den Nachteil, daß sonders in den Schiffswerften salzwasserhaltige Luft das Innere des Motors eindrang und dort gefährl Isolationsfehler verursachte.

Der Drehstrom-Kurzschlußläufer bietet hier Vort Mittels besonderer Tränkung kann man die Wickl gegen den Einfluß von Seewasser schützen. Blanke T sind im Innern nicht vorhanden. Die hohe Drehzahl über 3000 U/min, die Vorbedingung war, konnte man nur durch Erhöhung der Normalfrequenz von 50 Hertz reichen. Die Vorteile, die der Drehstrommotor bot, mu durch besondere Frequenzwandler und besondere Leitu netze erkauft werden. Bei Anschluß an Gleichstrom Zweimaschinenumformer notwendig, die Drehstrom 100 bis 150 Hertz liefern. Die Fernfrequenzwandler und former ermöglichen nebenbei ohne weiteres ein He setzen der Spannung, was vielfach aus Sicherheitsgrün erwünscht ist. Das besondere Netz läßt sich bei kle Anlagen in einfacher Form unter Benutzung von Ve lern, Abb. 7, ausbilden. Wegen der besonderen Umf anlage haben sich die Maschinen mit erhöhter Frequ Abb. 8, trotz ihrer unbestreitbaren Vorteile noch nicht gemein eingeführt.

### Sonstige Elektrowerkzeuge

Die elektrische Handbohrmaschine ist als Vorläuf für alle andern Elektrowerkzeuge anzusehen. Es erüb sich daher, deren Aufbau im einzelnen zu behandeln. einigen Beispielen sollen die wichtigsten Arten und K struktionsmerkmale gezeigt werden.

Sehr nahe mit der elektrischen Bohrmaschine ist der Elektroschraubenzieher, Abb. 9, verwandt. Er wird meist mit Universalmotor für Gleich- und Wechselstrom gebaut. Sein besonderes Merkmal ist eine Kupplung, die das Werkzeug mitnimmt, aber selbsttätig ausschaltet, sobald eine gewisse Kraft überschritten wird. Man erreicht dadurch, daß der Motor nicht überlastet und die Schraube nicht überdreht wird. Die Elektroschraubenzieher haben sich für viele Zwecke eingeführt. Die Zusatzwerkzeuge sind je nach dem Werkstück verschieden gestaltet. Besonders praktisch für Schlitzschrauben sind Schraubenzieher mit Hülsen, die das selbsttätige Aufsuchen des Schlitzes bewirken. Den Elektroschraubenzieher kann man überall dort mit Vorteil benutzen, wo größere Mengen Holz- oder Maschinenschrauben ein- oder auszudrehen sind. Er vermindert die Arbeitzeiten und damit die Lohnkosten erheblich.

Gewindeschneidmaschinen, Rohreinwalzmaschinen, Aufreibemaschinen, Maschinen zum Stehbolzeneinziehen sind langsam laufende Bohrmaschinen. Bei den Arbeiten, die mit diesen Maschinen ausgeführt werden, treten hohe Drehmomente bei geringen Umlaufzahlen auf. Normale Handbohrmaschinen genügen daher den Ansprüchen nicht. Durch eine entsprechend größere Zahnradübersetzung erhält man die gewünschte hohe Umfangskraft an der Arbeitswelle. Besondere Aufmerksamkeit muß man bei diesen Maschinen den Schaltern widmen. Sie müssen so kräftig gebaut sein, daß sie den Beanspruchungen beim häufigen Umkehren der Drehrichtung unter Last gewachsen sind. Die Leistungsabgabe der Maschinen beträgt etwa 750 bis 1250 Watt, die Drehzahl 30 bis 70 U/min gegenüber 100 bis 250 U/min bei gleich starken normalen Bohrmaschinen.

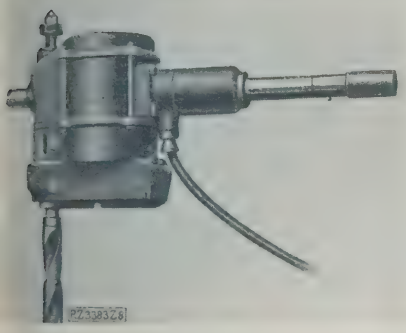


Abb. 8
Eckbohrmaschine
für 100 Per./s

Abb. 9
Elektro-
schraubenzieher.

Neben den elektrischen Handbohrmaschinen haben bei der wachsenden Bedeutung der Schleiftechnik die elektrischen Hand- und Supportschleifmaschinen allgemeinen Eingang gefunden. Die Anwendung des Elektromotors ist hierbei besonders vorteilhaft, weil seine hohe Drehzahl gestattet, die Schleifscheibe unmittelbar auf die Motorwelle zu setzen. Dadurch wird der Aufbau der Elektroschleifmaschinen einfach. Als Handschleifmaschinen können sie die reine Handarbeit von Feile und Meißel ersetzen, Abb. 10 und 11. Als Supportschleifmaschinen, Abb. 12, sind sie zwar im Vergleich zu einer neuzeitlichen Schleifmaschine nur als Notbehelf anzusehen, können aber namentlich in kleineren Betrieben dem Dreher eine recht wertvolle Hilfe bei der Fertigbearbeitung der Werkstücke sein.

Wie die Schleiferei, so ist auch die Holzbearbeitung ein günstiges Feld für das Elektrowerkzeug, Abb. 13. Auch hier handelt es sich um hohe Drehzahlen. Als Beispiele sind die elektrischen Hand- und Tischfräsmaschinen, Abb. 14, Handhobel und Elektrosägen zu nennen. Die Maschinen haben zum Teil Abblasvorrichtungen für die Späne, um dem Arbeiter den Überblick zu erleichtern.

Die Annehmlichkeiten des Elektrowerkzeugs haben schon seit Jahren den Wunsch entstehen lassen, auch Schlagwerkzeuge elektrisch zu betreiben. Man kann die gesamten Bemühungen dahin zusammenfassen, daß es dem Elektrohammer bisher nicht gelungen ist, in ernsten Wettbewerb mit dem Preßlufthammer zu treten oder ihn gar zu verdrängen. Bei einer bekannt gewordenen Ausführung arbeitet der Motor über eine elastische Kupplung und eine Kegelradübersetzung auf zwei Schwunggewichte, die in schnelle Umdrehungen versetzt werden. Die dabei auftretenden Fliehkräfte bewirken eine geradlinig hin- und hergehende Bewegung des Hammerbärs. Die elastische Kupplung soll die starken Erschütterungen der Schläge vom Motoranker fernhalten. Von einer Feder wird der Rückschlag des Hammerbärs aufgefangen. Der Hammer eignet sich nur für leichtere Meißelarbeiten.

Die sogenannten elektro-pneumatischen Hämmer gehören nicht im eigentlichen Sinne zu den Elektrowerkzeugen. Sie sind Druckluftthämmer, deren Betriebsluft in besonderen elektrisch betriebenen Pumpen erzeugt wird.

### Zubehörteile

Alle Elektrowerkzeuge werden mit Kabel und Stecker an das Netz angeschlossen. Bei der raschen Entwicklung der Elektrowerkzeuge ist es zu verstehen, daß jede Firma

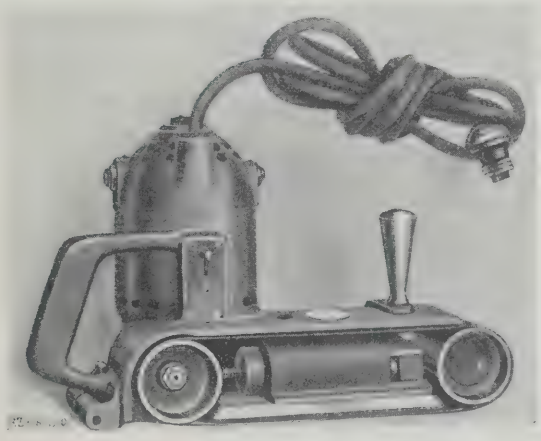
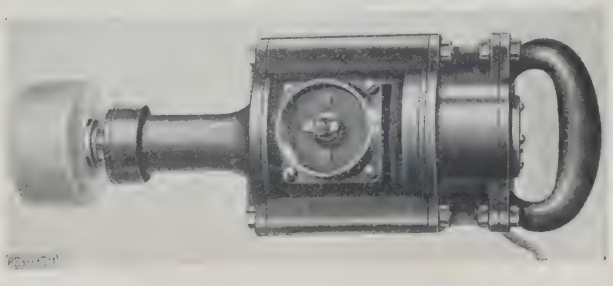


Abb. 10
Bandschleifmaschine.

Abb. 11 (unten)
Handschleifmaschine.



in der Ausbildung ihrer Stecker eigene Wege gegangen ist. Der Zeitpunkt ist jedoch nunmehr gekommen, um eine allgemeine Norm zu schaffen. Der Verbraucher muß unbedingt verlangen, daß jedes Elektrowerkzeug ohne weiteres an ein entsprechendes Netz angeschlossen wird, ohne Rücksicht auf die einzelnen Fabrikate. Es wäre sehr zu begrüßen, wenn die in dieser Richtung aufgenommenen Arbeiten rasch zu einem Abschluß gebracht würden.

### Niedrigspannungen für Elektrowerkzeuge

Seit einiger Zeit tauchen Bestrebungen auf, als Spannung für Elektrowerkzeuge möglichst allgemein 42 V und weniger vorzuschreiben. Die Elektrizität ist nicht ungefährlich, die Preßluft und jedes andere Antriebmittel aber auch nicht. Doch die Elektrizität hat nun einmal, was durch ihren ungewöhnlich raschen Siegeszug bis in die kleinsten und entlegensten Haushaltungen hinein und die damit verbundenen Unfälle zu erklären ist, den Ruf einer besonderen Gefährlichkeit bekommen. Es ist auch durchaus jede Maßnahme zu begrüßen, die die Sicherheit des Arbeiters erhöht. Aus diesem Grunde sind allgemein Erdung oder andere Schutzmaßnahmen gegen Kurzschluß vorgeschrieben. Drahtumwickelte Leitungen dürfen nicht verwandt werden. Neuere Bestrebungen zielen darauf ab, die Handgriffe, Schalter, kurz alle Teile, die von dem Bedienungsmann in erster Linie berührt werden, mit einer besonderen Isolierung zu sichern. Anderseits muß man sich aber bei allen Vorschlägen überlegen, ob sie sich überhaupt so durchführen lassen, daß man das Elektrowerkzeug noch verwenden kann.

Die Herabsetzung der Spannung auf 42 V und weniger würde jede Gefahr so gut wie vollständig beseitigen. Aber die Kupferquerschnitte der Leitungen und Maschinenkabel würden so groß werden, daß man überhaupt nur noch ganz kleine Elektrowerkzeuge verwenden könnte. Ein Beispiel soll dies veranschaulichen:

Neuzeitliche Hochleistungsbohrmaschinen geben 2000 bis 3000 W ab. Bei einer Leistungsabgabe von 2500 W, einer Spannung von 220 V, einem Leistungsfaktor von 0,85 und einem Wirkungsgrad von 0,78 beträgt die Stromstärke $J = \frac{2500}{\sqrt{3} \cdot 220 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}78} = 10$ A. Bisher werden Bohrmaschinen mit niedrigsten Spannungen höchstens bis 500 W gebaut. Es betrage die Leistungsabgabe 500 W, die Spannung

Abb. 14. Tischfräsmaschine.

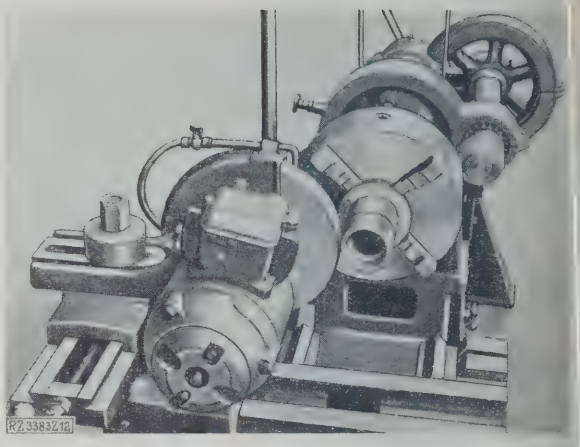


Abb. 12
Supportschleifmaschine.

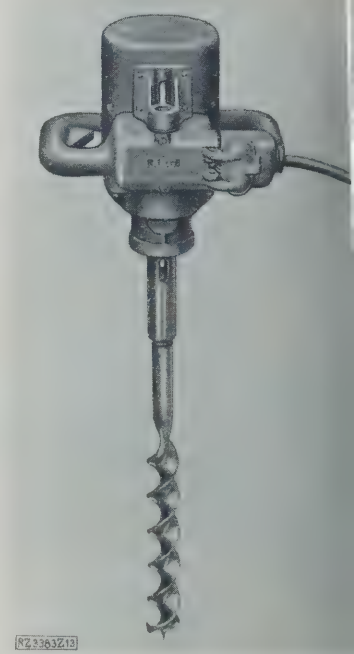


Abb. 13
Handbohrmaschine
für Holz.

42 V, der Leistungsfaktor 0,80 und der Wirkungsgrad 0,73 dann ist die Stromstärke $J = \frac{500}{\sqrt{3} \cdot 42 \cdot 0{,}80 \cdot 0{,}73} = 11{,}8$ A

Beträgt die einfache Länge der festen Zuleitung und de Maschinenkabels insgesamt 50 m und der Spannungsverlus 4,5 V = rd. 10 vH der Netzspannung, so wird der Quer schnitt der Zuleitung $q = \frac{\sqrt{3} \cdot 11{,}8 \cdot 50}{57 \cdot 4{,}5} = 4$ mm².

Die Netzspannung beträgt dann 42 + 4,5 = 46,5 V. De Anlaufstrom ist ungefähr gleich dem Vierfachen des Netz stroms, also 47 A, und der Spannungsverlust beim Anlau 18 V, also die Spannung an der Maschine 28,5 V. Das An laufmoment wird damit in vielen Fällen nicht mehr aus reichen. Soll die Netzspannung selbst nicht höher sein al 42 V, so werden die Verhältnisse noch ungünstiger.

Eine Herabsetzung der Spannung auf 42 V ist also vo technischen Standpunkt aus abzulehnen. Eine solche Maß nahme würde auch für lange Jahre nur sehr zweifelhafte Wert haben, da die gebauten und im Betrieb befindliche Elektrowerkzeuge erst aufgebraucht werden müßten. Ma achte vielmehr streng darauf, daß Kabel und Schalte in Ordnung und in bester Beschaffenheit sind und prüfe di Maschinen selbst in kurzen Abständen mit einfachen Ein richtungen auf Kurzschluß, wie sie schon in vielen Werke vorhanden sind[1]). [B 3383]

[1]) Vergl. *H. Schönherr*, Prüfung elektrischer Handbohrmaschine „Das Eisenbahnwerk" Bd. 7 (1928) S. 205.

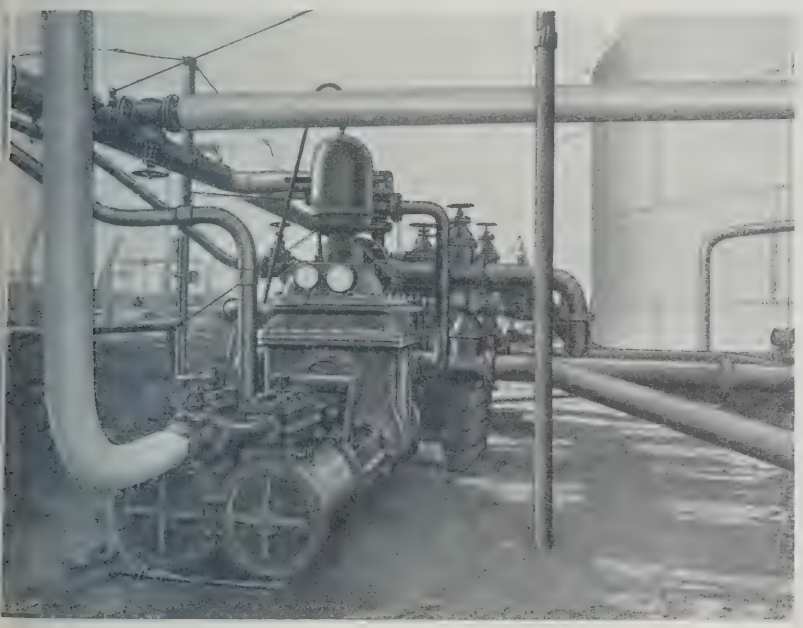
# RUNDSCHAU

## Schiffs- und Seewesen

### Ölbunkeranlage auf der Columbuskaje in Bremerhaven

**Abb. 1**
Ölbunkeranlage auf der Columbuskaje.
An der Kaje liegt der Schnelldampfer „Bremen".

**Abb. 2** (unten)
Eine der drei Pumpanlagen der Ölbunkeranlage.
Leistung 5000 bis 6000 l/min



Auf der Columbuskaje in Bremerhaven hat die Deutsch-merikanische Petroleum-Gesellschaft eine Großbunker-lage, Abb. 1, errichten lassen, die in erster Linie dazu enen soll, die Schnelldampfer „Bremen" und „Europa" s Norddeutschen Lloyd mit Heizöl zu versorgen. Die nlage, deren Bau im Juni 1928 begonnen und innerhalb nes Jahres vollendet wurde, erstreckt sich über ein Ge-et von 12 000 m². Die Rohrleitungen, Dampfpumpen und e Kraftanlage sind so bemessen, daß man einen dieser iden Schnelldampfer, die in Bremerhaven einen Bunker-rrat von 5000 t Öl an Bord nehmen, in etwa zwölf Stun-n abfertigen kann.

Die Lage der neuen Großbunkeranlage ist insofern sehr nstig, als sie eine Versorgung und Abgabe nach zwei sserseiten hin möglich macht; außerdem ist doppelseiti-r Bahnanschluß vorhanden. Die Gesamtanlage umfaßt ben Speicherbehälter, ein Kesselhaus, drei Pumpen-lagen und ein weit verzweigtes Netz von Öl- und Dampf-hrleitungen. Die Speicherbehälter, von denen die beiden ößten je 6035 m³ fassen, sind am Boden mit Heizschlan-n versehen, damit das gelagerte Öl stets auf einer be-mmten Temperatur gehalten werden kann und flüssig eibt. Den Dampf von 10 at Überdruck und Überhitzung f 350 ° zum Erwärmen des Heizöls und für den Betrieb r Pumpen liefert ein Zweiflammrohrkessel von 150 m² izfläche mit Ölfeuerung.

Von der Columbuskaje führen unterirdische Rohrlei-ngen für Heizöl, Dieselöl und Dampf nach dem Ent-hmeplatz und von dort aus nach dem Verbindungshafen. e Leitungen werden von drei Pumpanlagen bedient; jede nlage, Abb. 2, besteht aus einer Zweizylinder-Verbund-pumpe mit 5 bis 6000 l/min Leistung. Die gesamte oberirdische Bunkeranlage ist durch einen vorschriftsmäßigen Erdwall von 2 m Höhe gegen Feuersgefahr gesichert.

Der Betrieb der Anlage regelt sich dergestalt, daß die in Tankdampfern ankommenden Schweröle an der Columbuskaje oder im Verbindungshafen gelöscht werden. Mittels der Schiffspumpen wird das im Tankdampfer lagernde Öl durch die Rohrleitungen in die Speicherbehälter gedrückt. Zum Beliefern der Schiffe mit Heizöl dienen die erwähnten Dampfpumpen. Hierbei werden durch die gleichen Rohrleitungen, die zum Löschen der Tankdampfer dienen, die Öle bis zu den Entnahmeplätzen an der Columbuskaje oder am Verbindungshafen gedrückt und dann mittels Schlauchleitungen an Bord befördert. [M 3686] *W. B.*

### Umbau einer Schiffsmaschinenanlage

Die Fortschritte im Schiffsmaschinenbau haben dazu geführt, daß die Maschinen des Lloydschnelldampfers „Columbus" und die Maschinen der Schiffe der „Albert Ballin"-Klasse der Hamburg-Amerika-Linie durch neue, stärkere und sparsamere Anlagen ersetzt werden. Auch in England hat man einige verhältnismäßig neue Schiffe mit neuen Maschinenanlagen versehen.

Bemerkenswert ist in dieser Beziehung der Umbau der „Empress of Canada"[1]), die im Jahre 1922 erbaut worden ist und bisher bei einer effektiven Maschinenleistung von etwa 18 500 PS eine Dienstgeschwindigkeit von 19 Kn hatte. Im Betriebe hatte das Schiff unter günstigen Umständen eine Höchstgeschwindigkeit von 20,6 Kn erreicht, wobei die Maschine etwa 22 000 PS geleistet haben dürfte; hierbei wurden 284 t Heizöl verbraucht, d. h. etwa 0,55 kg/PSh. Die Maschinenanlage bestand aus Getriebeturbinen mit doppelter Übersetzung und Naßdampf-Zylinderkesseln.

Beim Umbau hat man die Kessel beibehalten, aber mit Rauchröhrenüberhitzern versehen. Eine Eigentümlichkeit dieser Überhitzer besteht darin, daß sie im oberen Teil des Kessels etwa 225 mm länger sind als die Rauchrohre, im unteren Teil um etwa 100 mm, also entsprechend weit in die Rauchkammer hineinragen. Hierdurch ergibt sich eine Überhitzung des unter 14,7 at Kesseldruck stehenden Dampfes auf 330 °C. Um den ganzen in den Kesseln erzeugten Dampf für die Antriebturbinen verwenden zu können, hat man die bisher mit Dampf angetriebenen Stromerzeuger durch Dieseldynamos ersetzt und eine Anzahl Hilfsmaschinen für elektrischen Antrieb eingerichtet. An die Stelle der alten Antriebturbinen sind solche für Heißdampfbetrieb getreten, deren Leistung sich durch einfache Getriebe auf die Schrauben überträgt. Die neue Anlage soll etwa 26 000 PS im normalen Betriebe und 29 000 PS im Höchstfall leisten. Die frühere Kondensatoranlage hat man durch eine Anlage zum Vorwärmen von Speisewasser nach

[1]) „The Engineer" Bd. 148 (1929) Nr. 3848 S. 394.

dem Regenerativverfahren von *Weir* ersetzt und außerdem neue Luftpumpen und Speisewasservorwärmer aufgestellt.

Bei den Probefahrten erreichte das Schiff eine Geschwindigkeit von 22,5 Kn. Auf der ersten Ozeanreise ist es nicht mit voller Leistung gefahren, weil sich die Getriebe erst einlaufen sollten. Die Geschwindigkeit betrug daher nur 20,53 Kn; der Heizölverbrauch nur 175 t, d. h. etwa 38 vH weniger als vorher bei etwa gleicher Geschwindigkeit. Diese Verbesserung zeigt, wie viel sparsamer die Maschinenanlage infolge Verwendung von Heißdampf, besserer Turbinen, besserer Kondensatoren und besserer Speisewasservorwärmer geworden ist; es ist aber auch in Betracht zu ziehen, daß der Heizölverbrauch vor dem Umbau den Hilfsmaschinenverbrauch einschloß, nach dem Umbau dagegen nicht mehr. [N 3724] *C.*

## Der Dieselmotor in der dänischen Küstenfahrt

Das im Dienst der Vereinigten Dampfschiffs-Gesellschaft, Kopenhagen, befindliche Motorschiff „C. F. Tietgen“[1]), das den Verkehr zwischen Kopenhagen und Aarhus versieht, ist ein weiterer Beweis für die durch den Dieselantrieb erzielte Raum- und Gewichtersparnis. Bei nur ganz geringfügigen Änderungen in den Abmessungen hat man nämlich die Zahl der Fahrgäste um 16 vH gegenüber derjenigen auf den bislang in Dienst befindlichen Dampfern erhöhen können, obwohl die Kammern größer und auch besser eingerichtet sind. Selbstverständlich hat darüber hinaus die Brennstoffersparnis, da in der Küstenfahrt täglich mehrere Stunden Liegezeit im Hafen unvermeidlich sind, bei der Wahl des Antriebs eine Rolle gespielt.

Die Hauptmaße von „C. F. Tietgen“ betragen: Länge 82,29 m, Breite 12,47 m, Tiefgang 4,8 m und Raumgehalt 1850 B.-R.-T. Zum Antrieb dient, zum erstenmal in ein Schiff eingebaut, ein kompressorloser Achtzylinder-Tauchkolbenmotor, Bauart Burmeister & Wain, Abb. 3 und 4, der bei 140 U/min normal 1850 PS leistet. Durch Frischluftaufladung kann diese Leistung auf 2450 PS gesteigert werden. Das Aufladegebläse hat, wie alle Hilfsmaschinen, elektrischen Antrieb erhalten. Zur Stromerzeugung stehen drei 100 kW-Dieseldynamos mit Antrieb durch je einen kompressorlosen Dreizylindermotor von 150 PS bei 270 U/min zur Verfügung.

An Fahrgästen können befördert werden: 173 erster Klasse, 109 zweiter Klasse und 293 dritter Klasse. Der ersten Klasse stehen an Gesellschaftsräumen ein Speisesalon und ein Rauchzimmer zur Verfügung. Für Lüftung und Heizung verwendet man angewärmte Luft, außerdem sind in den Kammern noch elektrische Heizkörper angeordnet. [M 3700] *H. H.*

[1]) Vergl. „The Motorship“, London, Bd. 9 (1929) Nr. 106 S. 399.

# *Baumaschinen*

## Amerikanischer Grabenbagger

Der von der Barber-Greene Co., Aurora, Illi U. S. A., hergestellte Grabenbagger, Abb. 5, dient zum hub von Gräben aller Art, für Wasser-, Gas-, Kabelle gen, Dränungen usw. Mit dem senkrecht nach unten frä den Baggerbaum lassen sich auch einzelne Löcher Gruben für Maste herstellen. Die Bagger können im Bogen liegende Gräben bis rd. 3 m kleinstem messer herstellen. Ferner wurden damit in den Vereini Staaten Gräben ausgeführt, die in rd. 20 ° Neigung la wobei das Gelände mit Gestrüpp bewachsen war, und z ohne besondere Vorarbeiten wie Beseitigung des strüpps usw. Auch bei Arbeiten in Korallenfels un Boden, der 50 bis 60 cm hartgefroren war, hat die Masc gut gearbeitet.

Die Bagger laufen auf zwei Raupen *a*, Abb. 6 un Jede Raupe ist unabhängig von der andern gekuppelt, d ist die Wendefähigkeit sehr groß. Auf den Raupen mit Dreipunktunterstützung das genietete Traggerüst in das die Antriebmaschine *c*, das Getriebe *d* und der gerbaum *e* mit der Abwurfvorrichtung eingebaut sind. oben an zwei Schwenkarmen und unten mit zwei rungsarmen befestigte, senkrechte Baggerbaum *e* hä beiderseits an zwei Stahltrossen *f*; diese gehen über Windwerk *g*, das den Baggerbaum hebt und senkt. Grabschaufeln haben auswechselbare geschmiedete G zähne *h*, ferner besondere Auswurfschaufeln *i*, die a klebrigsten Boden, wie nassen Lehm oder Mergel, res auf die Abwurfvorrichtung auswerfen. Hinter dem Bagg baum ist ein Schleppschaber *k* angebracht, der die St erde wieder den Grabenschaufeln zuführt und gleichzei die Grabensohle ebnet. Die Abwurfvorrichtung, mit ein bautem Gurtband *l*, kann innerhalb der äußersten Gre stellungen nach beiden Seiten beliebig eingestellt werd Der Baggerbaum hat eine nach dem Grabwiderstand reg bare Auslösekupplung, die die Grabkette selbsttätig Stillstand bringt, wenn im Boden Hindernisse auftreten. solchen Fällen setzt der Maschinist das Baggerfahrw still, um sich von der Art des Hindernisses zu üb zeugen, und geht, wenn erforderlich, durch Heben Baggerbaumes, über das Hindernis hinweg. Zur Bedien genügt ein Mann. Alle Bedienungshebel sind am Masc nistensitz angebracht.

Die Maschinen werden in verschiedenen Ausführun für 1,22 bis 2,52 m größter Grabentiefe geliefert. Mit je Maschine kann man durch Auswechseln der Grabzähne Grabenbreiten ausheben, und zwar betragen für die bei kleineren Bauarten die Grabenbreiten rd. 30 bis 61 cm, die beiden größeren Bauarten rd. 45 bis 61 cm. Eine weit

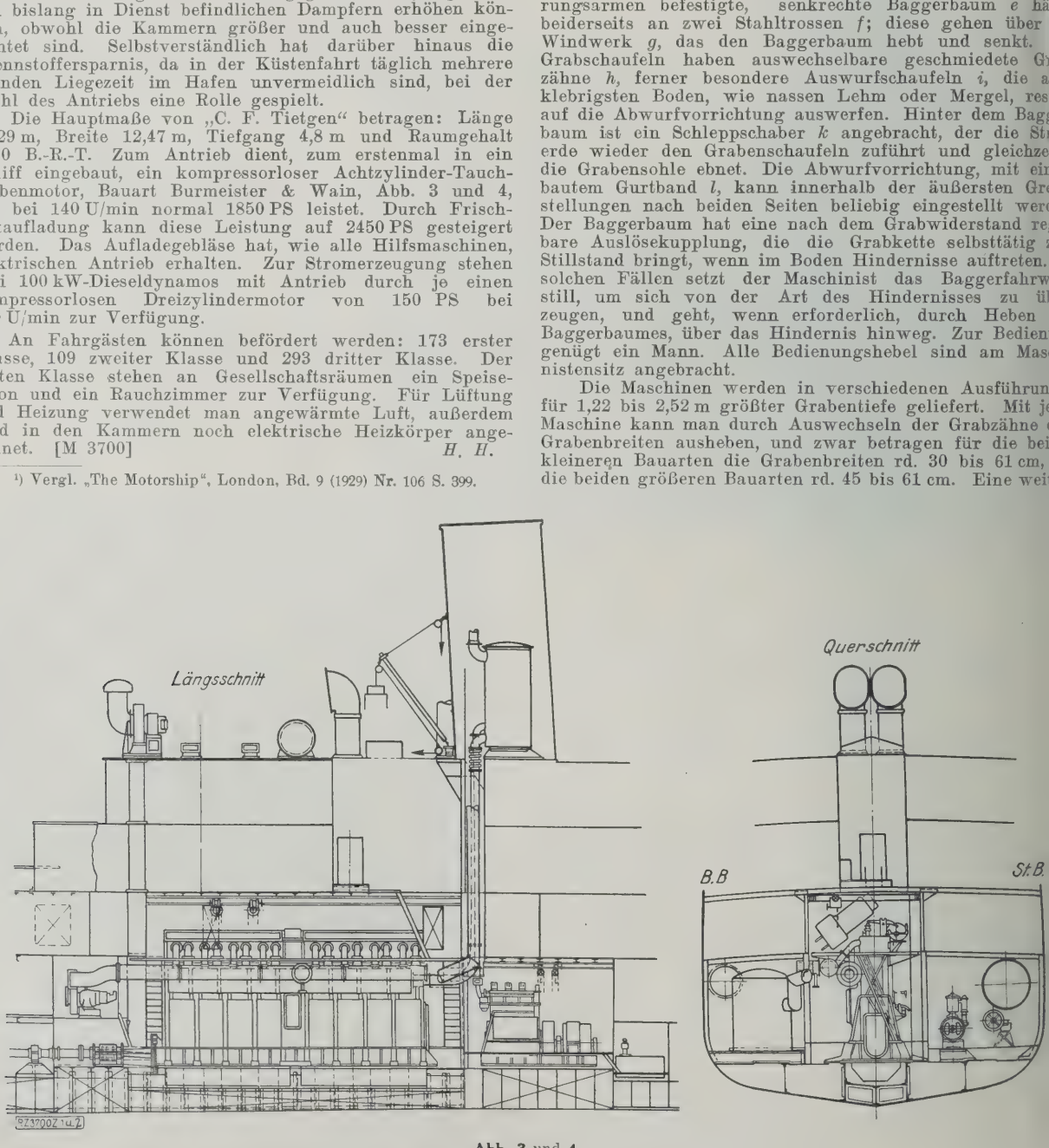



**Abb. 3 und 4**
Die Maschinenanlage des Küstenfahrzeuges „C. F. Tietgen“.

sführung stellt Gräben mit rd. 89 cm Grabenbreite und . 1,07 m größter Grabentiefe her.

Die Grabgeschwindigkeiten betragen je nach Ausführung und je nach Bodenart und im Boden auftretenden indernissen entweder 25 bis 244 cm/min oder 25 bis 3 cm/min. Innerhalb dieser Grenzen sind 20 bis 30 verhiedene Grabgeschwindigkeiten einstellbar. Zum Antrieb ent ein Vierzylinder-Benzinmotor von 41 bis 51 PS je ach Wahl der Ausführung.

Das Gewicht eines Baggers beträgt 8000 bis 9000 kg, e Bodenpressung unter den Raupen bei Annahme gleicher astverteilung rd. 0,6 kg/cm². Die Bodenpressung ist also gering, daß die Grabenbagger auch über weichen Unterund fahren und dort arbeiten können.

Die wichtigsten Abmessungen sind aus Abb. 6 und 7 ersehen. Neuerdings wird auch eine kleinere Maschine it 375 cm/min größter Grabgeschwindigkeit und 5000 kg ewicht hergestellt. Bei dieser Maschine ist der Baggeraum seitlich verschiebbar für Fälle, wo der Graben mögchst nahe an Häusern, Bäumen oder dergl. vorbeigeführt erden soll.

Die Berliner Städt. Elektrizitätswerke und die Leitungsau-G. m. b. H. in Essen, ein Tochterunternehmen der uhrgas-A.-G., verwenden Grabenbagger für 1,68 m größte rabtiefe.

Berlin-Charlottenburg [M 3579] Dr. *Fritz Daumenlang*

**Abb. 5**
Amerikanischer Grabenbagger beim Aushub eines Grabens für Kabelleitungen.

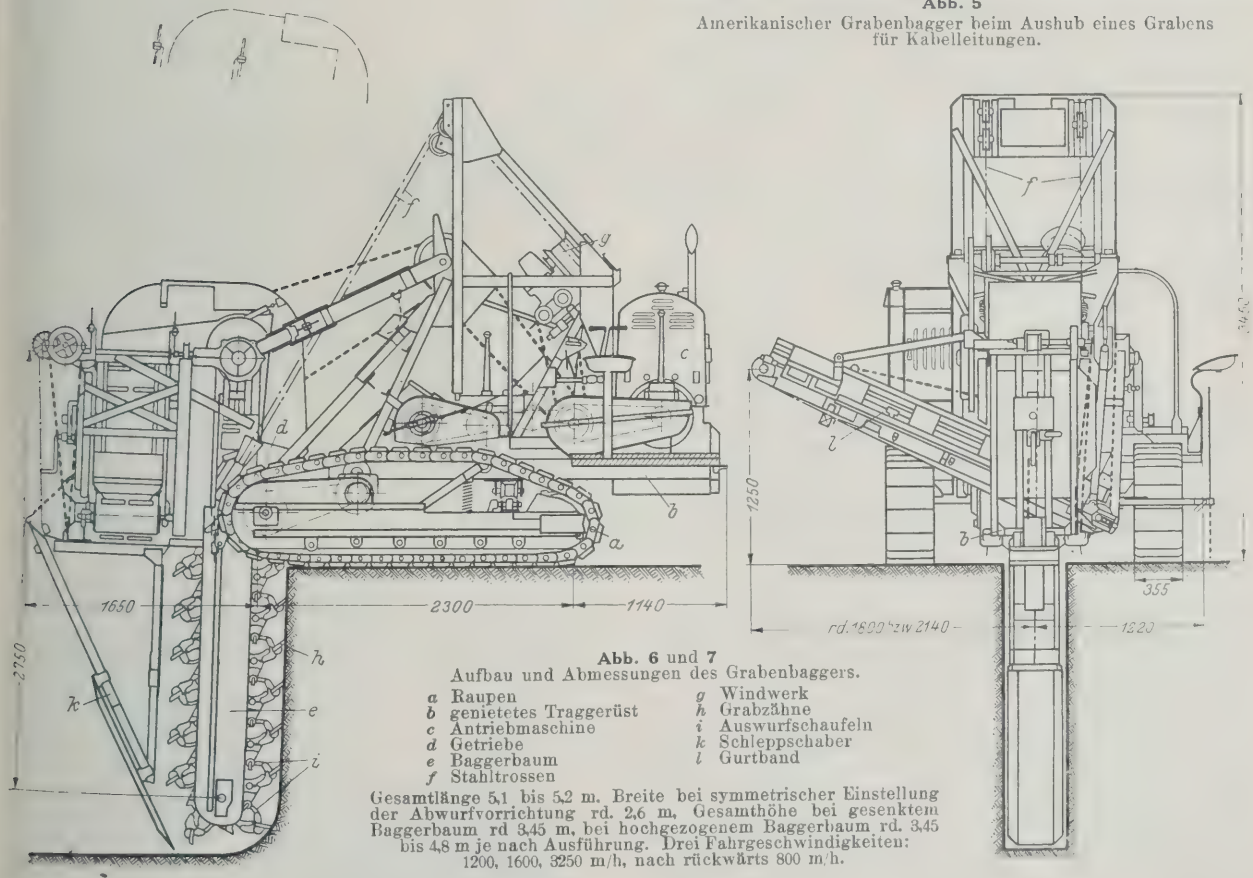



**Abb. 6 und 7**
Aufbau und Abmessungen des Grabenbaggers.

| | |
|---|---|
| *a* Raupen | *g* Windwerk |
| *b* genietetes Traggerüst | *h* Grabzähne |
| *c* Antriebmaschine | *i* Auswurfschaufeln |
| *d* Getriebe | *k* Schleppschaber |
| *e* Baggerbaum | *l* Gurtband |
| *f* Stahltrossen | |

Gesamtlänge 5,1 bis 5,2 m. Breite bei symmetrischer Einstellung der Abwurfvorrichtung rd. 2,6 m, Gesamthöhe bei gesenktem Baggerbaum rd 3,45 m, bei hochgezogenem Baggerbaum rd. 3,45 bis 4,8 m je nach Ausführung. Drei Fahrgeschwindigkeiten: 1200, 1600, 3250 m/h, nach rückwärts 800 m/h.

## *Verbrennungskraftmaschinen*

### Übergangsdiagramme von Dieselmotoren

Auf Grund von Versuchen an einem Mirrlees-Viertakt-Dieselmotor mit Lufteinblasung des Brennstoffes untersucht *J. S. Brown*[1]), wie weit sich sogenannte Übergangsdiagramme zur praktischen Beurteilung von Brennstoffventilen mit gewöhnlichem Plattenzerstäuber eignen. Bei Vollast wird einem Zylinder plötzlich die Brennstoffzufuhr durch die Pumpe abgeschnitten und der Übergang von Vollast auf Verdichtung ohne Brennstoff durch gewöhnliche und versetzte Diagramme festgehalten, Abb. 8 und 11; dabei zeigen sich zwischen den Diagrammen für Vollast und für Verdichtung ein oder mehrere etwas dünnere Belastungsdiagramme, die von dem vom vorhergehenden Hub auf den Zerstäuberplatten zurückgebliebenen, nicht miteingeblasenen Brennstoff herrühren.

Ähnliche Zwischendiagramme zeigen sich beim Übergang von Verdichtung zu Vollast, weil der eingeschaltete Brennstoff zunächst die leergeblasenen Platten des Zerstäubers auffüllen muß. Die Plattenanordnung im Ventil soll dann richtig sein, wenn das Zwischendiagramm etwa 50 vH der Fläche des Vollastdiagramms aufweist. Aus der Art der Abweichungen hiervon können Schlüsse auf die zu treffenden Verbesserungen gezogen werden. Bei den Versuchen ergab sich, daß die oberste Platte allein mit dem Zerstäuberkegel oder die unterste Platte allein ohne den

[1]) „The Engineer" Bd. 148 (1929) S. 169 u. 193.

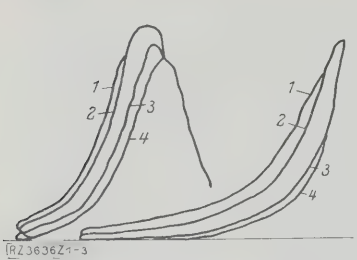



**Abb. 8**
Viertakt-Einblasemotor
305 mm Zyl.-Dmr., 464 mm Hub,
200 U/min, Heizöl.

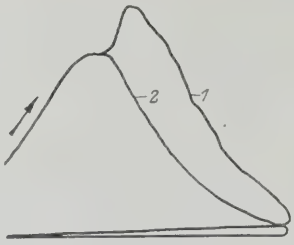



**Abb. 9**
Viertakt-Einspritzmotor mit
Vorkammer, 260 mm Zyl.-Dmr.,
390 mm Hub, 250 U/min, Gasöl.

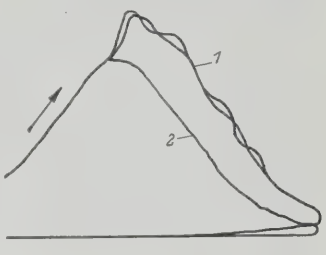
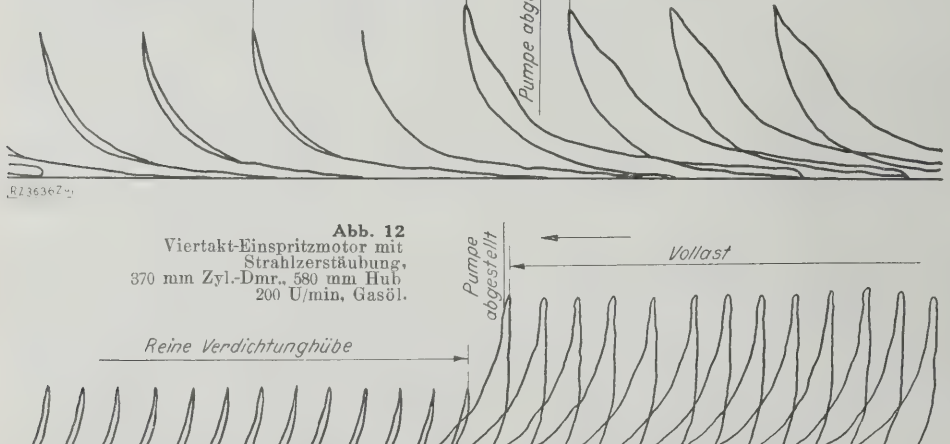



**Abb. 10**
Zweitakt-Einspritzmotor mit
Vorkammer, 200 mm Zyl.-Dmr.,
300 mm Hub, 350 U/min, Gasöl.

**Abb. 11** (unten)
Viertakt-Einblasemotor,
305 mm Zyl.-Dmr., 464 mm Hub,
200 U/min, Heizöl.



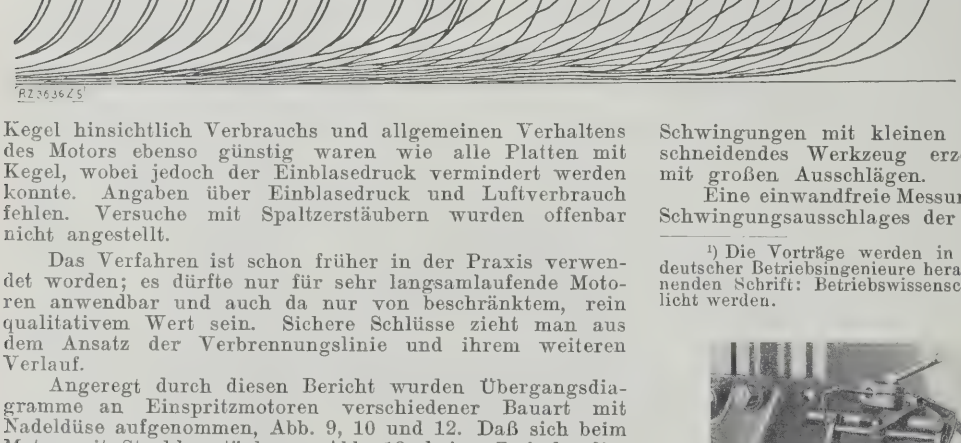




**Abb. 12**
Viertakt-Einspritzmotor mit
Strahlzerstäubung,
370 mm Zyl.-Dmr., 580 mm Hub
200 U/min, Gasöl.

Kegel hinsichtlich Verbrauchs und allgemeinen Verhaltens des Motors ebenso günstig waren wie alle Platten mit Kegel, wobei jedoch der Einblasedruck vermindert werden konnte. Angaben über Einblasedruck und Luftverbrauch fehlen. Versuche mit Spaltzerstäubern wurden offenbar nicht angestellt.

Das Verfahren ist schon früher in der Praxis verwendet worden; es dürfte nur für sehr langsamlaufende Motoren anwendbar und auch da nur von beschränktem, rein qualitativem Wert sein. Sichere Schlüsse zieht man aus dem Ansatz der Verbrennungslinie und ihrem weiteren Verlauf.

Angeregt durch diesen Bericht wurden Übergangsdiagramme an Einspritzmotoren verschiedener Bauart mit Nadeldüse aufgenommen, Abb. 9, 10 und 12. Daß sich beim Motor mit Strahlzerstäubung, Abb. 12, keine Zwischendiagramme ergeben würden, war mit Sicherheit zu erwarten. Bemerkenswert ist, daß sich aber auch in den Übergangsdiagrammen der Vorkammermotoren, Abb. 9 und 10, keine Zwischendiagramme finden; Zwischendiagramme fehlen auch bei völlig kalter Vorkammer, d. h. unmittelbar nach dem Ansetzen des Motors. Die Drucksteigerung im Hauptbrennraum rührt also bei allen untersuchten Einspritzmotoren ausschließlich von dem im jeweiligen Hub geförderten Brennstoff her. Dieser Unterschied in der Form der Übergangsdiagramme bei Einblase- und Einspritzmotoren ist für den Regelvorgang bedeutungsvoll. Der Einspritzmotor folgt jedem Eingriff des Reglers ohne Verschleppung, was feinere Regelung und ein größeres Beschleunigungsvermögen erwarten läßt.

[M 3636] *Fr. Sch.*

## *Werkstoffbearbeitung*

### Trägheitslose Zerspanungsmessung

Der Fachausschuß für Maschinenarbeit beim Verein deutscher Ingenieure, der aus je einem Be Verein und beim Ausschuß für wirtschaftliche Fertigu (AWF) bestehenden Ausschuß hervorging, hielt am 7. Ok ber 1929 eine Sitzung ab[1]), in der Prof. *A. Wallichs*, Aach über den Stand der Forschung auf dem Gebi der Metallzerspanung berichtete und die in d letzten Jahren bekannt gewordenen Arbeiten zusamme faßte. Über die Einführung der Forschung ergebnisse in der Werkstatt sprach Dr.-I E. h. *Reindl*, Berlin. Er behandelte die Auswertung der F schungsergebnisse in der Praxis, die Forderungen, die die Forschung zu stellen sind. Der Vortragende beton vor allem auch die Wichtigkeit einheitlicher Benennung und einer übersichtlichen, leicht lesbaren Abfassung d wissenschaftlichen Veröffentlichungen.

Besondre Aufmerksamkeit verdient der Vortrag v Dr.-Ing. *Salomon*, Berlin, der die trägheitslos Zerspanungsmessung behandelte. Über sonsti neuere Fräsversuche der Industrie berichtete Ing. *Bahleck* Berlin, wobei er auch den Arbeitsplan des beim Fachau schuß für Maschinenarbeit bestehenden Arbeitsausschuss für Fräsen darlegte. Der Ausschuß führt z. Z. in vi Werken Untersuchungen durch, die theoretisch und pra tisch ausgewertet zur Au stellung von Richtwert für Fräsen dienen sollen.

Im folgenden wird üb den Vortrag von Dr.-In *Salomon* ausführlicher b richtet.

Nach allgemeiner A schauung wird ein Spa gut geschnitten, wenn ei geringer Schnittdruck, ein geringe Schneidtemperatu und keine störenden Schwi gungen auftreten. Die Spa bildung wird von dem Spa winkel beeinflußt. Ein kle ner Spanwinkel hat eine rauhen Span mit große Lamellen, ein großer Spa winkel einen feinen Spa mit feinen Lamellen zu Folge. Die auftretende Schnittdruckschwankunge erzeugen Schwingungen un vermutlich auch ähnlich Schwankungen der Schnei temperatur. Aus der Spa bildung geht also hervo 1. Ein gut schneidende Werkzeug erzeugt schnell Schwingungen mit kleinen Ausschlägen. 2. Ein schlech schneidendes Werkzeug erzeugt langsame Schwingunge mit großen Ausschlägen.

Eine einwandfreie Messung der Schwingungszahl und de Schwingungsausschlages der Spanbildung ergibt also eine

[1]) Die Vorträge werden in einer von der Arbeitsgemeinscha deutscher Betriebsingenieure herausgegebenen im VDI-Verlag erscheinenden Schrift: Betriebswissenschaftliche Arbeiten, Bd. 4, veröffen licht werden.

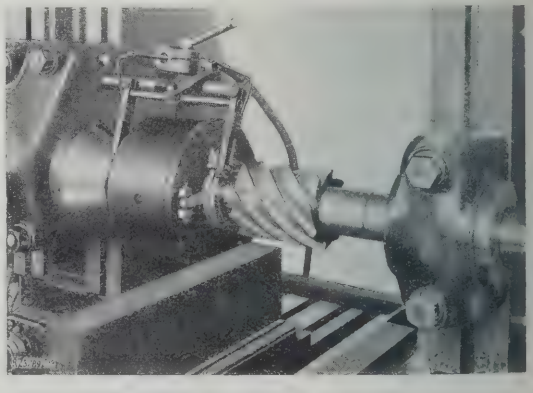


**Abb. 13**
Elektrischer Drehkraftmesser, auf einer Fräserwelle befestigt.
Bauart Ludw. Loewe-Siemens.

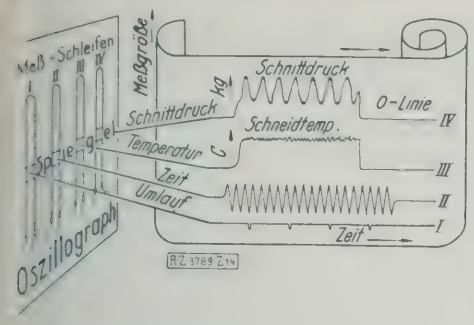



**Abb. 14**
Schema für die Aufzeichnung von Messungen mittels Oszillographen.

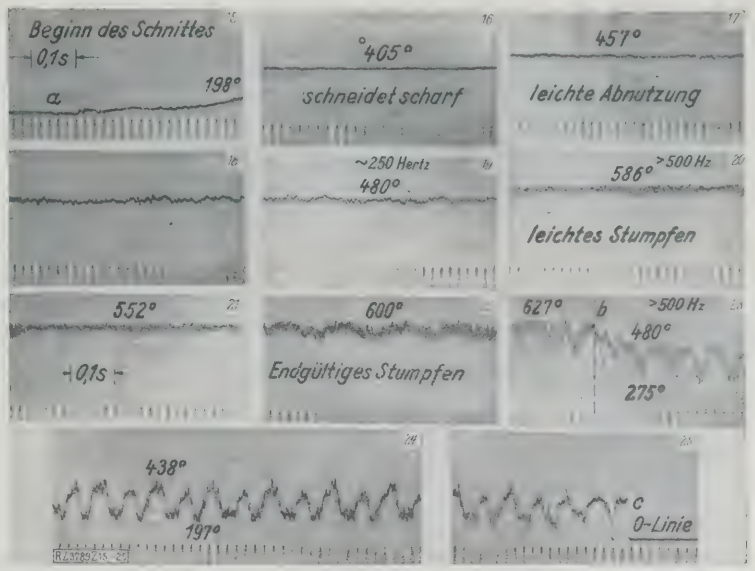



**Abb. 15** bis **25** (rechts)
Abstumpfungserscheinungen in der Temperaturkurve.

*a* Ansetzen der Schneidkante
*b* Ausschalten des Vorschubes
*c* Stillsetzen des Werkzeuges

ahlenmäßig vergleichbaren Wertmaßstab für die Güte iner Werkzeugschneide und ermöglicht auch, die Ursache nd Wirkung von Störschwingungen an Werkzeugmaschinen stzustellen.

### Bestehende Meßverfahren

Für das Messen des Schnittdruckes und der Schneidemperatur bestehen schon verschiedene Verfahren. Die Schnittdrücke werden nach *Schlesinger* mit hydraulischen Meßdosen oder Meßzylindern aufgenommen. Die geringe Eigenschwingungszahl dieses Verfahrens erlaubt aber keine für diese Zwecke einwandfreie Beobachtung der Erscheinungen der Spanbildung. Die Schneidtemperatur wurde von *Herbert* mit Hilfe eines *Einthovenschen* Saitengalvanometers gemessen, das die Änderungen der Thermokräfte und damit die Temperaturänderungen mittels des schwingenden Fadens photographisch aufzeichnet. Werkzeug und Werkstoff bilden ein Thermoelement, das in Tausendstel Volt geeicht wird. Die Eigenschwingungen (100 bis 150 Hertz) des Saitengalvanometers sind aber so groß, daß eine feinere Untersuchung des eigentlichen Zerspanungsvorganges nicht möglich ist.

### Trägheitsloses Messen des Schnittdruckes

Für das Messen von Drehmomenten wurde deshalb ein neues trägheitsloses Gerät geschaffen, das darauf beruht, daß die Kraftänderung die Kapazität innerhalb eines elektrischen Schwingkreises (Schaltung von *Gerdien*) verändert, so daß die Änderungen des Anodenstromes ein Maß für die auftretenden Kräfte und deren zeitlichen Verlauf ergeben. Der Drehkraftmesser kann ohne bauliche Veränderung der Werkzeugmaschine und nennenswerte Änderung der Eigenschwingungszahlen der beanspruchten Maschinenteile den gesamten Verlauf der auftretenden Drehmomente während des Arbeitsvorganges trägheitslos messen. Die durch den konstruktiven Aufbau bedingte Eigenschwingungszahl des Gerätes kann ohne Schwierigkeit auf 1000 Hertz und mehr gebracht werden.

Besonders bei der Messung des Drehmomentes an Fräsmaschinen begegnete man bisher großen Schwierigkeiten. *Schlesinger* will dieses Ziel durch Messen der Reaktionskräfte in den drei Komponenten des Raumes erreichen und benutzt zu diesem Zweck einen mit hydraulischen Meßdosen ausgebildeten Frässchlitten[2]). Der Drehkraftmesser löst diese Frage auf andre Weise. Man befestigt ihn auf dem Fräsdorn selbst, Abb. 13, so daß während des Fräsens alle auftretenden Drehmomente, ihre absolute Größe und der Verlauf der Schwankungen aufgezeichnet werden.

### Verfahren für die Messung der Temperatur

Die Temperatur wird nach *Gottwein* und *Herbert* auf thermoelektrischem Wege ermittelt, ein Verfahren, das an sich trägheitslos und unabhängig von Eigenschwingungszahlen einer Meßeinrichtung ist.

### Trägheitslose Aufzeichnung der Messungen

Die trägheitslosen Messungen sind nun auch trägheitslos aufzuzeichnen. Hierzu diente der Oszillograph, dessen Wirkungsweise aus Abb. 14 hervorgeht. An Stelle des Zeigers eines Ablesegerätes wird hier ein Lichtstrahl benutzt, der die Kurven von dem aufzunehmenden Vorgang auf photographisches Papier aufzeichnet. Der Meßteil besteht aus einer Metalldrahtschleife (Meßschleife), die zwischen den Polen eines kräftigen Magneten aufgespannt ist und einen kleinen Spiegel von etwa 1 mm² Oberfläche trägt. Die in elektrische Meßströme umgewandelten Temperatur- und Druckschwankungen durchfließen die Meßschleife und versetzen sie in Schwingungen, die dem Verlauf des zu untersuchenden Vorganges entsprechen. Der auf den Spiegel geworfene Lichtstrahl wird zurückgeworfen und mittels einer Linse auf einem mit genau regelbarer Geschwindigkeit ablaufenden lichtempfindlichen Papier punktförmig zusammengezogen, und so wird dort der Vorgang abgebildet. Mittels des Oszillographen werden gleichzeitig die Zeit und die Umläufe genau aufgeschrieben.

### Beispiele für die Messung der Temperatur

Mit der beschriebenen Einrichtung ist es nun möglich, nicht nur einen Zerspanungsvorgang vollständig zu verfolgen, sondern man kann auch die Eigenart der Spanbildung innerhalb kleinster Zeitabschnitte genau erkennen. Den Zusammenhang von Schneidtemperatur und Abstumpfung eines Bohrers zeigt Abb. 15 bis 25, die aus einem fortlaufend geschriebenen Schaubild von 5 m Länge einige Abschnitte wiedergibt. Die leichte Abstumpfung, die Abb. 17 erkennen läßt, hat nach praktischen Gesichtspunkten noch keinen Einfluß. Sie ist weder mit dem Auge, noch mit andern Anzeigegeräten wahrnehmbar. Nach

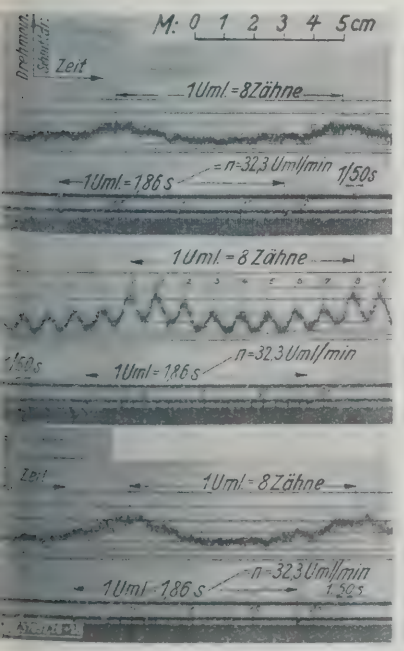



**Abb. 26** bis **28**
Spiralsteigung und Schnittdruckschwankung beim Fräsen.

Abb. 26
Gleichförmigkeit bei einer Fräsbreite gleich der doppelten Ganghöhe.

Abb. 27
Ungleichförmigkeit bei einer Fräsbreite zwischen doppelter und dreifacher Ganghöhe.

Abb. 28
Gleichförmigkeit bei einer Fräsbreite gleich der dreifachen Ganghöhe.

[2]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 44 S. 1568.

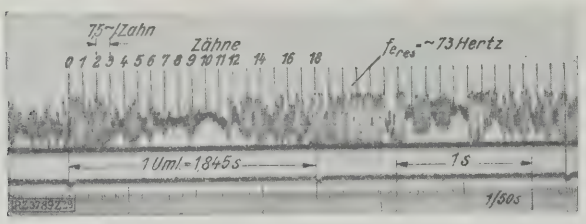



**Abb. 29.** Oszillogramme eines ratternden Fräsers.

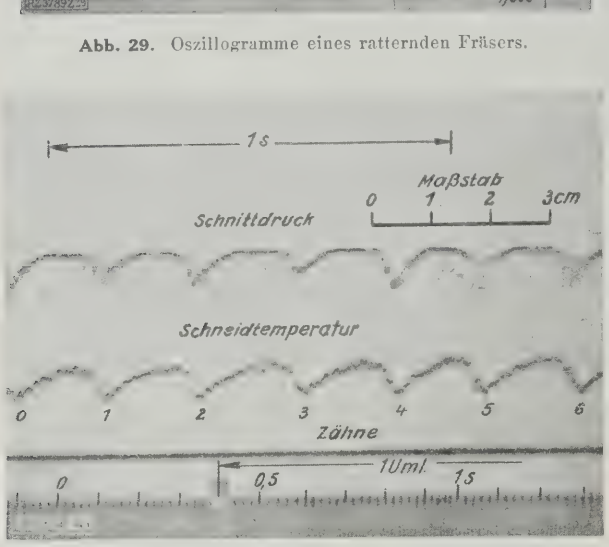



**Abb. 30.** Gleichlauf von Schnittdruck und Schneidtemperatur.

Ausschalten des Vorschubes in *b*, Abb. 23, ließ man das Werkzeug auf der Oberfläche weiter laufen. Die dabei noch auftretenden Temperaturen sind sehr hoch und zeigen einen periodischen Verlauf (Reibungsschwingungen). In *c*, Abb.25, wird die Werkzeugschneide von der bearbeiteten Oberfläche entfernt, wobei die zitterfreie Nullinie erkennen läßt, daß keine Eigenschwingungen der Meßeinrichtung vorhanden sind.

### Messung des Schnittdruckes

Am schwierigsten ist die Messung des Schnittdruckes beim mehrschneidigen Werkzeug, also beim Fräser. Dies ist nun mit Hilfe des entwickelten Drehkraftmessers ohne weiteres möglich. Man kann so große Empfindlichkeiten einstellen, daß eine Änderung des Plattenabstandes des Kondensators von $^1/_{100}$ $\mu$ etwa 1 mm Ausschlag der ... zeige entspricht. Die kritische Eigenschwingungszahl ... gesamten Meßanordnung kann aber nicht höher liegen ... die Eigenschwingungszahl des Fräsdornes. Eigenschw... gungszahlen von 500 Hertz sind leicht erreichbar. Die Ei... findlichkeit der Meßanordnung läßt sich in weiten Gren... regeln.

Bemerkenswert sind z. B. die Untersuchungen über ... Gleichförmigkeit und Ungleichförmigkeit beim Fräs... Abb. 26 bis 28 zeigen beim Walzenfräser den Zusamm... hang zwischen Spiralsteigung und Schnittdruck. Di... Schnittdruckschwankungen können leicht störende Schw... gungen veranlassen, die in der Werkstatt unter der ... zeichnung „R a t t e r n“ gefürchtet sind. Das Rattern ka... man künstlich hervorrufen, indem man Drehzahl und Zäh... zahl des Fräsers im voraus auf eine Resonanz rechneri... abstimmt. Die Oszillogramme eines solchen Vorganges ze... Abb. 29. Die Erregungsschwingung hat eine Schwingun... zahl von 9,75 Hertz und ergibt eine Resonanzschwingu... mit der 7,5fachen Schwingungszahl gleich 73,12 Hertz. ... kommen also auf jeden einzelnen Zahn 7,5 Resonanzimpul...

Ohne Schwierigkeit kann man auch den Einfluß ... Brustwinkels und verschiedener Vorschubgeschwindigkeit... ferner den Einfluß des Fräserschlages auf die Beanspruchu... der Maschinenteile u. a. wichtige Fragen klären.

### Gleichzeitiges Messen von Temperatur und Schnittdruck

Erst die Möglichkeit, Temperatur und Schnittdru... gleichzeitig zu verfolgen, ermöglicht eine abschließende ... urteilung eines Zerspanungsvorganges. Sehr leicht zu ... obachten ist hierbei der Anstieg von Temperatur und Dru... beim Anfräsen. Man bemerkt, daß die Temperatur schnell... ansteigt als der Druck, was wohl seine Ursache darin h... daß die Schneide, bevor sie in den Werkstoff eindringt, ... der Oberfläche gleitet und Reibungswärme entsteht. Die... Temperaturerhöhung, die auch beim Rücklauf des Fräse... vorhanden ist, muß ebenfalls zum Verschleiß der Schnei... kante beitragen. Die Messung des Schnittdruckes kann al... nicht mehr allein für die Beurteilung des Werkzeuges od... des Vorganges der Zerspanung ausreichen.

Aus den gewonnenen Oszillogrammen geht ferner no... hervor, daß Temperatur und Schnittdruckkurve in ihre... Verlauf übereinstimmen. Die Übereinstimmung der Schwa... kungsdauer von Temperatur und Schnittdruck zeigt Abb. 3...

Der Vortrag zeigte, daß man nunmehr die Erfahrung... werte mittels objektiver Messungen genau nachprüfen u... so Unterlagen für die konstruktive Weiterbildung der Wer... zeuge wie auch der Werkzeugmaschinen gewinnen kan... denn es ist erst jetzt möglich, mittels trägheitsloser Ve... fahren Schnittdruck und Schneidtemperatur zu messen u... die Erscheinungen der Spanbildung nach Größe und Ve... lauf einwandfrei zu erforschen.

[M 3789] *Schwenninger*

---

# *Kleine Mitteilungen*

### Inbetriebnahme einer 208 000 kW-Turbodynamo

Am 22. Oktober wurde das State Line-Kraftwerk der State Line Generating Co. mit einer Turbodynamo von 208 000 kW Leistung, einschließlich der Erregermaschinen, in Betrieb genommen. Das Kraftwerk ist auf einer aufgeschütteten Landzunge, die 360 m in den Michigan-See vorspringt, errichtet und soll nach vollem Ausbau etwa 1 Mill. kW leisten. Wegen der guten Erfahrungen mit den Babcock & Wilcox-Dampfkesseln mit Kohlenstaubfeuerung im Calumet-Kraftwerk wählte man für die sechs Kessel des ersten Bauabschnittes die gleiche Bauart, nur erhöhte man die Dampfleistung auf je 204 t/h. Der Dampfdruck beträgt 45,5 at, die Dampftemperatur 400 °.

Die von der General Electric Co. gebaute Maschinenanlage umfaßt eine Hochdruck-Turbodynamo für 76 000 kW Leistung und zwei Niederdruckturbinen, die den Abdampf der Hochdruckstufe von 8,1 at abs. weiterverarbeiten. Die Niederdruckturbinen treiben je einen Stromerzeuger von 62 000 kW und einen Hausstromerzeuger von 4000 kW. Alle drei Turbinenstufen laufen mit 1800 U/min. Vor dem Eintritt in die Niederdruckturbinen wird der Dampf mit Hilfe von Frischdampf auf 260 ° erhitzt. Diese Art der Zwischenüberhitzung soll zwar weniger wirtschaftlich als die in besondern Rauchgasüberhitzern sein, doch ist sie einfacher in der Ausführung. Die Dampfturbinen werden an fünf Stellen zum Zweck der Speisewasser-Vorwärmung angezapft. Zu jeder Niederdruckturbine gehören vier stehende Oberflächenkondensatoren von je 2040 m².

Der Gesamtverbrauch des Kraftwerks soll zur Zeit b... 85 vH Kessel- und 92 vH Maschinenwirkungsgrad etw... 3380 kcal/kWh betragen. Man hofft aber, noch niedrige... Zahlen zu erreichen. („Power“ 29. Oktober 1929 S. 670...

[N 3794 b] *Le.*

### Die deutsche Elektrizitätserzeugung im Jahre 1928

Das Ergebnis der amtlichen Erhebung über die deutsc... Elektrizitätserzeugung im Jahre 1928, das nunmehr vo... liegt, zeigt, daß die Stromerzeugung gegenüber 1925, de... ersten Jahr einer umfassenden Erhebung, von 20,3 a... 27,9 Milliarden kWh, d. h. um rd. 40 vH gestiegen ist. D... öffentlichen Elektrizitätswerke sind in dieser Erzeugun... mit 51 vH beteiligt, ihre Erzeugung hat also zum erst... Male die in Anlagen von Selbstversorgern überschritten.

Die Erhebung des Jahres 1928 erstreckt sich a... 7217 Kraftanlagen; davon waren 1417 öffentliche Elektri... tätswerke und 5800 Eigenanlagen. Die gesamte Nen... leistung der Maschinen ist von 10,2 Mill. kW im Jah... 1925 auf 11,1 Mill. kW im Jahre 1928 gestiegen, b... den öffentlichen Werken um 10 vH, bei den Eigenanlag... um 6 vH. Die mittlere Benutzungsdauer der Werke ... auf 2510 h im Jahre 1928 gegen 2453 h (1927) und 2220... (1926) gestiegen.

Von den 14,1 Milliarden kWh, die in öffentlichen We... ken erzeugt wurden, wurden 12,1 Milliarden kWh verkau... Der Rest von 14 vH ist Eigenverbrauch und Leitungsve... lust. Die Selbstversorger verkauften rd. 7 vH (rd. 1 M...

de kWh) ihrer Gesamterzeugung. Insgesamt standen in d deutschen Elektrizitätswirtschaft im Jahre 1928 13,2 Mil-den kWh (Inland- und Auslandstrom) zum Verkauf. In Saargebiet und das Ausland wurden 181 Mill. kWh kauft, aus dem Ausland wurden 293 Mill. kWh bezogen.

Unter den Energieträgern stehen die festen Brenn-ffe mit 76 vH (gegen 72 vH in den beiden Vorjahren) der Spitze, davon entfallen auf Braunkohlen 37 vH, Steinkohlen 38 vH. Wasserkraft war nur mit 12,8 vH ,2 vH im Jahre 1927 und 16,1 vH im Jahre 1926), Gas-ftwerke mit 9,1 vH (gegen 10,7 vH im Jahre 1927 und 2 vH im Jahre 1926) an der Stromerzeugung beteiligt. ungünstigen Wasserverhältnisse und die Aussperrung der Eisenindustrie im Jahre 1928 haben diese beiden aftquellen besonders ungünstig beeinflußt. Auf den Kopf Bevölkerung bezogen wurden 442 kWh im Jahre 1928 gen 392 kWh im Jahre 1927 und 325 kWh im Jahre 1925 eugt.

Die amtliche Statistik über die Stromerzeugung in einzelnen Monaten des Jahres 1929, die allerdings nur 122 Werke mit rd. 50 vH der deutschen Gesamterzeugung umfaßt, zeigt, daß vom Januar bis zum Juli 1929 die Erzeugung dieser Werke um 18 vH höher war als in den gleichen Monaten des Jahres 1928. Wenn man mit gleichbleibender Entwicklung rechnen darf, so dürfte die Erzeugung von elektrischem Strom im Jahre 1929 in Deutschland insgesamt 32 Milliarden kWh erreichen. („Wirtschaft und Statistik" Bd. 9 (1929) Nr. 21, 1. Novemberheft, S. 862) [N 3794 d] *Pa.*

### Elektrische Lokomotive von 5600 PS für Gleichstrom von 1500 V

Vor kurzem hat die Paris – Lyon – Mittelmeerbahn die erste von vier bestellten elektrischen Lokomotiven in Betrieb genommen, die die außergewöhnliche Leistung von 5600 PS aufweisen und 700 t schwere Züge mit 90 km/h Geschwindigkeit bei 8 vT Steigung oder mit 110 km/h auf der Waagerechten befördern. Die ersten Ergebnisse waren sehr zufriedenstellend. Die Lokomotiven sollen den Schnellzugdienst auf der Strecke Paris – Nizza übernehmen. Von den zehn in der Achsfolge 2 F 2 angeordneten Achsen werden sechs einzeln angetrieben. Die Zugkraft am Radumfang beträgt 18 000 kg, das Gewicht der Lokomotive 160 t, wovon 60 t auf den Antrieb entfallen, die gesamte Länge 21,8 m. Als ungeteilte Lokomotive weist diese wohl die bisher größte Leistung auf. An ihrem Bau sind die Werke von Batignolles, Oerlikon und Nantes beteiligt. („Le Génie Civil" 2. November 1929 S. 429*)
[N 3794 c] *Ro.*

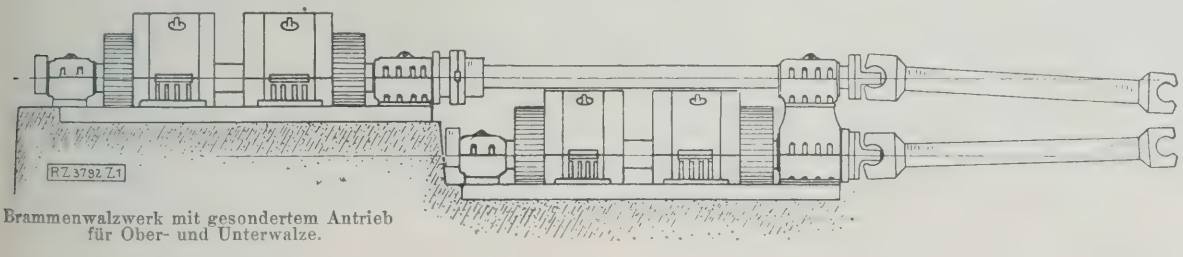
### Eine neue Schiffsschraube

Der kürzlich in Italien erbaute argentinische Kreuzer „25 de Mayo" hat zwei dreiflügelige Schrauben besonderer Bauart. Der Unterschied gegenüber der bisher üblichen Bauart liegt in der Blattform sowie hauptsächlich darin, daß die Flügel nicht nach hinten, sondern nach vorn geneigt sind. Grundlegend hierbei war der Gedanke, die Flügel von Biegemomenten frei zu halten und nur durch die Antriebkräfte zu beanspruchen. Die Schraube ist daher so entworfen, daß die Resultierende der Kräfte, die in der Längsrichtung auf einen Flügel wirken, mit der Flügelachse zusammenfällt, und daß die Resultierende der in der Querachse angreifenden Kräfte durch den Schwerpunkt des Flügelquerschnitts geht. Indem man nun den Flügel leicht nach vorn neigte und die Blattform mit Rücksicht auf eine günstige Schwerpunktlage des Flügels auswählte, erreichte man den gewünschten Kräfteausgleich in der Längs- und Querrichtung.

Der Vorteil der neuen Bauart besteht darin, daß sich die Werkstoffdicken, das Gewicht und die Kosten erheblich vermindern lassen, ohne daß dadurch die Sicherheit beeinflußt wird. Die Schrauben für den Argentinischen Kreuzer hat die Firma J. Stone & Co., Deptford, geliefert. (Shipbuilding and Shipping Record 31. Oktober 1929 S. 521*)
[N 3794 e] *W.-B.*

### Brammenwalzwerk mit gesondertem Antrieb für Ober- und Unterwalze

Bei dem neuen Brammenwalzwerk mit 1372 mm Walzendurchmesser der Illinois Steel Co. werden Ober- und Unterwalze je für sich durch besondere Elektromotoren unmittelbar angetrieben, s. Abb., so daß Kupplungen und Zahnrädervorgelege, die bei gemeinsamer Antriebmaschine notwendig sind, entfallen. Die von der Westinghouse Electric & Mfg. Co. gelieferte elektrische Anlage besteht aus zwei umkehrbaren 5000 PS-Motoren, regelbar zwischen 40 und 80 U/min, einem 9000 kW-Umformer, angetrieben durch einen 6500 PS-Motor, und einem 82,7 t schweren Stahlplatten-Schwungrad von 4572 mm Dmr. („The Iron Age" 31. Oktober 1929 S. 1178*) [N 3794 a] *Gw.*



Brammenwalzwerk mit gesondertem Antrieb für Ober- und Unterwalze.

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**echnologisches Handbuch der Elektrotechnik und der Elektrochemie.** Herausgeg. von *Alfred Schlomann*. Berlin 1928, Technischer Wörterbücher-Verlag. Auslieferung VDI-Verlag. 1492 Spalten m. 3493 Abb. Preis 45 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 40 *RM*.

Das Gebiet der Elektrotechnik mit seinen vielen Sonderzweigen hat bereits einen derartigen Umfang angenommen, daß es kaum für den Fachmann möglich ist, dieses Gebiet zu beherrschen. Infolgedessen ist es zu begrüßen, wenn ein derartiges technologisches Handbuch erscheint, und es wird sicherlich auch ein viel verbreitetes und gern gesehenes Nachschlagewerk werden.

Eine so umfassende Aufgabe wird naturgemäß bei der ersten Ausgabe schwer vollkommen gelöst werden können. Deswegen kann man bei vorhandenen Lücken das Buch nicht im geringsten gleich als unvollständig bezeichnen.

Grundsätzlich wäre zu bemerken, daß die systematische Unterteilung vielleicht zweckmäßiger zu gestalten wäre; denn man muß heutigentages zwei Hauptgruppen, wie die Elektrizitätserzeugung nebst Verteilung und die Elektrizitätsverwertung unterscheiden, und es hätte dann auch ein Teil, der die Grundlagen der Elektrotechnik behandelt, vorangehen können. Bei dieser Unterteilung wäre die Elektrizitätsverwertung vielleicht vollständiger behandelt worden, als es hier der Fall ist. Aber auch andere Kapitel, wie z. B. über landwirtschaftliche Maschinen, könnten noch weiter vervollständigt werden, zumal hierhergehöriger Stoff anderweitig untergebracht ist. Es dürfte z. B. „Elektrokultur" besser unter dieser Gruppe als unter den elektromedizinischen Anwendungen eingereiht werden. Es wäre auch bei diesem Anwendungsgebiet vielleicht zweckmäßiger, mehr die Systeme als solche hervorzuheben, gegebenenfalls unter Fortlassung geschichtlicher Entwicklung.

Zweckmäßig würden auch in Einzelheiten vielleicht einige Ergänzungen und Veränderungen Platz greifen können. So wird z. B. unter dem Schaltanlagengerät der Kleinautomat in Gestalt des Schraubenstöpsels beschrieben und sogar abgebildet, der doch nur jetzt in der Übergangzeit Verwendung finden dürfte, während man zweckmäßiger das vollständige Element des Kleinautomaten abgebildet hätte, wie es nunmehr für Neuanlagen meist eingebaut wird.

Das Buch dürfte daher später wohl noch eine erhebliche Erweiterung erfahren, so daß es vermutlich noch umfangreicher wird. Es ergibt sich vielleicht dann auch

von selbst eine Unterteilung in zwei Bände nach der oben erwähnten Unterteilung. Da diese beiden Zweige: Elektrizitätserzeugung und Elektrizitätsverwertung, gleich große und umfangreiche Gebiete darstellen, und der Benutzer dieses Buches entweder mit Arbeiten aus dem einen oder dem andern Gebiet beschäftigt ist, wozu er dieses Buch zu Rate zieht, so wird diese Unterteilung die Arbeit nur erleichtern.

Jedenfalls ist der schwierigen und wertvollen Arbeit durch Verbreitung des Handbuches ein guter Erfolg zu wünschen. [E 3651] *V.*

Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen, 7. Bd.: **Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen.** Von *Fr. Landsberg.* Dresden und Leipzig 1929, Theodor Steinkopff. 207 S. m. 80 Abb. Preis 14,50 *RM.*

Das als Bd. 7 der „Wärmelehre und Wärmewirtschaft in Einzeldarstellungen" von dem maßgebenden Fachmann der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft verfaßte Buch bringt in Anlehnung an die Verhältnisse dieser größten Bahnverwaltung einen Überblick über die gesamte Wärmewirtschaft einer Eisenbahn im Zugförderdienst und in ortfesten Anlagen. Beim Zugbetrieb ist die heutige Dampflokomotive mit Ausblicken auf Turbinenantrieb und Hochdruck, die elektrische und die Diesellokomotive behandelt, bei den ortfesten Anlagen wird der Wärme- und Kraftbedarf für Ausbesserungswerke im allgemeinen und auch ausführlich für Schmiede, Gießerei, Abkochereien, Holztrocknung, Warmwasserbereitung usw., dann in den Betriebsanlagen für Auswaschen der Lokomotiven, Entseuchen der Viehwagen, Vorheizen der Züge und schließlich auch für Gebäudeheizungen stets unter Durchrechnung von Beispielen durchgesprochen.

Überall sind gute Richtlinien und Grundlagen für die Ermittlung der Energiekosten, insbesondere auch unter Einbeziehung des oft nicht genügend gewürdigten Kapitaldienstes gegeben, wobei allerdings die Angaben über die Zugförderung, wie auch der Verfasser betont, wegen der überall anders gelagerten Verhältnisse der Linienführung, der Verkehrsdichte, der Brennstoffe usw. kaum je Vergleichsrechnungen zulassen werden. Aus der klaren Gliederung des Stoffes auch in den Einzelheiten ist zu ersehen, wie bei den eng verflochtenen Beziehungen zwischen Brennstoffwirtschaft, Wahl der Einrichtungen für Erzeugung von Wärme und Kraft, sowie der Eigenart der einzelnen Anlagen eine Analyse des Betriebes zu suchen ist, aus der sich erst die anzustrebenden Wege für Errechnung höchster Gesamtwirtschaftlichkeit erkennen lassen.

[E 3665] *M.*

**Ingenieurgeologie.** Von *K. A. Redlich, K. von Terzaghi* und *R. Kampe.* Wien und Berlin 1929, Julius Springer. 708 S. m. 417 Abb. Preis 57 *RM.*

Das Werk bietet mehr als der Titel verspricht. Es gibt zunächst weite Gebiete der allgemeinen Geologie: Kosmische und geophysikalische Geologie, Vulkanismus und Petrographie mit ziemlich eingehender Darstellung der technischen Gesteinuntersuchung, Tektonik, Gebirgsbildung und Erdbeben. Sodann werden die geologische Karte und das Profil, die Untersuchung, Bewertung und der obertägige Abbau von Lagerstätten behandelt. Ein für den Ingenieur besonders wichtiger Abschnitt enthält die Bodenkunde für Bauzwecke; in knappen Zügen ist dabei die landwirtschaftliche Bodenkunde berührt. Die Tunnelgeologie und die Erd- und Grundbaugeologie mit der Betrachtung von Bergstürzen und Erdrutschungen Einwirkungen des Bergbaus, die Beurteilung der T fähigkeit des Baugrundes, die Gründung von Stauwe die Gründungsarbeiten auf Moorböden und die Straßen geologie sind weitere höchst bedeutsame Abschnitte Werkes. Endlich ist das Wasser in seiner Beschaffe und seiner mannigfachen Wirkung auf die Erdoberfl behandelt. Eine Übersicht über die Morphologie der oberfläche, eine erdgeschichtliche Tabelle und ein Sach zeichnis schließen das Werk.

Es ist in der Behandlung der einzelnen Absch nicht ganz gleichmäßig. Manche davon werden dem ingenieur, für den das Buch in erster Linie geschri ist, in der vorliegenden Fassung entbehrlich erschei da sie für ihn nicht eingehend genug sind. Anderseits durch die angestrebte systematische Vollständigkeit ausgezeichneter Überblick über die so überaus man fachen Beziehungen der Geologie zum Ingenieurwesen boten. Wir begrüßen damit ein ganz vortreffliches, notwendiges Buch. [E 3679] *R.*

Deutsches Museum. Abhandlungen und Berichte. 1. 4. H.: **Der Weg des Geistes in der Technik.** Von *L. hard.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 30 S. m. Abb. P 1 *RM,* für Mitglieder des V. d. I. 0,90 *RM.*

In wenigen Textseiten gibt der Verfasser eine F von Gedanken, Überlegungen, Schlußfolgerungen und A blicken, von denen viele dem geschichtsforschenden T niker bei eigenen Arbeiten bereits bewußt geworden s die er hier aber in folgerichtigem Aufbau und kritisc Sichtung zusammengestellt findet. Eine geschickt zus mengetragene Bildsammlung, das Einst mit dem kürz Gewesenen und dem heute Erreichten vergleichend, eine Bildkurve überzeugender Kraft in stark steigen Richtung und veranschaulicht trefflich die textlichen A führungen des Verfassers: die folgenschwere Wandlung Urmenschen zum Kulturmenschen, die eigentliche Mens werdung durch Benutzung außerkörperlicher Arbeitsbehe den Siegeszug der Technik, den wir in der Bewältig unerhörter Kulturaufgaben miterleben und der mensch befreiend den Anbruch des „technokratischen Zeitalte verheißt. In der Anlage zu diesem Heft gibt Dr.-I *Kirschmer* einen Bericht über das Forschungsinstitut Wasserbau und Wasserkraft am Walchensee.

[E 3703] *Erich Stenge*

**Wasserkraftmaschinen.** Von *L. Quantz.* 7. Aufl. Be 1929, Julius Springer. 149 S. m. 212 Abb. Preis 5,25

**Einflüsse auf Beton.** Herausgeg. von *A. Kleinlogel, F. H deshagen* und *Otto Graf.* 3. Aufl. 4. Lfg. Berlin 19 Wilhelm Ernst & Sohn. S. 289 bis 384 m. Abb. 103 141. Preis 6 *RM.*

**Grundzüge des Eisenbaues.** Von *O. Henkel.* 7. Aufl. B lin und Leipzig 1929, B. G. Teubner. 108 S. m. 511 A Preis 6,60 *RM.*

## *Berichtigung*

**Hochwertige Baustähle für den Großstahlbau**

In dem Aufsatz von *E. H. Schulz* und *H. Buchholtz* Z. Nr. 44 vom 2. November sind die Abbildungen und 17 auf S. 1579 zu vertauschen. Das gröb Gefüge gehört dem Schmiedezustand, das feinere dem glühten Zustand an. [N 3793]

**Schluß des Textteiles**

## *INHALT:*


Seite

Die Motorjacht „Cyprus", erbaut auf der Fried. Krupp-Germaniawerft, Aktiengesellschaft, Kiel. Von *E. Cords* (Hierzu Bildbl. 9 und 10) . . . . . 1661
Die Schnelldampferfrage . . . . . 1667
Ein schnellfahrender Schwimmkran mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb. Von *P. Frenzen* und *O. Neugebauer* . . . . . 1668
Aufgaben der deutschen Wasserversorgung. Von *E. Link* . . . . . 1671
Die Ergebnisse der Funktagung im Haag . . . . . 1673
Gemischvorwärmung bei Motoren für Kraftfahrzeuge 1674
Dauerversuche an genieteten und geschweißten Brücken. Von *R. Bernhard* . . . . . 1675
Zuschriften an die Schriftleitung: Hochdrucklokomotive „Schmidt" und „Winterthur" . . . . . 1680
Elektrowerkzeuge; Entwicklung und Aufbau. Von *H. Schönherr* . . . . . 1681

Rundschau: Die Ölbunkeranlage auf der Columbuskaje in Bremerhaven — Umbau einer Schiffsmaschinenanlage — Der Dieselmotor in der dänischen Küstenfahrt — Amerikanischer Grabenbagger — — Übergangsdiagramme von Dieselmotoren — Trägheitslose Zerspanungsmessung — Kleine Mitteilungen . . . . . 16
Bücherschau: Technologisches Handbuch der Elektrotechnik und der Elektrochemie. Von *A. Schlomann* — Wärmewirtschaft im Eisenbahnwesen. Von *Fr. Landsberg* — Ingenieurgeologie. Von *K. A. Redlich, K. von Terzaghi* und *R. Kampe* — Der Weg des Geistes in der Technik. Von *L. Erhard* — Eingänge . . . . . 16
Berichtigung: Hochwertige Baustähle für den Großstahlbau . . . . . 16


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß,* in Vertr. *K. Meyer,* Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
Bd. 73 SONNABEND, 30. NOVEMBER 1929 Nr. 48

# Technik im Warenhaus

## Der neue Karstadtbau in Berlin-Neukölln

*Von ERNST NEUBERG, Berlin*

***Die Erstarkung des Einzelhandels zeitigt Bauwerke als Verkaufsinstrumente mit gewaltigen Aufgaben für den Maschinenbau, das Installationsgewerbe, die Holz- und Elektrizitätsindustrie. Alle diese Aufgaben muß im Warenhausbau ein einziger meistern, der neben dem Maschinen- und dem Bauwesen alle Fragen des Einzelhandels beherrscht. Die grundsätzlichen Fragen, die beim Warenhausbau auftreten, ihre Lösung nach dem heutigen Stande der Technik, die noch ungelösten Forderungen sind an dem Beispiel des jetzt eröffneten Berliner Warenhauses erörtert.***

Der Einzelhändler ist der gegebene Führer des Verbrauchers. Der deutsche Einzelhändler saß vor Jahren in einem winzigen Laden; er war der Handlanger des viel mächtigeren Warenerzeugers. Der deutsche Einzelhandel ist inzwischen erstarkt. Große wirtschaftliche Gebilde sind auf diesem Gebiet entstanden. Die Stellung dieser mächtigen Einzelhandelkonzerne gegenüber den Warenerzeugern hat sich vollständig geändert. Der Führer des Verbrauchs ist hier vielfach auch der Befehlshaber über die Erzeugung geworden, da er die Fertigungsgegenstände bis ins Kleinste vorschreibt und sie in größten Stückzahlen bestellt.

Mit dem Wachstum des Einzelhandels hat sich sein Verkaufsinstrument, der Laden, das Waren- und Kaufhaus, vervollkommnet. Der Weg vom kleinen Laden bis zur Erschaffung des Karstadt-Warenhauses in Neukölln war unermeßlich weit, jeder Schritt auf diesem Wege bedeutet eine grundlegende technische Erfindung, von denen an dieser Stelle genannt werden sollen: Be- und Entwässerung, Zentralheizung, Warmwasserversorgung, elektrisches Licht, elektrische Kraft, elektrisches Kochen, Telephonie, Lüft- und Kühlanlagen, Fahrstühle, Rolltreppen, Untergrundbahn, Eisenbetonbau, Hochhaus, selbsttätige Feuerlöschanlagen.

Die Vielheit der Fragen löst im Städtebau das Kollegium der Spezialisten, im Warenhausbau, wo alles gedrängt beisammen liegt, ähnlich wie im Schiffbau, kann aus dem Werk nur ein Ganzes werden, wenn einer Meister ist. Er muß nicht nur kunstempfindend die Linie führen, nicht nur die Technik und das Bauwesen, sondern vor allem den Zweck des Baues, den Einzelhandel, beherrschen und damit Zweck, Stoff und Form sachlich abstimmen.

Dem großen Faktor im Produktionsprozeß, „dem Werkzeug, der Werkzeugmaschine", entspricht im Einzelhandel „der Laden, das Kauf- und Warenhaus". Jeder das Gebiet der Produktion Beherrschende kennt die Zahl auf $^1/_{100}$ ₰ genau, um welche sich die Wirtschaftlichkeit seines Unternehmens beispielsweise durch Anschaffung neuer Werkzeugmaschinen und Automaten steigert. Über Warenhausbau gibt es bislang keine Wissenschaft und kein Schrifttum. Die Warenhausstatistik ist noch nicht so weit gediehen, eine Erfolgsrechnung anzustellen über die Bedeutung, die der Zweckmäßigkeit des Verkaufslokals zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit zuzumessen

Abb. 1
Unmittelbarer Zugang von der Untergrundbahn zum Warenhaus.

ist. Der Erbauer dieses Hauses, *Hermann Schöndorff*, verficht die Ansicht, daß ein den Menschen und den Waren mindestens gleichbedeutender Erfolgsfaktor für den Einzelhandel die Zweckmäßigkeit der Verkaufsstätte ist.

Das Wesentliche an diesem neuen Hause soll hier gewürdigt werden.

### Platzfrage

Der Menschenzustrom zum Warenhaus war früher einerseits abhängig von der Anzahl der Einheimischen und Fremden, die sich in der Warenhausstraße bewegten, anderseits von der Bevölkerung, die im Umkreis des Warenhauses wohnte. Große Warenhäuser hatten daher nur eine Daseinsberechtigung in fremdenreichen Kaufstraßen, im Schnittpunkt des Straßenverkehrs. Die am Stadtumfang gebauten Warenhäuser mußten daher klein bemessen werden, weil sie nur für die Umwohner geschaffen waren.

Die Abdrängung des Menschenverkehrs von der Straße in die Untergrundbahn, der Gedanke, daß in Zukunft die Weltstadtstraße dem Warenverkehr, die Unterpflasterbahn dem Weltstadt-Menschenverkehr gehört, bringt für die Platzwahl neue Gesichtspunkte. An S des Schnittpunktes des Straßenverk tritt der Schnittpunkt des Untergr bahnverkehrs.

Der in Neukölln für die Platzf zum erstenmal mit als ausschlaggeb berücksichtigte Gesichtspunkt ist die V bindung des Warenhauses mit der Un grundbahn. Man hat hier zum ers mal eine Bahnhofshalle mit zwei kreuzenden Untergrundbahnlinien — handelt sich um die Strecke Gesundbr nen—Neukölln und die Nord-Süd-Bahn unter einem Warenhaus ausgefü Abb. 1. Das Haus befindet sich in ein stark bevölkerten Außenbezirk einer W stadt, sucht aber seine Kundschaft ni nur in seinem Umkreis, sondern zufo seiner Verbindung mit der Untergru bahn, zufolge des auch für Umsteigfa ten bestehenden Einheitstarifes für Groß-Berliner Bahnen, aus allen Tei Berlins, aus Berlins großem Fremd strom.

Der Bodenpreis ist mit ausschl gebend für die Wirtschaftlichkeit Warenhauses. Er beträgt an der gewä ten Stelle nur etwa ⅙ des Preises, für Berliner Hauptkaufstraßen verlangt wird. Für Unterschied, also den fünffachen Bodenpreis etwa, ist ganze Warenhaus gebaut, eingerichtet und möbliert.

Der für das Warenhaus gewählte Platz ist besti mend für den Ankauf des Bodens für Warenlagerung u Unterbringung der Lieferwagen. Für die Warenlageru ist ein Grundstück mit Gleisanschluß gewählt von et 24 000 m². Das Grundstück für den Wagenpark hat ei Größe von etwa 7000 m². Beide liegen in Neukölln.

### Hochhaus

Das Hochhaus, s. Titelbild, als Warenhaus vermei einen Grundfehler älterer großer Warenhausbauten, Überbemessung der einzelnen Stockwerke; infolgedess erleichtert es den Überblick des Kunden und verring die Wege der Ware vom Lastenfahrstuhl oder vom Kü raum zur Verkaufstelle. Das Hochhaus im Gegens zum Flachhaus verkürzt Rohrleitungen und Kabelläng von der Heizkesselanlage, der Kühl- und der elektrisch Anlage usw. für alle Einrichtungen und mindert so A lagekosten, Abmessungen und Energieverluste.

Der mit fränkischem Muschelkalk v kleidete Bau ist völlig in Eisenbeton richtet. Im ganzen wurden 11 000 t ment, 48 000 m³ Kies und Basaltspl 3200 t Eisen und Holz für die Einschal gen 5000 m³ verwendet. Der Rohb wurde in nur 160 Arbeitstagen richtet.

Die Gesamtfläche sämtlicher schosse beträgt 72 000 m², der umba Raum 340 000 m³. Unter der Straß oberfläche befinden sich zwei Keller, d über erheben sich bis zur Höhe von 32 sieben Geschosse, Abb. 2, darauf v Turmgeschosse, Abb. 3 und 4, bis zur Hö von 56 m und schließlich Lichtsäulen zur Gesamthöhe von 71 m.

Besonders bemerkenswert ist die A nutzung der Keller- und Dachgeschos Auf dem Dach des Warenhauses ist großer Garten von 4000 m² Fläche einer geschlossenen Halle für 500 Si plätze eingerichtet, Abb. 6. Im Oberkel läuft rings um das Warenhaus ein brei Gang, von dem aus die Schaufenster v unten beschickt werden. Der Tiefkell Abb. 5, wird durch einen Tunnel Untergrundbahn, der die Nord-Süd-Ba mit der Bahn Gesundbrunnen—Neukö

Abb. 6
Die Dachgarten-Gaststätte im 7. Stock.

**Abb. 3 und 4**
Turmgeschosse.
M. rd. 1 : 825

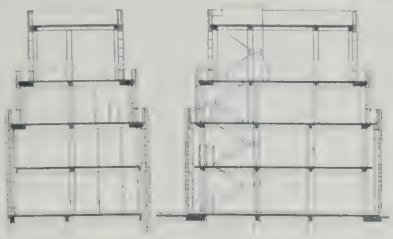
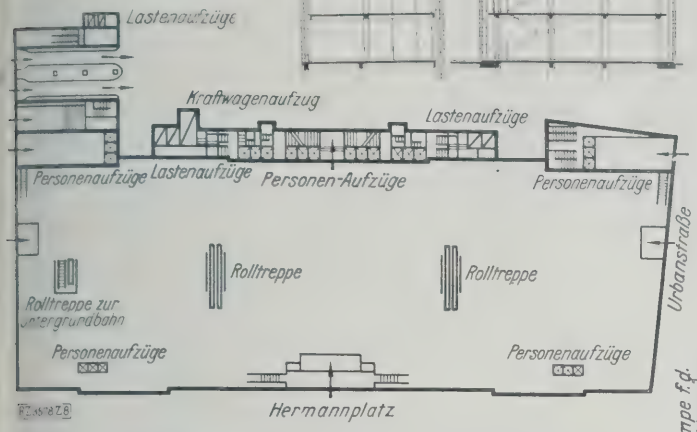


**Abb. 7** (unten)
Grundriß des Erdgeschosses.



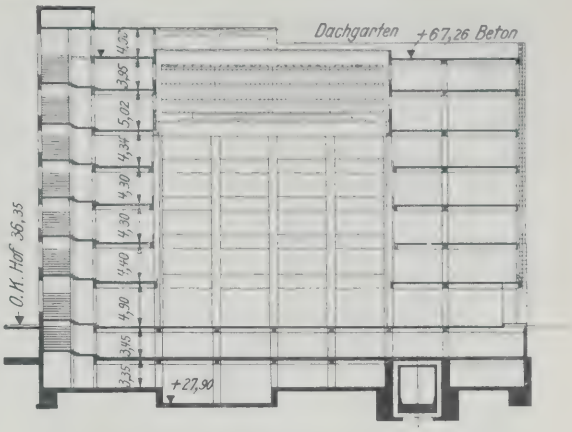




**Abb. 2.** Querschnitt. M.: rd. 1 : 825.

verbindet, durchschnitten, er dient zu Lagerzwecken und zur Aufnahme der technischen Anlagen des Warenhauses.

### Grundriß, Feuerlöscheinrichtungen

Für die Auswahl des Platzes sind außer der Stadtgegend Schnitt des Grundstücks, Anzahl der Straßenecken, Schaufenstermöglichkeiten und Frontlänge maßgebend. Das Warenhausgrundstück hat eine Größe von 7500 m² und eine bebaute Fläche von 8200 m². Neu an diesem Dreifrontenhaus ist die Schaffung von saalartig durchgehenden Fluchten, Abb. 7, in den Abmessungen von etwa 140 m × 60 m. in denen keine Hindernisse, wie Brandmauern, Treppen oder Fahrstühle, die Durchsicht, das Zurechtfinden oder die Aufsicht beeinträchtigen und breite, gerade Längs- und Querwege für die Besucher und für die Warenbeförderung angelegt werden können. Drei Lichthöfe, ein großer von 475 m² und zwei kleinere von 230 m², lassen eine Fülle von Tageslicht einströmen, auf das man im Gegensatz zu neueren amerikanischen Warenhäusern nicht verzichtet hat.

Dieser genial einfache Grundriß wurde ermöglicht durch eine Sprinkler-Anlage. Das ganze Gebäude ist von einem Rohrnetz durchzogen, in das in bestimmten Zwischenräumen Brausen (im Warenhaus Neukölln 9000 Stück) eingeschraubt sind. Diese Brausen sind kleine Auslaßventile, die durch eine Glaskugel und eine aus drei Teilen zusammengesetzte Metallstütze verschlossen gehalten werden. Steigt bei dem Ausbruch eines Brandes die Temperatur über 68 °C hinaus, so schmilzt die Lötung, die die drei Teile der Metallstütze miteinander verbindet, die Stütze und die Glaskugel fallen ab, und das Löschwasser hat aus den Brausen freien Austritt.

Die beschriebene Anlage wird überwacht durch zehn Alarmventilsysteme. Jedes dieser Systeme bildet ein geschlossenes Ganzes, ist an die gemeinsame gemischte Wasserverorgungsleitung angeschlossen und mit besonderen Absperr-, Leerlauf-, mechanischen und elektrischen Alarmvorrichtungen sowie den verschiedenen Druckmanometern versehen.

Die Sprinkler-Anlage wird aus einem im Obergeschoß aufgestellten Luftdruck-Wasserkessel von 30 m³ Gesamtinhalt, 15 m³ für

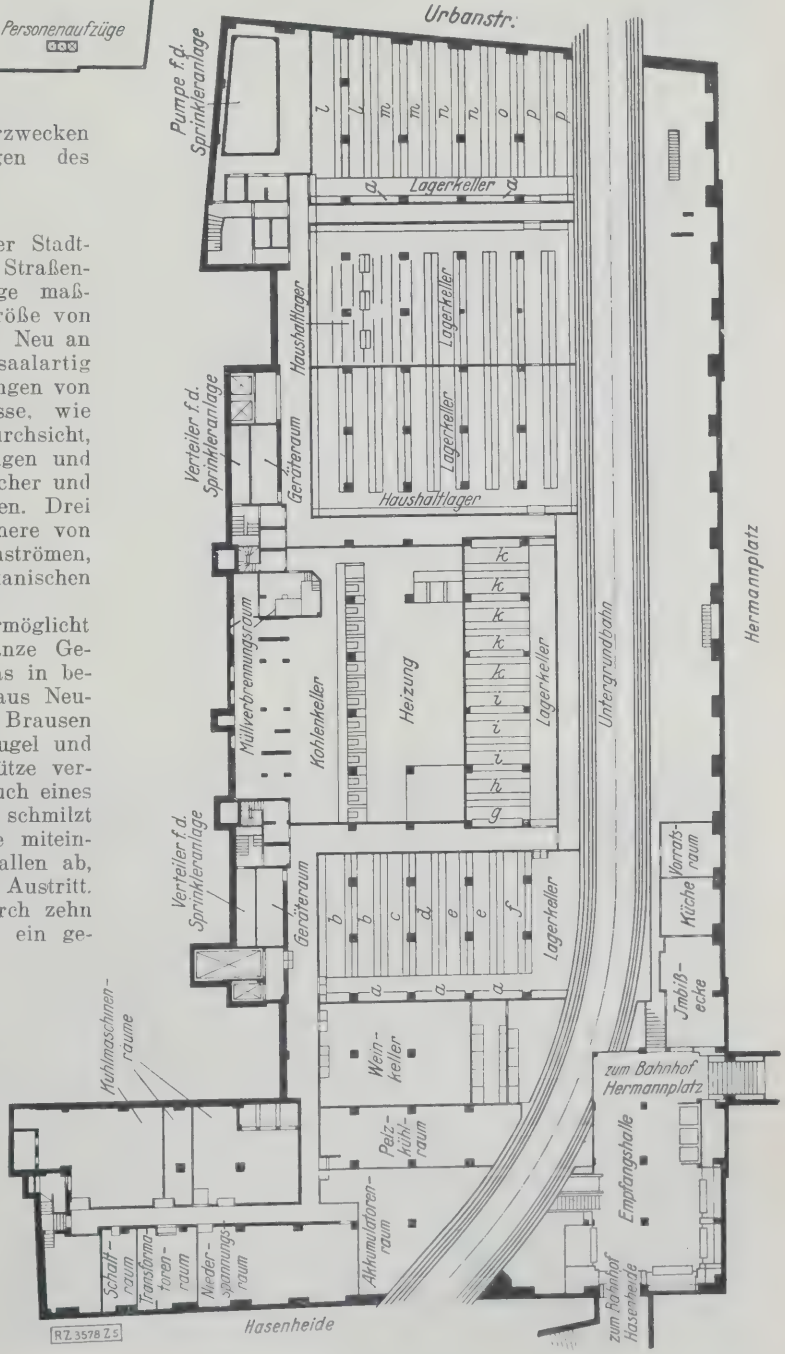



**Abb. 5.** Der Tiefkeller. M. rd. 1 : 825.

**Abb. 2 bis 5**
Grundrisse und Schnitte des Gebäudes.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *a* | Tische | *i* | Handarbeiten |
| *b* | Trikotagen | *k* | Wäsche |
| *c* | Wollwaren | *l* | Baumwollwaren |
| *d* | Handschuhe | *m* | Kleiderstoffe |
| *e* | Strümpfe | *n* | Seide |
| *f* | Herrenartikel | *o* | Parfüm |
| *g* | Kurzwaren | *p* | Galanteriewaren |
| *h* | Spitzen | | |

Wasser und 15 m³ für Druckluft, gespeist. Ein elektrisch angetriebener Luftverdichter dient dazu, den Kessel unter einen Betriebsdruck von 6 at zu setzen. Als zweite Wasserquelle ist eine Sprinkler-Kreiselpumpe an die Sprinkleranlage angeschlossen. Diese ist mit ihrem Elektromotor von 140 kW auf gemeinsamer Grundplatte im Tiefkeller aufgestellt und für eine Leistung von 4,5 m³/min bei rd. 100 m Förderhöhe berechnet.

Die beiden Wasserzufuhren wirken nun auf die Sprinkleranlage in folgender Weise: Öffnen sich im Brandfalle eine oder mehrere Brausen an beliebiger Stelle der Anlage, so fällt durch den Wasserausfluß aus den Brausen sehr bald der Druck im Luftdruckkessel und gleichzeitig in der gemischten Wasserversorgungsleitung. Beträgt der Druckabfall mehr als 2 at gegenüber dem ständigen Betriebsdruck, so wird über ein Kontaktmanometer die Sprinklerpumpe selbsttätig in Betrieb gesetzt. Diese versorgt nun die Sprinkleranlage ausreichend mit Wasser (die Wasserversorgung der Sprinkleranlage ist auf einen vollen Bedarf von 100 min berechnet).

Mit der Sprinkleranlage ist eine sogenannte Wasserschleier-Anlage im Neuköllner Warenhaus eingebaut worden. Das Erdgeschoß sowie da bis 5. Obergeschoß sind durch die ganze Breite des bäudes parallel zu den Lichthöfen und diese voneina trennend von zwei Rohren mit offenen Düsen du zogen, die somit das Haus gleichsam in drei Absch zerlegen. Die Düsen sind so konstruiert, daß sie tretendes Wasser flach nach unten und beiden Se verteilen und in ihrer Gesamtheit einen zusammen genden Wasservorhang (Wasserschürze, Wasserschle erzeugen.

Die klare Linienführung des Grundrisses hat große Ersparnis an Bau- und Ausbesserkosten zur Fo da alle Rohre und Leitungen geradlinig geführt sind; sind so verlegt, daß an keiner Stelle die Wandbek dungen durchschnitten und in ihrer Wirkung beeintr tigt werden. Die Schaufensterfront an allen drei Se ist nur durch die drei Portale unterbrochen, nicht du irgendwelche Notausgänge oder Treppen. Die Treppen den Frontseiten sind nur parallel zur Front hinter Schaufenstern nach den Portalseitenwänden hingefü Abb. 7.

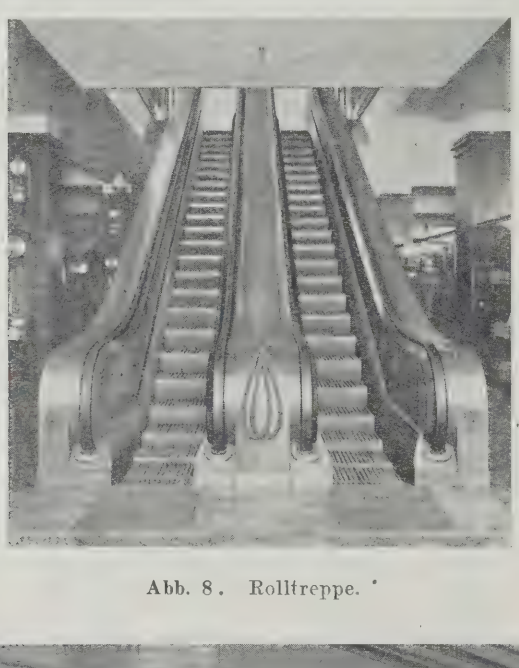


Abb. 8. Rolltreppe.

### Förderwesen im Hause

Das Warenhaus ist der Treffpunkt von Mensch und Warenmengen. Die Leistungsfähigkeit der Bef derungsmittel in senkrechter Richtung muß abhän gemacht werden von der Anzahl der Stockwerke. Für Personenbeförderung sind am Hermannplatz 24 R treppen von Carl Flohr A.-G., Berlin, Abb. 8, 24 Fahrstühle der Otis-Aufzugwerke G. m. b. H., Ber eingebaut. Die Rolltreppe[1]) hat mit dem Personenfa stuhl gemeinsam, daß sie Menschen selbsttätig bef dert. Die Rolltreppe hat dem Fahrstuhl voraus, sie beim Aussetzen des Mechanismus oder bei Stre eine bequeme Fußgängertreppe ist. Das Wesentliche ihr besteht aber darin, daß sie gewissermaßen mit gnetischer Gewalt die Vorübergehenden anzieht damit den Wert der oberen Stockwerke erhöht. D gegenüber verlangt der Aufzug vom Besucher Ged beim Warten und Halten und mutet ihm ein Zusamm drängen mit anderen Menschen im geschlossenen Kas zu. Die schräg laufende Rolltreppe nimmt allerdi mehr Grundfläche weg als der senkrecht laufende Fa stuhl. Bei einer Geschoßhöhe von 4,5 m wird der V kaufsraum durch eine einfache Rolltreppe im Un geschoß um etwa 18 m², im Obergeschoß um etwa 14 gekürzt. Das Paternosterwerk kommt für diese Zwe wegen zu geringen Fassungsvermögens nicht in Fra

[1]) Z. Bd. 73 (1929) S. 950.

Abb. 9. Heizanlage.

Leistungsfähigkeit der am Hermann-
tz eingebauten Rolltreppen beträgt
ndlich je 6000 Personen.

Die Verteilung der Personenaufzüge
d der Rolltreppen auf den Grundriß des
bäudes ist aus Abb. 7 zu ersehen.
rner sind noch 6 Last-, 13 Speise- und
n Kraftwagenaufzug von Otis einge-
lat.

Mit dem eigentlichen Warenhaus ist
e Bahnhofshalle, Abb. 1, durch eine
lltreppe, eine breite Fußgängertreppe
d durch drei Aufzüge verbunden, die
rch sämtliche Geschosse führen. Die
nden und ebenso die 3000 bis 4000 An-
stellten können also, ohne die Straße
betreten, mit zwei Untergrundbahn-
nien das Warenhaus erreichen.

Die Anforderungen, die an eine Roll-
ppe zu stellen sind, können in der
ohrschen Bauweise als gelöst betrachtet werden.
ir den Ingenieur bleibt aber noch viel zu kon-
uieren, zu erfinden und auszuprobieren, um die
nforderungen zu erfüllen, die an den Personen-
fzug gestellt werden müssen, damit dieser die Auf-
ben restlos erfüllt, die der Warenhaus-Massenbetrieb
ihn stellt. Die Anzahl Personen, die in 1 h von einem
jedem Stockwerk haltenden Fahrstuhl mit bestimmter
ragfähigkeit befördert werden kann, ist abhängig von
r Fahrgeschwindigkeit und der Schnelligkeit, mit der
ch der Fahrstuhl füllt und entleert. Die Fahrgeschwin-
gkeit leidet stark unter der Bewegungsverzögerung
r Feineinstellungsmaschine[2]), die nach Beendigung der
auptfahrt mit „kleiner" Geschwindigkeit den Fahrkorb
genaue Flurhöhe bringt. Die „elektrischen" Personen-
hrstühle sind mit durch „Druckluft" sich öffnenden und
hließenden Türen versehen, die beim Halten die ganze
reite zum Ein- und Aussteigen freilegen. Zur Ver-
infachung und Verbilligung, zur Ersparnis an Ausbes-
rungen müßte die Druckluftanlage durch eine elek-
ische Anlage ersetzt werden.

**Abb. 10**
Elektrische Großküche für die Gastbetriebe.

### Heizung

Im Tiefkeller, Abb. 5, dem Betriebsgeschoß, sind fast
ämtliche Kessel, Transformatoren, Pumpen, Hebe-
nlagen, Kompressoren für Luftdruck und Kälteerzeu-
ung, Warmwasserbereitung und Verteilanlagen unter-
ebracht.

Das ganze Haus besteht aus schmalen Pfeilern, die
n keiner Stelle verbreitert sind und dennoch alle Rohr-
nd elektrischen Leitungen aufnehmen. Rohrleitungen
ind im Tiefkeller sichtbar, in den Stockwerken nur unter
utz oder Verkleidung verlegt. Da die Verkleidungen
us edlen Hölzern, Marmor, Fliesen usw. bestehen und
ie elektrische Anlage meist in unmittelbarer Nähe der
Rohrleitungen verlegt ist, so werden sehr große Anforderungen an die Güte des Werkstoffes und der Ausführung gestellt.

Die von der Firma David Grove, A.-G., Berlin, ausgeführte Dampfheizanlage, Abb. 9, besteht aus 14 Kesseln von je 52 m² Heizfläche. Die Raumheizflächen sind an den Außenwänden und Fenstern angeordnet; eine Ausnahme bildet das Erdgeschoß, wo jeder verfügbare Platz — vorzugsweise der an den Innenpfeilern — zur Unterbringung von Heizkörpern ausgenutzt wurde. Diese Maßnahme ist für die Beheizung von Hochhäusern mit hochgezogenen, überglasten Lichthöfen wegen ihrer Schornsteinwirkung von wesentlicher Bedeutung. Das Haus ist in einzelne Heizgruppen nach Stockwerken und Fronten unterteilt. Durch Einblasen großer Mengen Warmluft in den Zwischenraum der Windfänge ist erreicht, daß die kalte Außenluft zurückgedrängt wird und beim Öffnen der inneren Türen zum Warenhaus nur vorgewärmte Luft eindringen kann. Die Vermeidung der Zugerscheinungen gestattet, die Warenstände bis in die Nähe der Eingangstüren auszudehnen.

Neben der Heizanlage befindet sich ein Müllverbrennungsofen mit Schüttung von oben, insbesondere zur Vernichtung von verbrauchtem Packpapier.

### Be- und Entwässerung

Dem Entwurf des Hauses hat der Gedanke zugrunde gelegen, daß der Besucher im Hause alles vorfinden muß, was er nur irgendwie am Tage brauchen kann. So enthält das Haus ein großes Restaurant (in dem bislang im Mittel täglich 2500 feste Mittagessen an Besucher verabreicht sind), ein gleich großes Kaffee, eine große Dachgarten-Gaststätte, eine Gaststätte in der Untergrund-Bahnhofshalle, eine umfangreiche Imbißecke in der Lebensmittel-Verkaufshalle, eine Bar im Erdgeschoß. Diese werden bedient von einer Küche, Abb. 10, einer Konditorei, Abb. 11, und einer Bäckerei, deren Erzeugnisse nicht nur verzehrt, sondern auch im Warenhaus verkauft werden. Im Oberkeller befindet sich eine große Badeanstalt im Anschluß an die Untergrundbahnhalle, fünf Frisiersalons sind im Hause.

Aus diesen Anlagen, unter Hinzurechnung der entsprechenden Kantinen usw. für 3 bis 4000 Angestellte, der Aborte, der Fischhalle, ergibt sich der eine Teil des Wasserbedarfs, der andre wird für die technischen Anlagen gebraucht. (Die Badeanlage verbraucht täglich nach bisher vorliegenden Zahlen 800 m³, Kühlung und Eisbereitung stündlich 90 m³.)

Die Be- und Entwässerungsanlagen sind geschaffen von der Firma Wolfferts & Wittmer, Berlin; das Betriebs-

[2]) s. *Paetzold*: „Grundlagen des Aufzugbaues" S. 121; Berlin 1927, ulius Springer.

**Abb. 11.** Elektrische Konditorei.

wasser wird eigenen Brunnenanlagen entnommen, das Trink- und Verbrauchswasser der städtischen Leitung. Die Wasserversorgung teilt sich in zwei Abschnitte, der erste reicht bis zum 4. Geschoß mit städtischem Druck, der zweite, für die höheren Geschosse, ist mit Anlagen für die Druckerhöhung ausgestattet.

Im Turmgeschoß sind zwei Behälter von je 20 m³ Inhalt eingebaut; von diesen unterhält einer die Frischwasserversorgung für das 5., 6. und 7. Geschoß, der andre versorgt das Gebäude mit Betriebswasser; der größte Teil des Kühlwassers fließt nicht zum Straßenkanal, sondern wird wieder für Betriebswasser und Speisung der Warmwasserbehälter hier aufgefangen. Im 7. Geschoß, über der Dachhalle, sind weitere vier Behälter von je 4 m³ aufgestellt, die miteinander verbunden sind und das Wasser für die gesamte Klosettspülung liefern.

Zur Aufrechterhaltung dieser Wasserversorgung sind neben der Ausnutzung des städtischen Straßendruckes 12 Kreiselpumpen mit selbsttätiger Schaltung für rd. 400 m³/h Leistung aufgestellt.

Die Rohrbrunnen, die für die Kühlwasserversorgung hergestellt wurden, liefern insgesamt 100 m³/h. Abb. 12 zeigt die Zentrale der Kalt- und Warmwasserverteilung.

Zum Entwässern des Kellers und des Tiefkellers einschließlich der Badeanstalt dienen mit Druckluft betätigte Hebeanlagen, die mit Kompressoren von 70 m³/h Leis betrieben werden. Sämtliche Abwässer der übrigen S werke und des Regenwassers werden gesammelt und 36 Anschlüsse dem städtischen Straßenkanal zugel

150 m² Kesselfläche mit vier Trommeln von zusam 10 m³ und weiteren vier Gegenstromapparaten 800 000 kcal/h Leistung versorgen das Gebäude mit war Wasser. Zwei Kreiselpumpen sorgen für die Umwäl des Wassers.

### Lüftung

Infolge der günstigen Grundrißform des Gebä mit seinen vier freien Fronten und drei großen Li höfen hat man auf eine allgemeine künstliche L erneuerung verzichtet und nur diejenigen Räume und teilungen mit besonderen Anlagen versehen, die inf ihrer Lage oder ihres Verwendungszweckes eine von Witterung unabhängige Lufterneuerung, eine bestim gleichmäßige Temperatur oder bestimmte Druckverh nisse erforderten.

Ganz aus dem Rahmen des in Deutschland üblic fallen die Bewetterungsanlagen für Erfrischungsra Speisesaal und Lebensmittelabteilung. Der wesentlich Bestandteil der Bewetterungsanlage, der Lu wäscher, besteht aus drei Teilen, der Wasch-, Ki und Trockenkammer. In der Was kammer wird die Luft durch W serschleier hindurchgeführt und Staub niedergeschlagen, so daß weitere Apparatur nicht schmutzt. In der Kühlkammer w die Luft über eine sehr große netzte Oberfläche in fein vert tem Zustande hinweggeführt; in Trockenkammer werden sämtli Tröpfchen, bei periodischem trieb wird sogar ein Teil des W serdampfes ausgeschieden. Schleierdüsen gestatten durch schrauben des Düsenstempels e leichte Reinigung im Falle der stopfung. Sämtliche Teile des schers sind leicht zugänglich somit leicht zu reinigen, eine derung, die für hygienische richtungen unerläßlich ist.

In Abb. 13 und 14 ist als spiel die Bewetterungsanlage den Speisesaal im dritten Ober schoß dargestellt. Die Frisch wird an der Front Hasenheide halber Geschoßhöhe durch G jalousien angesogen. Die L

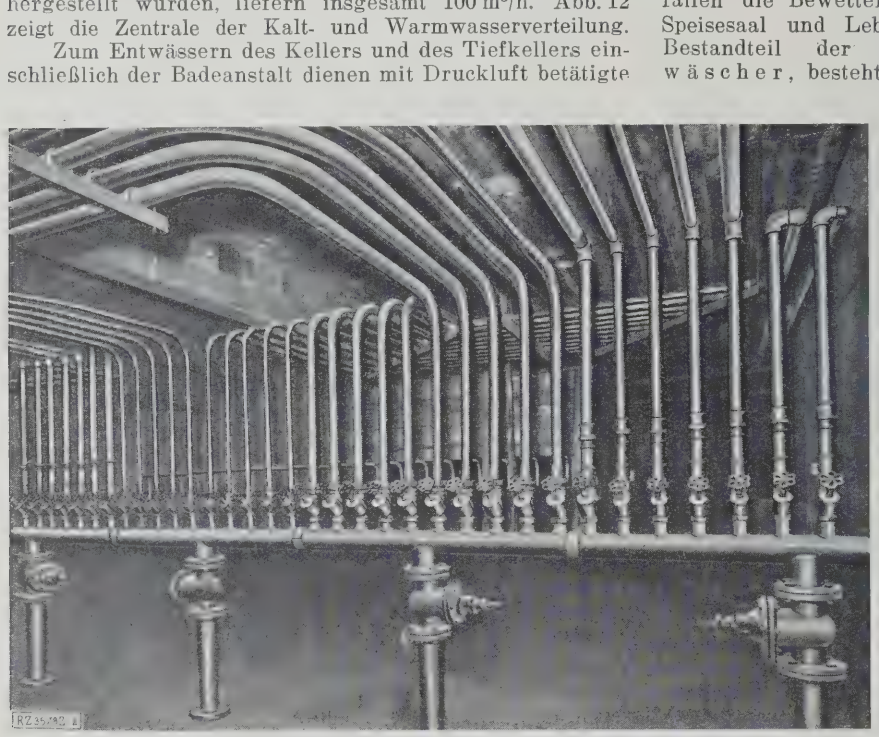


Abb. 12
Kalt- und Warmwasserverteiler.

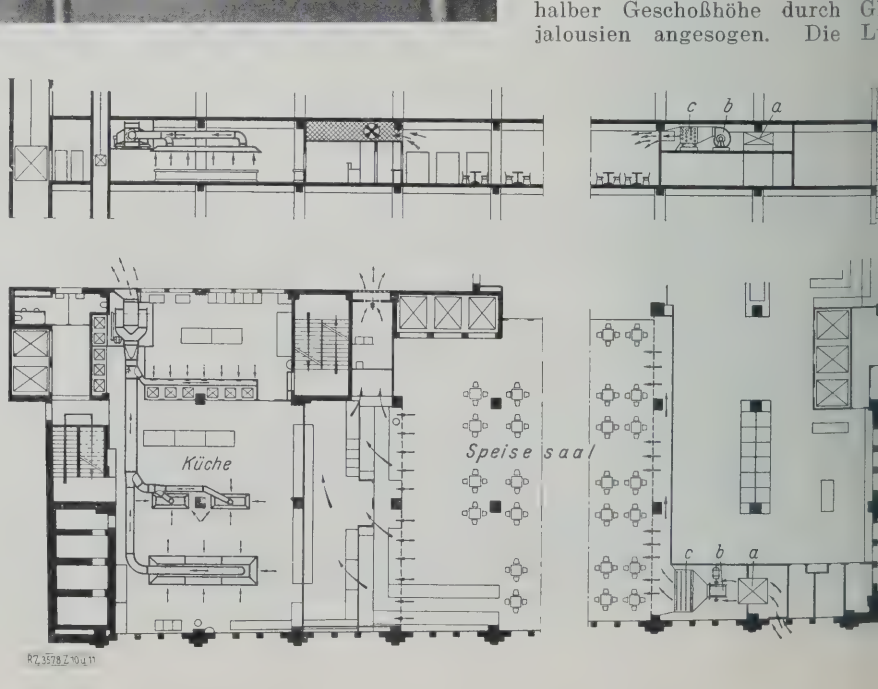



Abb. 13 und 14
Belüftungsanlage für den Speisesaal im dritten Obergeschoß.

*a* Luftwäscher
*b* zweiseitig saugender Kreiselüfter
*c* Luftvorwärmer im Winter, Luftkühler im Sommer

ungen treten in den Speisesaal auf der ganzen Breite d. Saales durch Gitter unterhalb der Decke ein. Vorgesaltete Leitvorrichtungen erteilen der ausströmenden Luft eine Richtung schräg zur Decke, um zu vermeiden, daß insbesondere im Sommer die auf etwa 15 °C gekühlte Luft unmittelbar in den Bereich der Köpfe kommt. Die zugeführte Wettermenge durchstreicht sodann den gesamten Saal in seiner Längsrichtung, um auf der gegenüberliegenden Seite unterhalb der Decke abgesogen zu werden. Hier sind die Büfett- und Anrichteräume in 60 cm Höhe unterspannt; aus dem Hohlraume saugt ein Schraubenlüfter die Abluftmengen ab, um sie in den Hof zu drücken. Die Anlage ist ausgeführt von der Firma Berventulo, Berlin.

### Kühlung

Während die eigentliche Kälteerzeugungsanlage als Zentrale im Tiefkeller untergebracht ist, befinden sich die Kälterverwendungsstellen im ganzen Haus da, wo sie mit Rücksicht auf kürzeste Warenwege am günstigsten liegen.

Der Kältebedarf setzt sich mit Rücksicht auf besondere Spitzenbelastungen etwa wie folgt zusammen:

| | | |
|---|---|---|
| Roheis-Erzeugung . . . . | 40 000 | kcal/h |
| Wirtschaftsräume . . . . | 190 000 | „ |
| Lebensmittelabteilung . . . | 250 000 | „ |
| Konditorei . . . . . | 70 000 | „ |
| Raumluftkühlung . . . . . | 250 000 | „ |
| insgesamt | 800 000 | kcal/h |

Für die Deckung des Kältebedarfs wurden drei Kompressoren von je 400 000 kcal/h mittlerer Leistung gewählt, Abb. 15.

Da für die Fortleitung der Kälte zu den weitverzweigten Verwendungsstellen aus Sicherheitsgründen nur Sole in Frage kommen kann, ist es ein Gebot der Wirtschaftlichkeit, die Anlage so zu unterteilen, daß mit zwei verschiedenen Soletemperaturen gearbeitet wird. Der bei weitem umfangreichere Kreislauf der mäßig gekühlten Sole ist nochmals unterteilt in den Kreislauf für die unteren und die oberen Stockwerke.

Demzufolge ergibt sich die Aufstellung von drei verschiedenen Verdampfern, und zwar eines kleinen Verdampfers für die tiefgekühlte Sole, eines größeren offenen Verdampfers, gleichzeitig mit einem Eiserzeuger vereinigt, für den unteren Kreislauf der mäßig gekühlten Sole und eines geschlossenen Verdampfersystems für den Kreislauf der mäßig gekühlten Sole.

Zur Förderung der Sole dienen vier Hochdruck-Kreiselpumpen. Außerdem sind für den selbsttätigen Nachtbetrieb noch kleinere Solepumpen vorgesehen.

Da die Kältemaschine in der Hauptsache nur tagsüber läuft, sind sämtliche Kühlräume mit Kältespeichern ausgestattet, deren großer Soleinhalt in Verbindung mit dem Nachtkreislauf beim Stillstand der Kältemaschine die Aufrechterhaltung zuträglicher Temperaturen gewährleistet. Die Anlage stammt von A. Freundlich, Düsseldorf.

### Schwach- und Starkstromanlagen

Von Siemens & Halske, A.-G., Berlin, wurden folgende Schwachstromanlagen eingebaut: eine Fernsprechanlage mit Handbetrieb für Post- und Hausverkehr mit 15 Amtsleitungen, 65 Nebenstellen und 110 Hausstellen, eine Feuermeldeanlage, eine Wächterkontrollanlage und eine Uhrenanlage. In Verbindung mit der Uhrenanlage steht eine Pausensignalanlage, die dem Personal selbsttätig den Beginn und den Schluß der einzelnen Pausen bekanntgibt. Hierzu kommen noch eine Chefrufanlage und eine Wasserstand-Fernmeldeanlage.

Von den Siemens-Schuckertwerken, A.-G., Berlin, stammt die Starkstromanlage von 4800 kW. Alle Licht-, Kraft-, Wärme- und Kühlleistungen, mit Ausnahme der Raumheizung, werden auf elektrischem Wege erzielt.

Im ganzen Haus wird kein Gas verwendet; die Großküche, die Bäckerei und die Konditorei sind voll elektrisch eingerichtet. Elektrowärmegeräte sind mit einem Anschlußwert von über 1200 kW eingebaut.

Zur Beleuchtung dienen im Erdgeschoß kegelförmige Siemens-Leuchten, in den Obergeschossen Doppelkegel-Luzetten in versilberter Ausführung. In den Nutzräumen und Korridoren sind zum großen Teil Siemens-Tropfenleuchten für die Beleuchtungsanlage verwendet.

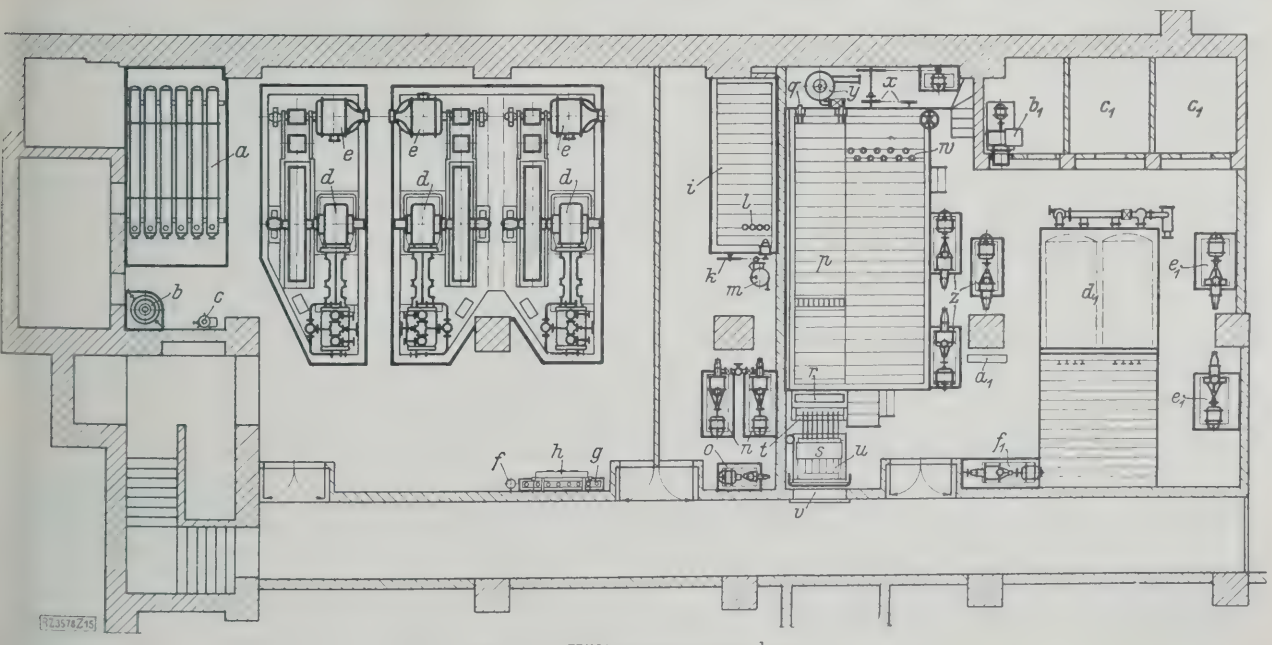
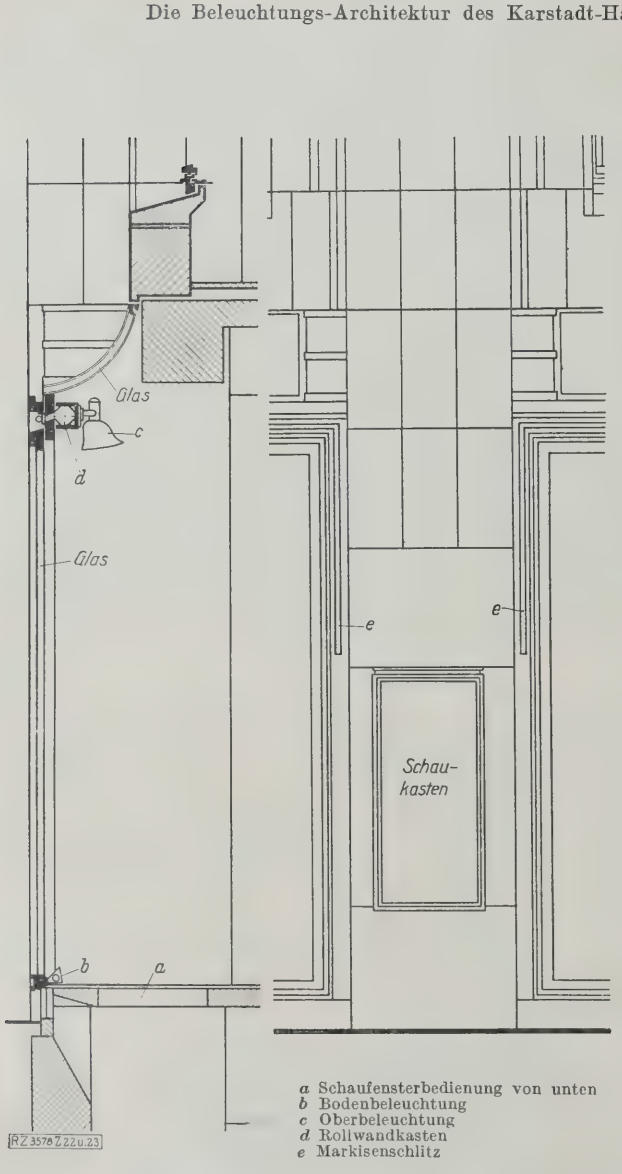



**Abb. 15.** Kälteerzeugungsanlage.

*a* Kondensator
*b* Ölabscheider
*c* Entlüfter
*d* Kompressoren
*e* Motoren von je 135 PS
*f* Ammoniakflasche
*g* Regelstelle
*h* Manometertafel
*i* Kühler für tiefgekühlte Sole
*k* Rührwerk
*l* Spitzbogen-Schnellverdampfer
*m* Flüssigkeitsabscheider
*n* Hochdruckpumpen für tiefgekühlte Sole
*o* Hochdruckpumpe für tiefgekühlte Sole (Nachtbetrieb)
*p* Eiserzeuger
*q* Vorschub
*r* Kippe
*s* Füllgefäß
*t* Taugefäß
*u* Rutsche
*v* Eisausgabe
*w* Spitzbogen-Schnellverdampfer
*x* Rührwerke
*y* Flüssigkeitsabscheider
*z* Hochdruckpumpen für mäßig gekühlte Sole (offener Kreislauf)
$a_1$ Soleverteiler
$b_1$ Ventilator für den Maschinenraum
$c_1$ Pumpenräume für Wasserversorgung
$d_1$ Solekühler für mäßig gekühlte Sole (geschlossener Kreislauf)
$e_1$ Hochdruckpumpen für mäßig gekühlte Sole (geschlossener Kreislauf)
$f_1$ Hochdruckpumpe für mäßig gekühlte Sole (geschlossener Kreislauf, Nachtbetrieb)

Abb. 21
Die Beleuchtungs-Architektur des Karstadt-Hauses.




*a* Schaufensterbedienung von unten
*b* Bodenbeleuchtung
*c* Oberbeleuchtung
*d* Rollwandkasten
*e* Markisenschlitz

Abb. 22 und 23
Einzelheiten der Beleuchtung und des Abschlusses eines Schaufensters.

### Möblierung

Der Einkauf im Laden ging so sich, daß der Kunde im Schaufenster bestimmtes Stück gesehen hatte und es Verkäuferin beschrieb. Diese kramte ganzes Lager durcheinander, fand Gewünschte nicht, ging mit dem Ku auf die Straße hinaus und ließ sich Verlangte zeigen. Erst dann wußte genau. was der Kunde wünschte. Sie l es ihm vor. Viel unnütze Ein- und räumarbeit war nötig gewesen. nächste Kunde konnte erst bedient den, nachdem wieder Ordnung gem war. Diese Leerlaufarbeit wird im ne Warenhaus fast in allen Abteilungen mieden, weil die Verkaufstheken, die stehenden und Wandschränke als Sch fenster ausgebildet sind. Der Kunde s sich hier das Gewünschte aus. Die W ist nicht mehr in Kartons unsichtbar; ganze Sortiment liegt in verglasten Sch fächern, Abb. 16, die vielfach, um Schubfächer sichtbar zu machen, py midenförmig übereinander liegen, z. Abb. 17, oder in verglasten Verkaufthek in denen z. B. Blusen, Abb. 18, nebene ander hängen. Unnützes Ein- und A packen ist in Fortfall gekommen. Alles ist verglast, sta frei gelagert, jedes Möbel hat seine elektrische Inn beleuchtung mit passender Lüftung, damit die Ware ni leidet. An die Stelle des Tischlermeisters ist der Ingeni getreten; dieser findet hier noch ein Urland zur te nischen Bearbeitung mit großen Aussichten, da sich a kleinere Ladenbesitzer dieser Verschaufensterung ih Verkaufslokals nicht entziehen können.

Ingeniös gelöst ist die Schaffung, die Konstrukt und Durchbildung der verglasten Kühltheken u -vitrinen in der Lebensmittelabteilung. Hier ist die Kä nicht nur zur Frischerhaltung der Ware angewandt, s dern auch, um dem Käufer vor Augen zu führen, daß leicht verderblichen Lebensmittel bis zum letzten Aug blick vor dem Verkauf unter dem Schutz der Kälte steh

Vor den eigentlichen Vorrats-Kühlräumen Lebensmittel sind durch mehrfache Verglasung geschüt große Schauschränke angeordnet, denen wieder die V kauftheken und Vitrinen — letztere vollständig in K stallglas ausgebildet — vorlagern. In den Vitrin befinden sich die von Sole durchflossenen Kühlschlang Abb. 19, die ständig weiß bereift und in Schneekristall glitzernd durch ihr frisches appetitliches Aussehen Vertrauen und die Kauflust des Publikums in hoh Maße steigern. Besonders ist die Butterabteilung handelt; sowohl im Faß als auch in Paketform gepac Butter ruht bis zum Verkauf in Schaukästen oder kühlten, verglasten Theken, so daß auch hier das Pub kum die Überzeugung gewinnt, daß es ausschließl frische, wohlerhaltene Ware bekommt, Abb. 20.

Die alleinige Verwendung von Glas, Alabaster, T Marmor und vernickeltem Messing bei sämtlichen Schr ken, Boden, Decken und Behältern in der Lebensmitt Abteilung trägt dazu bei, daß sowohl in den Kühlräum als auch in den Verkaufshallen Sauberkeit und Hygie in jeder Beziehung gewährleistet wird.

Die Auslage im Straßenschaufenster soll den V übergehenden veranlassen, das Haus zu betreten; es g dem, der etwas Bestimmtes im Hause kaufen will, A regung, noch andres zu kaufen. Der von der Untergru bahn her das Haus Betretende kann erst im Hause sel beeinflußt werden; das geschieht hier durch die Versch fensterung des ganzen Hauses.

Die Möblierung ist von der Firma Gebr. Schöndo A.-G., Düsseldorf, angefertigt.

### Außenreklame, Schaufenster

Auf den alten deutschen Jahrmärkten versucht sich die Budenbesitzer, die dem Volk teils Waren, te Belustigungen anboten, gegenseitig akustisch zu üb

Abb. 18
Beleuchtete Glastheken und Wandschränke für Blusen.

Abb. 17
Beleuchtete Glastheken und Wandschränke für Strümpfe.

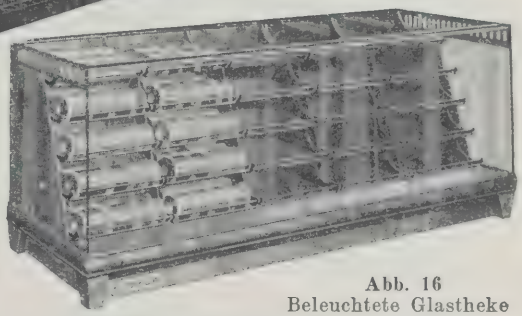


Abb. 16
Beleuchtete Glastheke für Seidenband.

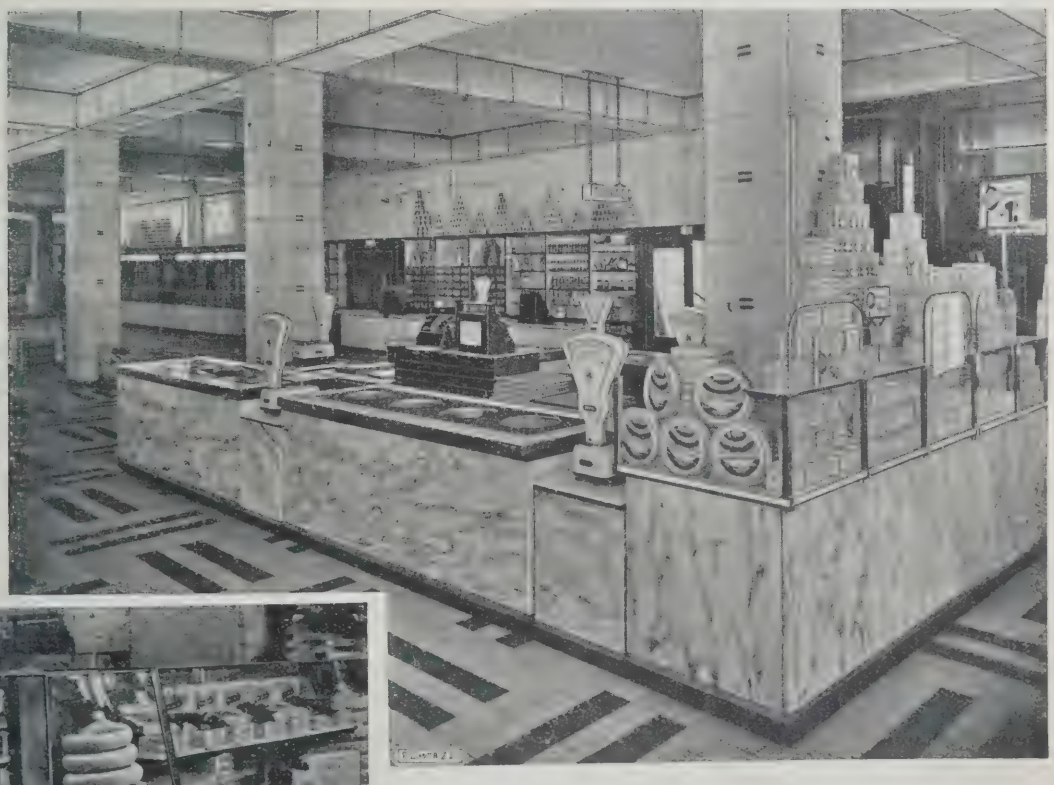


Abb. 20 (rechts)
Gekühlte Buttertheke.

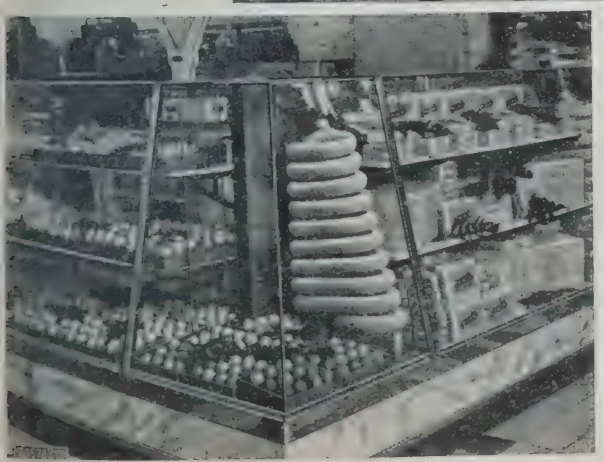


Abb. 19
Vitrine mit von Sole durchflossenen Kühlschlangen für Eier und Margarine.

trumpfen, um durch „mehr Lärm" oder durch „schrilleren Lärm" die Vorübergehenden anzulocken. Seit Erfindung der elektrischen Beleuchtung, der ihre Anwendung zu Reklamezwecken schnell folgte, hat sich das Übertrumpfungssystem auf die Hauptkaufstraßen der Groß- und Weltstadt übertragen, aber statt akustisch jetzt optisch.

Die älteren großen Warenhausbauten sind zu einer Zeit ausgeführt, in der die elektrische Fassadenlichtreklame noch nicht bekannt war; sie konnte daher architektonisch nicht eingefügt werden; sie wurde, vielfach die Symmetrie störend, später an die Fassade angeheftet. Der Neubau am Hermannplatz zeigt, für ein Warenhaus zum erstenmal, die Fassadenbeleuchtung in die Architektur eines Bauriesen eingeflochten, Abb. 21. Sie ist, wie alle anderen Starkstromanlagen, von den Siemens-Schuckertwerken, Berlin, ausgeführt.

Zur Beleuchtung jedes Schaufensters dienen 9 oder 7 Siemens-Schaufensterleuchten mit Glasspiegeln, die verdeckt aufgehängt sind, Abb. 22 und 23.

### Schlußbetrachtung

Was bringt ein derartiges Haus unserer deutschen Wirtschaft?

Ein Verkaufsinstrument, dessen Wirkung die Verkaufsunkosten mindern muß; in der Hand eines großen Einzelhandelsunternehmens erhöht es dessen Einkaufsbasis und erniedrigt damit dessen Einkaufspreis um ein beträchtliches. Die Schlagkraft der Großunternehmungen des deutschen Einzelhandels ist für unsere Volkswirtschaft überaus wichtig, einerseits, weil sie die arbeitende Bevölkerung billig versorgt und damit die Grundlage für Lohnherabsetzungen gibt, die die Ausfuhrmöglichkeiten der deutschen Wirtschaft steigen anderseits weil ihre Massenbestellungen die deutsche Industrie in den Stand setzen, billig zu erzeugen und durch ausfuhrfähig zu werden.

Belebung für Industrie und Baumarkt, weil andere heimische Unternehmungen des Einzelhandels, der Gastronomie usw. keine Ruhe finden, bis sie nicht Gleichwertiges oder Besseres geschaffen haben, um dem Mitbewerber nicht den Vorsprung zu lassen. Dieses Haus bricht den Wahn, daß es bei einem Bauindex von etwa 180 wirtschaftlich unsinnig sei, Kaufhäuser zu erbauen, im Wettbewerb mit billig zu Buch stehenden Bauten der Vorkriegszeit. Dieses Haus hat bereits den Beweis erbracht, daß seine Anziehungskraft die Umsätze steigert, daß demgegenüber Verzinsung und Tilgung der erhöhten Bausumme gar keine Rolle spielen.

Belebung ergibt sich für die Ausfuhr an Fahrstühlen, Rolltreppen, elektrischen Einrichtungen, Kühl-, Lüft- und Heizanlagen, Be- und Entwässerungen, Laden- und Feuerlöscheinrichtungen für Auslandbauten. Geradezu ein Pilgerstrom von ausländischen Kaufhausbesitzern aller Nationen hat das neue Haus überflutet, um das Neueste und Zweckentsprechendste kennenzulernen und im eigenen Betrieb einzuführen.

Warenausfuhr dadurch, daß der diese Sehenswürdigkeit besuchende Fremdenstrom zum Kauf angeregt wird.

Beschäftigung von Handwerk und Industrie seitens des Bauherrn, um gemeinsam ein Denkmal zu schaffen für den nach Weltkrieg und Revolution wieder erstarkten deutschen Gewerbefleiß. [B 3578]

## Beurteilung der Schmierfähigkeit von Ölen

*R. Voitländer* berichtet[1]) über eine von *D. Thoma* angegebene Vorrichtung zum Untersuchen der halbflüssigen Reibung bei Gleitflächen, die durch ihre Form die Bildung einer tragenden Ölschicht verhindern. Solche Stellen finden sich bei hoch belasteten Lagern als unerwünschte Zufallsergebnisse, sie können aber zum Zwecke der Ölprüfung planmäßig erzeugt werden, z. B. durch Berührung einer Kugel oder eines Zylinders mit einer Ebene, durch eine Anzahl von Rillen in einer Lagerschale, wodurch die Tragfläche möglichst weit verringert wird. Als „Quetschstellen" werden die Umgebungen der Berührung bezeichnet. Über das Verhalten des Öles an einer solchen Quetschstelle soll die Vorrichtung Aufschluß geben.

Im vorliegenden Fall wird die Quetschstelle durch die Berührung zweier Kreiszylinder $a_1$ und $a_2$ erzeugt, Abb. 1, deren Achsen sich rechtwinklig kreuzen. Der eine Zylinder (Antriebrolle) wird durch ein Gewicht mit einem vorbestimmten Druck gegen den andern (Meßrolle) angepreßt. Beide Zylinder drehen sich mit gleicher Winkelgeschwindigkeit, und die auf die Meßrolle ausgeübte Reibungskraft wird durch eine Torsionswaage bestimmt. Die Rollen sind ganz in dem zu prüfenden Schmiermittel untergetaucht.

Die Versuche mit dem Gerät erstreckten sich auf 11 verschiedene Flüssigkeiten, deren Temperaturen so abgestimmt waren, daß bei jedem Versuch die Zähigkeit genau gleich, mithin der Einfluß der Zähigkeit auf die Rangordnung des Schmiermittels ausgeschaltet war. Die kleinsten Reibungswerte unter allen untersuchten Flüssigkeiten, Mineralölen und sogar Rüböl, ergab eine Zuckerlösung.

Schließlich wurde der Einfluß eines Zusatzes von rund 5 vH Rüböl zu einem Mineralöl nachgewiesen, der am auffallendsten bei niedrigen Anpressungsdrücken in die Erscheinung trat. Dieser Umstand gibt Veranlassung, die Anpressungsdrücke bei einem späteren Neubau der Vorrichtung zu verkleinern. Das würde auch eine entsprechende Verkleinerung der Reibungskräfte ergeben; allerdings muß man abwarten, ob man dann die Reibungskräfte noch mit der erforderlichen Genauigkeit bestimmen kann. Jedenfalls ist diese Mitarbeit an der Klärung des Problems der halbflüssigen Reibung mit Genugtuung zu begrüßen. [M 3689] *Georg Duffing*

[1]) Mitteilungen des Hydraulischen Instituts der Technischen Hochschule München, Heft 3, München u. Berlin 1929, R. Oldenburg.

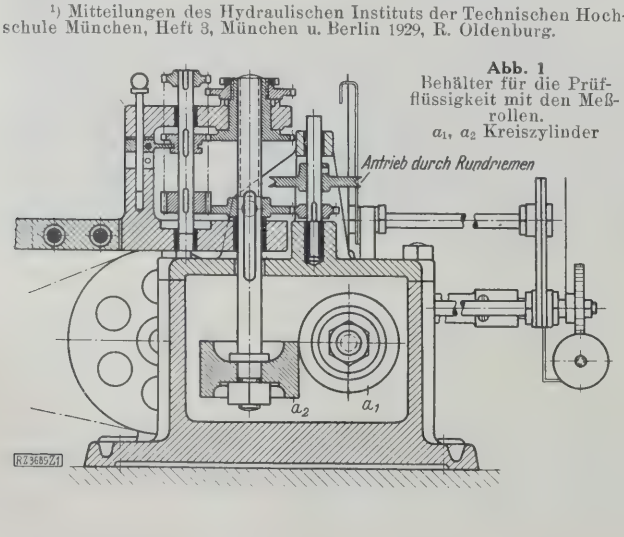



**Abb. 1**
Behälter für die Prüfflüssigkeit mit den Meßrollen.
$a_1$, $a_2$ Kreiszylinder

## Elektrischer Herd mit Sandspeicher

Das elektrische Kochen kann wesentlich gefördert werden, wenn es gelingt, die dadurch entstehenden Spitzenbelastungen der Kraftwerke in erträglichen Grenzen zu halten. Die Erbauer elektrischer Kochgeräte streben deshalb danach, die aufgenommene Leistung der Geräte zu vermindern, indem sie sie auf eine größere Zeit verteilen. Das führt zur Verwendung von Speichern; außerdem sucht man das Erhitzen der Wärmespeicher möglichst in Zeiten zu legen, in denen die Kraftwerkbelastung niedrig ist.

Bei einem von *P. Seehaus*, Mitlödi (Schweiz), konstruierten elektrischen Speicherherd wird Luft als Wärmeträger und Sand als Speicherfüllung benutzt[1]). Ein Lüfter, angetrieben von einem Kurzschlußmotor, drückt die Luft durch den hocherhitzten Sand und dann am Heizkörper entlang in Rohre, die sie je nach der Stellung verschiedener Ventile zum Bratofen oder zu den Kochplatten leiten; von dort wird die Luft durch einen Wassererhitzer dem Lüfter wieder zugeführt. Sie macht also einen geschlossenen Kreislauf. Die Kochplatten haben unten Metallansätze, damit die der heißen Luft ausgesetzte Fläche möglichst groß wird. Die größte aufgenommene Leistung des Herdes beträgt 600 W. Bei einer Untersuchung durch die Vereinigung Schweizerischer Elektrizitätswerke soll der Herd bei zwanzigstündiger Belastung mit 400 W in der Koch- und Heizleistung um 16 vH hinter einem Herd mit unmittelbarer elektrischer Heizung zurückgeblieben sein. Dieser Nachteil muß also durch den Vorteil der Herabsetzung und Verbreiterung der Spitze ausgeglichen werden, d. h. die Tarife müssen der Rechnung tragen. Außerdem ist die Frage, ob die Bauart nicht etwas zu verwickelt für den Küchenbetrieb ist. *Pa.*

[1]) „The Engineer" Bd. 148 (1929) Nr. 3848 S. 389.

# Das Fernsehen in Deutschland

*Von Dr. F. NOACK, Berlin-Schlachtensee*

*Das Fernsehen in Deutschland hat gegenüber dem Vorjahr große Fortschritte gemacht. Das Rundfunk-Fernsehen ist genormt worden. Das an sich bessere Fernsehbilder ergebende Fernsehen über Kurzwellen stößt aus technischen und wirtschaftlichen Gründen noch auf Schwierigkeiten. Zur Übertragung eignen sich besonders Filme und Diapositive, doch lassen sich beim Fernsehen im Rundfunk auch einfachere bewegte Gegenstände abbilden. Zur Zeit gibt es in Deutschland drei Verfahren, die beschrieben werden. Zwei Verfahren erlauben den Bau billiger Geräte, die auch leicht zu bedienen sind. Die Einführung des Fernsehens im Rundfunk ist infolgedessen in greifbare Nähe gerückt.*

## Normung

Seit dem Vorjahr hat das Fernsehen[1]) in Deutschland große Fortschritte gemacht. Diese liegen hauptsächlich darin begründet, daß sich die deutschen Rundfunkfernsehgesellschaften unter dem Einfluß des Reichspostzentralamtes zu einer Normung der Fernsehgeräte entschlossen haben. Diese Normung bezieht sich zunächst auf die Festlegung der Zahl der in 1 s abgetasteten Einzelbilder auf 12½ Bilder/s. Ferner hat man die Zahl der Bildzeilen, in die man jedes einzelne Teilbildchen aufgelöst sein will, auf 30 festgesetzt. Außerdem erstreckt sich die Normung darauf, daß im Gegensatz zu früher die Bildzeilen waagerecht gelegt werden und daß, wenn eine Abtastscheibe benutzt wird, diese mit 30 Löchern versehen werden muß, wobei — ebenfalls im Gegensatz zu früher — die Löcher so angeordnet sein müssen, daß sie auf Halbkreisen liegen, die gleiche Winkel einschließen; damit erreicht man eine ganz bestimmte Bildzeilenfrequenz, die zur Erhaltung des Gleichlaufes herangezogen wird. Weiter hat man sich darauf geeinigt, daß der Abstand der Löcher zur Ganghöhe der Lochspirale sich wie 4 : 3 verhält. Nach dieser Normung ist es möglich geworden, auch in die amtliche Einführung des Fernsehens im Rundfunk und an die Massenfertigung von Empfangsgeräten zu denken.

## Der heutige Stand

In Deutschland befassen sich z. Z. drei Firmen mit dem Bau von Fernsehgeräten: Telefunken (*Karolus*), die Telehor, A.-G. (*v. Mihály*-Kramolin) und die Deutsche Fernsehgesellschaft (*Baird*-Loewe-Zeiß-Bosch).

Während die Firma Telefunken auf dem Standpunkt steht, daß die jetzt genormte Bildpunktzahl nicht ausreiche, um eine hochwertige Fernsehübertragung zu erreichen, und daß infolgedessen das Fernsehen auf Rundfunkwellen unzureichend sei, vertreten die beiden anderen Gesellschaften den Standpunkt, daß man mit den gegebenen Verhältnissen rechnen und versuchen müsse, schon jetzt das Fernsehen öffentlich einzuführen, um dem Ausland gegenüber nicht ins Hintertreffen zu geraten. Sie haben in erster Linie das Bestreben, verhältnismäßig billige und einfache Fernsehgeräte auf den Markt zu bringen. Telefunken will hauptsächlich größere Maschinen bauen, die sich besonders für Theaterzwecke eignen.

Die Fernsehübertragung nach dem heutigen Stand kann natürlich keineswegs als ideal bezeichnet werden. Der Grund, weshalb man über eine höhere Bildzahl als 12,5 in 1 s und eine höhere Bildzeilenzahl als 30 nicht hinausgehen kann, liegt darin, daß für die Rundfunkwellen ein Unterschied der Wellenlängen von je 9000 Hertz vorgesehen ist, also auch nur eine Modulation mit einem Wechselstrom von 9000 Hertz vorgenommen werden darf. Das entspricht bei einer Bildzahl von 12,5 in 1 s und einer Bildzeilenzahl von 30, einer höchstzulässigen Bildpunktzahl je Zeile von 24, im ganzen also von $30 \times 24$, d. s. 720. Diese Gesamtpunktzahl erscheint recht niedrig, sie wird aber vielfach noch nicht erreicht, weil die einzelnen Bildzeilen nicht in 24 zeitlich gleich lange Bildzeichen unterteilt werden, sondern ohne Unterbrechung abgetastet werden. Insbesondere hat die Beschränkung auf 12,5 Bilder in 1 s zur Folge, daß die empfan-

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 69 (1925) S. 1507, Bd. 70 (1926) S. 725, Bd. 71 (1927) S. 227 und Bd. 73 (1929) S. 95.

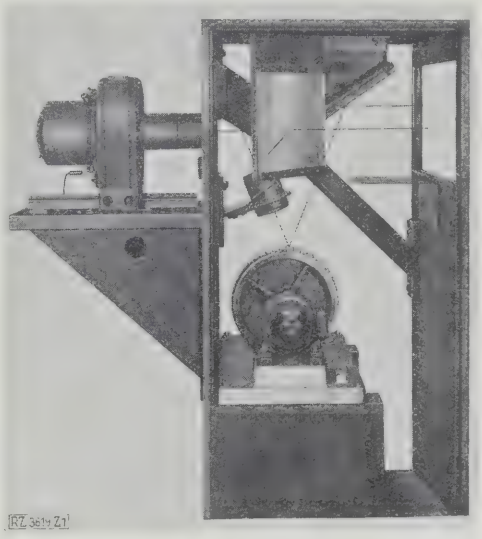


Abb. 1
Fernsehsender von Telefunken zum Übertragen der Abbildungen von Gegenständen.

Der Lichtstrahl geht von der Lichtquelle (außerhalb des Kastens, links oben) über einen Spiegel und durch ein Linsensystem auf das umlaufende *Weillersche* Spiegelrad, dessen Spiegel gegen die Achse verschieden geneigt sind, so daß jeder folgende Spiegel den Strahl im Bildzeilenabstand neben dem Strahl des vorhergehenden Spiegels zurückwirft. Vom Spiegelrad geht der Strahl über einen zweiten Spiegel auf den Gegenstand, der übertragen werden soll, wird von diesem auf einen dritten Spiegel zurückgeworfen und gelangt von hier zur Photozelle, die die Sendestromstöße steuert.

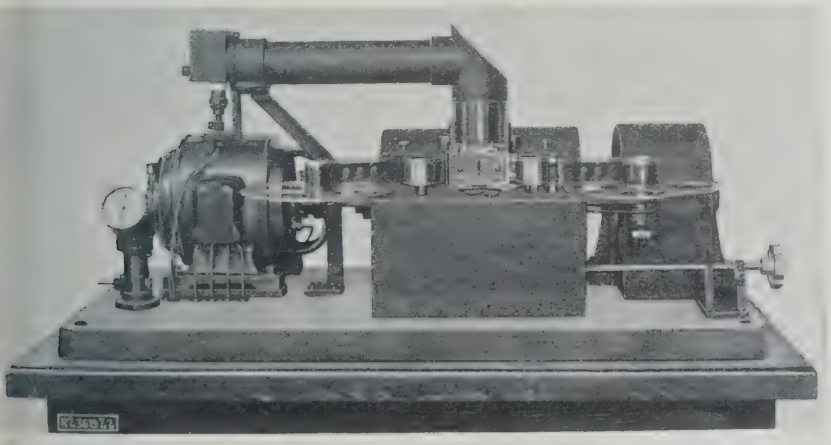


Abb. 2. Fernsehsender von Telefunken zum Übertragen der Abbildungen bewegter Filme (Photozelle abgenommen).

Zu Abb. 2:

Der Lichtstrahl geht von der Lichtquelle (im Bilde oben links an der Lampenfassung erkennbar) auf den in dem geschlossenen Kasten befindlichen Vieleckspiegel, wird von diesem auf den Film geworfen, den er durchdringt. Die Photozelle befindet sich vor der in Bildmitte sichtbaren Blende mit Schlitz; sie ist in der Abbildung der Übersichtlichkeit halber entfernt worden. Zum Drehen des Vieleckspiegels und zum Bewegen des Films dient der Motor im Bilde links.

genen Bilder nicht flimmerfrei sind; denn dazu sind bekanntlich mindestens 16 Bildübertragungen in 1 s notwendig. Die Beschränkung auf 30 Bildzeilen ergibt wiederum keine besonders gute Bildschärfe. Nun kommt dem Fernsehen allerdings die Trägheit des Auges zugute, das eine Unschärfe, die eben betrachtet wird, nicht empfindet, wenn an deren Stelle plötzlich eine andere Bildstelle tritt. Es lassen sich immerhin auch Einzelheiten erkennen.

Die Bildschärfe wird erst besser werden, wenn der Wellenabstand größer als 9000 Hertz genommen werden kann. *Karolus* vertritt den Standpunkt, daß gutes Fernsehen überhaupt nur mit Kurzwellen möglich ist, weil bei ihnen von vornherein eine Modulation mit höherer Frequenz, also eine größere Bildpunktzahl möglich ist. Dieser Plan wird sich aber nur schwer verwirklichen lassen, weil einerseits die Kurzwellen unter Schwund- (Fading-) erscheinungen stark leiden und anderseits Kurzwellen in der Nähe der Sender schlecht zu empfangen sind. Dem Fernsehen mit Kurzwellen stehen auch insofern noch Schwierigkeiten entgegen, als sich der Rundfunkteilnehmer zu seinem Rundfunkempfänger noch einen Kurzwellenempfänger anschaffen müßte; das würde nicht allein die Fernsehgeräte verteuern, sondern sie auch unerwünscht verwickelt machen. Vorerst dürften also Kurzwellen für das allgemeine Fernsehen schwerlich in Betracht kommen.

Das Ideal wäre, wenn Ton und Bild gleichzeitig übertragen werden könnten. Das erfordert aber entweder zwei getrennte Sender und ebenso zwei getrennte Empfänger, wofür aber heute keine Wellen mehr zur Verfügung gestellt werden können, wenn man nicht die Wellenlängenbegrenzung verbreitert, so daß man den gleichen Sender sowohl mit Bildfrequenzen, als auch mit Tonfrequenzen moduliert. Das ist technisch durchaus möglich, aber die gegenwärtigen Rundfunk-Vereinbarungen verbieten es. So muß man sich beim Fernsehen vorerst darauf beschränken, Bilder ohne Töne zu übertragen.

Für das Übertragen von Lichtbildern oder Filmen und für das unmittelbare Sehen bewegter Gegenstände sind die Sendegeräte, wenn auch nicht in den Grundzügen, verschieden, die Empfangsgeräte aber können für beide Arten des Fernsehens gleich bleiben. Das ist ein Vorteil, der der allgemeinen Einführung förderlich ist.

Im Empfänger kann man das Fernsehbild entweder unmittelbar oder mittelbar auf einem Bildschirm betrachten. Das zweite Verfahren kommt besonders für Theatergeräte in Betracht.

### Sender

Das Verfahren Telefunken-*Karolus* benutzt auf der Sendeseite die Lichtlinienabtastung, Abb. 1. Ein dauernder Lichtstrahl wird einem *Weillerschen* Spiegelrad zugeführt, das an seinem Umfang einen Kranz von Spiegeln trägt, deren Ebenen gegeneinander so geneigt sind, daß der von ihnen zurückgeworfene Lichtstrahl den zu übertragenden Gegenstand in übereinander liegenden parallelen Lichtlinien abtastet. Sieht man der Normung entsprechend 30 Lichtlinien nebeneinander und 12½ Einzelbilder in der Sekunde vor, so muß das Spiegelrad bei 12,5 U/s (750 U/min) 30 Spiegel haben.

Bei durchscheinenden Lichtbildern (Diapositiven) befindet sich die Photozelle hinter dem Lichtbild, bei undurchsichtigen Gegenständen davor, nutzt dann also das zurückgeworfene Licht aus. Eine Vereinfachung des Spiegelrades ist bei der Übertragung bewegter Filme, Abb. 2, möglich, weil die Filmbewegung von selbst die Abtastlichtlinien nebeneinander fallen läßt. Statt des Spiegelrades mit versetzten Spiegelebenen genügt ein Vieleckspiegel mit gleicher Spiegelneigung.

Die Abtastung mit Lichtlinien ist nur zu verwenden, wenn sich die Gegenstände, deren Abbildungen man übertragen will, in einem verdunkelten Raum in unmittelbarer Nähe des Senders befinden. Für Tageslichtaufnahmen eignet sie sich nicht. Dafür dient das zweite Verfahren, das von der Deutschen Fernsehgesellschaft, von Telehor, aber gelegentlich auch von Telefunken benutzt wird. Es sieht gleichbleibende Beleuchtung des Gegenstandes vor, der mit einer *Nipkow*-Scheibe (Spirallochsche oder ähnlichen Lochscheiben, z. B. solchen mit radi Schlitzen, abgetastet wird, und zwar bei jeder Schei umdrehung einmal. Die Photozelle empfängt das Verwendung der *Nipkow*-Scheibe durch die quadratis oder Kreisausschnitten entsprechenden Scheibenlö dringende Licht. Gemäß der Normung muß die Sch mit 12,5 U/s umlaufen und 30 Löcher haben.

### Empfänger

Auf der Empfangseite benutzt das Verfah Telefunken-*Karolus* ebenfalls ein *Weillersches* Spiegel Zur Steuerung des Lichtstrahles im Takt der ankomm den Bildzeichenströme wird für größere Leistungen *Kerr*-Zelle, für kleinere eine punktförmige Glimmlam Abb. 3, verwandt. Telefunken hat ein Gerät gebaut, dem die *Kerr*-Zelle zusammen mit gleichbleibender Li quelle leicht gegen die Glimmlampe ausgetauscht wer kann.

Telehor und die Deutsche Fernsehgesellschaft nutzen als Abtasteinrichtung auf der Empfangseite e *Nipkowsche* Scheibe und als Lichtquelle bei kleine Geräten, wie sie für objektives Fernsehen in Betra kommen, Abb. 4, eine Flächenglimmlampe mit Gasfüllu diese ergibt eine gleichmäßig beleuchtete Fläche, de Leuchtkraft in einem gewissen Bereich verhältnisgl der angelegten Spannung ist und die schon bei klei Spannungen anspricht. Das wird dadurch erreicht, der Dunkelraum aufs kleinste beschränkt ist. Auf der Glimmlampe abgewendeten Seite der *Nipkows* Scheibe kann entweder unmittelbar oder durch Vergrö rungslinsen das Bild beobachtet werden. Mit Glim lampen besonderer Leuchtkraft, z. B. Wolframpu lampen, und höheren Verstärkungen können diese Ge auch für Theater in Betracht kommen.

Die Empfangsgeräte nach dem letztgenannten tastverfahren sind natürlich billiger als die mit ei *Weillerschen* Spiegelrad herzustellen, dafür gesta aber die Spiegelabtastung eine fast beliebig hohe S gerung der Bildhelligkeit, die bei den anderen Syste nicht so einfach zu erreichen ist.

### Gleichlauf

Bedingung für ein einwandfreies Fernsehen Gleichlauf der Abtastteile auf der Sende- und Empfa seite. Bei großen Geräten steuert man deshalb die triebmotoren mittels Stimmgabeln gleicher Frequenz, bei der Bildtelegraphie, oder einer drahtlos übertrage Synchronisierungsfrequenz. Letztere scheidet bei S dung auf Rundfunkwellen wohl überhaupt aus. H verwendet man wohl durchweg Synchronmotoren, (bei Geräten mit *Nipkowschen* Scheiben Tonräder), vielfach aus dem Wechselstromnetz mit 50 Hertz speist werden. Diese einfachere Gleichlaufregelung sich aber nur dann vornehmen, wenn sämtliche Wech stromnetze phasengleich gekuppelt sind. Für andre F werden bei Telehor und bei der Deutschen Fernsehges schaft die Antriebmotoren durch den Anodenstrom letzten Empfängerröhre in Gleichlauf gehalten. Die Anodenstrom ist ein Wechselstrom, der durch die B frequenz von 12,5 Hertz und durch die Bildzeilenfrequ moduliert ist. Die Tonräder von Telehor sind da auf die Bildzeilenfrequenz abgestimmt, die dadu nach einem erst neuerlich von *v. Mihály* vorgeschlage Verfahren stark ausgeprägt wird, daß zwischen den zelnen Bildzeilen die Photozelle durch einen Kollek für einen Augenblick kurz geschlossen wird. Tele baut außerdem noch einen Empfänger, bei dem der triebmotor nicht durch besondere Stromquellen, sond unmittelbar mit dem Anodenstrom der letzten Empfän röhre oder einer oder mehrerer besonderer Zusatz-Vers kerröhren gespeist wird. Da dieser Anodenstrom (Wech strom nur etwa 15 mA beträgt, reicht er nicht aus, das fahrmoment der Abtasteinrichtung zu überwinden. Desh ist für diesen Fall ein besonderer kleiner Antriebmotor eine Schwungeinrichtung vorgesehen, mit der zunä die Abtasteinrichtung auf die erforderliche Drehzahl bracht wird, deren Erreichung man am Erscheinen Fernsehbildes erkennen kann. Sobald sie erreicht

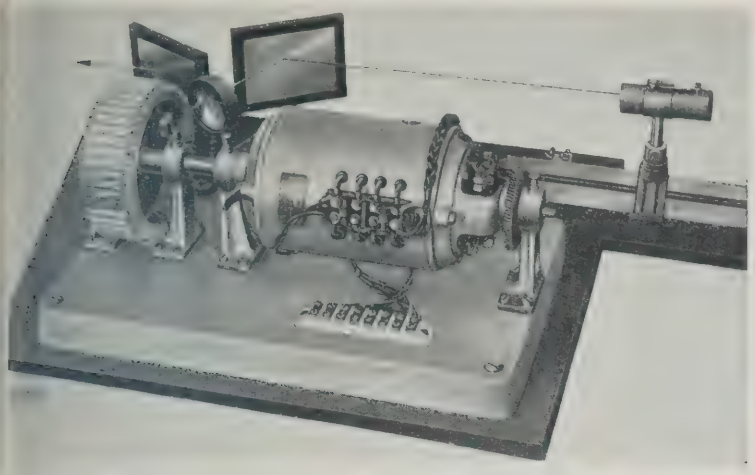
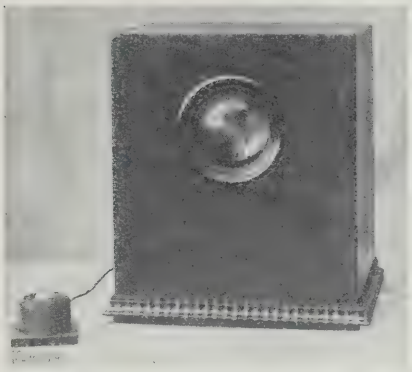


Abb. 3
Fernsehempfänger mit punktförmiger Glimmlampe von Telefunken.

Die Glimmlampe (im Bilde ganz rechts) sendet einen Lichtstrahl im Takt der ankommenden Bildzeichenströme über den rechten Spiegel und die Linse auf das umlaufende *Weillersche* Spiegelrad. Von dort geht der Strahl über den zweiten Spiegel auf eine Mattscheibe oder ein Lichtbildband. Für größere Leistungen, z. B. für Lichtspieltheater, benutzt man statt der Glimmlampe eine *Kerr*-Zelle, die je nach der angelegten Spannung den polarisierten Lichtstrahl einer gleichbleibenden Lichtquelle mehr oder weniger oder garnicht durchtreten läßt.

Abb. 4
Kleinste Ausführung des Telehor-Fernsehempfängers für objektives Fernsehen mit Motorantriebstrom aus Batterien oder aus dem Netz.



Als Lichtquelle dient eine im Kasten befindliche flache Glimmlampe mit Gasfüllung, deren Leuchtkraft in einem gewissen Bereich verhältnisgleich der angelegten Spannung ist und die schon bei kleinen Spannungen anspringt. Zum Abtasten dient eine *Nipkowsche* Lochscheibe. Das Bild erscheint in der Vergrößerungslinse in der Mitte des Kastens. Der Knopfschalter links neben dem Kasten dient zum Unterbrechen des Motorantriebstromes beim Einstellen des Empfängers auf Phasengleichheit mit der Abtastung auf der Sendeseite.

ıft die Scheibe mit dem Motor weiter. Bedingung ist ıtürlich, daß die Scheibenachse äußerst fein gelagert ıd die Luftreibung möglichst vermindert wird. Um den eitlauf auch dann aufrecht zu erhalten, wenn keine Bildchen gesendet werden, ist neuerdings von Telehor vorschlagen worden, auch in den Bildpausen den Sender ıter periodischem Kurzschluß der Photozelle weiterlaufen lassen und beim Empfänger durch eine sinnreiche Verstärkerschaltung (eine Art elektrische Weiche) dem Tonıd dauernd den Gleichlauf-Wechselstrom zuzuführen, ihn ıer von der Glimmlampe fernzuhalten.

Die Einstellung der Abtasteinrichtung auf der Empfngseite derart, daß der Anfang des Empfangsbildes mit ım Anfang des Sendebildes zusammenfällt, wird bei elefunken und bei Telehor dadurch erreicht, daß der otorständer gedreht wird. Bei der Deutschen Fernhgesellschaft dagegen kann durch einen Vorschaltwiderınd die Drehzahl der Abtasteinrichtung so lange gegelt werden, bis Phasengleichheit erreicht ist; dann läßt ın die Abtasteinrichtung mit synchroner Drehzahl weitrlaufen. Telehor benutzt außerdem, besonders bei einen billigen Geräten, noch ein anderes Verfahren: e unterbricht den Motorantriebstrom so lange ganz kurz einigen Abständen, bis das Bild im Bildfenster richtig chtbar ist.

Die billigen Fernseh-Empfangsgeräte sind so gebaut, ß sie unmittelbar an Stelle eines Lautsprechers an vorndene Rundfunkempfänger angeschlossen werden nnen. Das vereinfacht natürlich die Bedienung ganz wesentlich und setzt die Anschaffungspreise herab. Die Wechselspannung der letzten Röhre reicht vollkommen für die Glimmlampe aus. Man strebt dahin, einen einfachen Umschalter zu konstruieren, der schnell die Umschaltung von Ton- auf Bildempfang ermöglicht.

[B 3619]

## öntgenprüfung, Dauerprüfung, Mikrochemie

Unter dem Vorsitz des Präsidenten des Technischen ersuchsamtes, Wien, Ing. Dr. *Wilhelm Exner*, hielten der eutsche und der Österreichische Verband ir die Materialprüfungen der Technik m 8. bis 10. Oktober 1929 dieses Jahres ihre Hauptverammlungen gemeinsam in Wien ab. Sie dienten der Aufbe, die Wechselwirkung zwischen Wissenschaft und Techik auf den Gebieten der Materialprüfung zu beleben. amens der deutschen Teilnehmer der Tagung wies Prof. ipl.-Ing. *v. Moellendorff* in einer Begrüßungsrede darauf in, daß während der letzten Jahrzehnte auf manchen Gecten sich aus der Empirie über die wissenschaftliche atistik bereits eine Zusammenarbeit der Werkstoffkunde it der theoretischen Physik und Chemie entwickelt habe. ie Bestrebungen gehen zur Zeit dahin, die an manchen rten zersplitterten Kräfte und Mittel durch organisatorische aßnahmen, auf dem Wege des Erfahrungsaustausches und rch die Mittel des Staates zu sammeln und zu beleben. s wird sich dann herausstellen, daß eine tätige, auf breiter rundlage aufgebaute Stoffkunde nicht nur die jetzt noch rückgebliebenen Gebiete befruchten wird, sondern daß ch ein weites Arbeitsfeld für Physiker, Chemiker und genieure sich bietet. Eine Fülle von akademischen, ökoomischen und sozialen Möglichkeiten wird sich vor uns sbreiten, die wir um so schneller ausnutzen werden, je mehr sich die verschiedenen Wissenszweige und im weiteren Sinne auch die Nationen gegenseitig verständigen.

In der Geschichte der Werkstoffprüfung erkennt man wichtige Abschnitte, die durch bedeutende Entwicklungen eingeleitet worden sind. Wie die Gesetze der Festigkeitslehre und die Mikrographie der Werkstoffprüfung ungeahnte Fortschritte brachten, so ist es in neuester Zeit die Untersuchung der Werkstoffe mit Röntgenstrahlen, die geeignet ist, ganz neue Gebiete zu erschließen und theoretisch und praktisch uns in Hinsicht auf Erzeugung und Verwendung zu fördern.

### Röntgenprüfung

In einem Hauptbericht gab Prof. Dr. *R. Glocker*, Stuttgart, eine Übersicht über die Natur der Röntgenstrahlen, ihre Anwendung zur Durchleuchtung, zur Spektralanalyse, zur Bestimmung der inneren Struktur und zur Beobachtung der Anordnung der Kristallkörner in einem Werkstoff. Über die Anwendung der Röntgenstrahlen auf den verschiedenen Gebieten erstatteten Prof. Dr. *H. Mark*, Ludwigshafen, Prof. Dr. *H. Stintzing*, Gießen, Dr.-Ing. *G. Sachs*, Berlin-Dahlem, Dr. phil. *F. Wever*, Düsseldorf, und Privatdozent Ing. Dr. *F. Halla*, Wien, Einzelberichte.

Die Anwendung von Röntgenuntersuchungen beschränkt sich nicht auf die anorganischen Stoffe, sondern wird mit Erfolg auch für die Prüfung organischer Systeme, besonders der hochmolekularen Substanzen angewendet. Unsere

Kenntnisse, in erster Linie von der Feinstruktur dieser Stoffe, haben in den letzten Jahren große Fortschritte erfahren, und es läßt sich feststellen, daß die technischen Eigenschaften, wie z. B. Festigkeit, Dehnbarkeit, Glanz, Knitterfestigkeit der Seide oder z. B. die Abreibefähigkeit des Kautschuks, durch röntgenographische Forschungen erfaßt und nachgeprüft werden können. In dem Verfahren der chemischen Analyse mit Hilfe von Röntgen-Emissions-Spektren steht uns ein außerordentliches Mittel zur quantitativen Analyse zur Verfügung, das mit unbedingter Sicherheit auch die Möglichkeit des Nachweises kleinster Mengen verbindet. Die in der Entwicklungszeit des Verfahrens auftretenden Schwierigkeiten sind inzwischen zum großen Teil überwunden, so daß dem gut durchgebildeten Verfahren eine weite Anwendung in der Praxis bevorsteht.

Die Anwendung der Röntgenstrahlen bei der Erforschung der Metalleigenschaften hat unerwartete Fortschritte gebracht. Die Strukturanalyse hat im Anschluß an die mikroskopischen Untersuchungen manche Aufklärungen gebracht, nicht nur auf experimentellem Gebiet. Sie wird uns dem von *Goldschmidt* ausgesprochenen letzten Ziel einer atomistischen Metallkunde näher bringen, Legierungen mit gewünschten Eigenschaften planmäßig aus den Atomarten des periodischen Systems aufzubauen.

In einer andern Richtung werden die Röntgenstrahlen benutzt, um das Verhalten der metallischen Werkstoffe bei der Verarbeitung und bei der Beanspruchung im Betriebe zu untersuchen. Die Ergebnisse der Verfolgung von Verformungsvorgängen mit Röntgenstrahlen beginnen sich auf die Metalltechnik auszuwirken. Untersuchungen des Fließvorganges, der Eigenschaften an gewalzten Werkstoffen, Aufklärung von Fehlern im Fertigerzeugnis, haben gezeigt, daß auf diesem Gebiet der Röntgenphysik bereits wesentliche praktische Erfolge vorliegen.

Auch für den Einfluß verschiedener Herstellverfahren hat die röntgenographische Untersuchung Aufklärung gebracht, ältere Annahmen bestätigt und neue Wege gewiesen, die wirtschaftliche Maßnahmen im Erzeugungsbetriebe unterstützen. Eine ausgedehnte Anwendung haben die Röntgenstrahlen bei der Durchleuchtung von Metallen, metallischen Verbindungen und auch andern Stoffen gefunden, wo es darauf ankommt, Fehlstellen oder Unregelmäßigkeiten zu erkennen. Besonders für die Prüfung von ausgeführten Schweißungen stellt dieses Verfahren zur Zeit das einzig anwendbare dar.

### Dauerprüfung

Ein andres Gebiet, das ganz neue Gesichtspunkte in die Werkstoffprüfung gebracht hat, ist die Anwendung der Dauerprüfung. Es ist seit langem bekannt, daß das Verhalten der Stoffe unter statischer Belastung keinen Maßstab für ihr Verhalten bei häufig wiederholten Beanspruchungen bietet.

In seinem allgemeinen Bericht über die Grundlagen des Dauerversuches gab Prof. Dr. *P. Ludwik*[1]), Wien, eine Übersicht über die Erscheinungen und die heute gewonnenen Anschauungen über Ent- und Verfestigung bei der Verformung kristalliner Körper, Vorgänge beim Nachfließen und die Erscheinungen bei veränderlicher Belastung. Dauerversuche mit konstanter Belastung und die Feststellung der Dämpfung haben uns schon manche Aufklärungen gebracht. Eine große Zahl von Untersuchungen an vielen Orten bringt uns allmählich Aufschluß über das Verhalten der verschiedenen Werkstoffe, die Abhängigkeit der Ergebnisse vom Prüfverfahren, die Einwirkung von der Oberflächenbeschaffenheit und von Oberflächenverletzungen. Ausgedehnte Versuche haben gezeigt, daß die Dauerfestigkeit in erster Linie durch den Formänderungswiderstand bestimmt wird und unabhängig ist von der Größe des Formänderungsvermögens.

Über die Anwendung und die Ergebnisse der Dauerversuche erstatteten Prof. Dr.-Ing. *O. Föppl* und Dr.-Ing. *v. Heydekampf*, Braunschweig, Dipl.-Ing. *W. Deutsch*, Berlin-Dahlem, Ing. Dr. *W. Herold*, Wien, Dr.-Ing. *G. Sachs*, Berlin-Dahlem, Reichsbahnrat Dr.-Ing. *R. Kühnel*, Berlin, Dr.-Ing. *K. Matthaes*, Berlin-Adlershof, Einzelberichte. In der Konstruktion hat man bisher fast ausschließlich Bruchfestigkeit und Bruchdehnung für die Berechnung zugrunde gelegt. Die Dauerhaltbarkeit von Konstruktionsteilen ist aber von einer ganzen Reihe von Einflüssen abhängig, die sich zum Teil beim Dauerversuch erfassen lassen. Hier sind besonders wichtig der Einfluß von Verbindungen, Oberflächenbeschädigungen, Rost und andern Anfressungen usw. Es läßt sich außerdem ermitteln, welchen Einfluß scharfe Übergänge, auch vorstehende scharfe Kanten, haben. Es ist möglich, durch geeignete Oberflächenbehandlung die Dauerfestigkeit erheblich zu erhöhen.

[1]) Der Vortrag wird demnächst in dieser Zeitschrift veröffentlicht.

Für die Ausführung von Dauerversuchen stehen e ganze Reihe verschiedenartiger Maschinen zur Verfügu bei denen die Proben auf Zug-Druck, Biegung oder V drehung beansprucht werden. Andre Vorrichtungen die zur Ausführung von Versuchen bei über lange Zeit glei bleibender statischer Belastung und bei schlagartiger anspruchung. Für die verschiedenen Verwendungszwe des Werkstoffes muß das geeignete System der Prüfmasch ausgewählt werden.

Die Beschäftigung mit den Dauerprüfverfahren hat reits eine ganze Reihe von Aufklärungen über das Entste des Dauerbruches gebracht. Äußere Verletzungen u innere Fehler, wie z. B. Schlackeneinschlüsse, schlecht v schweißte Gasblasen, setzen die Dauerfestigkeit erhebl herab. Andre Fehler sind in grobem Korn oder ungee netem Gefüge des Werkstoffes zu suchen. Die eigentli Ursache der Ermüdung ist noch unbekannt. Versuche hal gezeigt, daß anscheinend eine Kornzerstörung, die Aus dung von Gleitflächen und die Abschiebung von Krista teilen als Vorstufe des Ermüdungsanrisses anzusprech sind.

Versuche, bei denen ein Körper durch Zug bleibe verformt und dann in umgekehrter Richtung, also du Druck belastet wurde, haben ergeben, daß die übli Elastizitäts- und Streckgrenze für die Vorgänge bei we selnder Beanspruchung, also für den Vorgang der Er dung, von geringer Bedeutung sind.

Im praktischen Betriebe auftretende Dauerbrüche las sich in Gruppen einteilen, bei deren erster der Dauerbru von einer oder mehreren inneren Fehlstellen ausgeht. der zweiten Gruppe sind offenbar äußere Beschädigung besonders an empfindlichen Stellen der Konstrukti schlechte Übergänge, auch an geschweißten Stellen, und sätzliche Beanspruchungen durch Keil oder Sprengring Vorgang zum Ermüdungsbruch. Untersuchungen mit Dau prüfmaschinen sind besonders da wichtig, wo keine äu ren Zeichen eine Erklärung für den Dauerbruch geben.

Bei Untersuchungen von Werkstoffen für Kurbelwel ergab sich, daß die Vergütung die Dauerfestigkeit güns beeinflußt und die Zahlenwerte etwa wie die der wah Reißspannung liegen. Besonderen Einfluß haben bei Kurbelwelle die Form und die Ausbildung der gefährlich Querschnitte. Versuche darüber sind an Modellen dur geführt worden.

### Mikrochemie

Ein Gebiet, das der methodischen Werkstoffprüfu bisher noch fernsteht und das doch offensichtlich die E wicklung in der nächsten Zeit beeinflussen wird, ist der Mikrochemie. Privatdozent Dr. *F. Feigl*, Wien, gab ei Überblick über die Entstehung der in Österreich vorneh lich entwickelten Mikrochemie. Sie hat sich zur Aufg gestellt, die Verfahren der chemischen Untersuchung geringen Stoffmengen durchzuführen, und bietet das Mit auch Spuren, die mit großen Mengen andrer Stoffe verges schaftet sind, güte- und mengenmäßig zu bestimmen. sind dadurch Lösungen von Aufgaben möglich geword vor denen früher die Analyse haltmachen mußte.

Die Ausführungen wurden durch Einzelberichte Dir. Prof. Dr. *F. Paneth*, Königsberg i. Pr., Privatdoz Ing. Dr. *R. Strebinger*, Wien, Prof. Dr. *H. Leitmeier*, Wi und Ing. Dr. *M. Niessner*, Wien, ergänzt.

Radioaktive und spektroskopische Messungen sind empfindlichsten mikrochemischen Verfahren, die wir sitzen. Mit einfachen Mitteln lassen sich völlig unsichtb und unwägbare Mengen mit Leichtigkeit auch quantita bestimmen. Die Verfahren haben besondere Bedeutung den Nachweis von Verunreinigungen, für die Untersuchu der Verteilung von Fremdstoffen, von Gasen u. a.

Auch für die Untersuchung mineralischer Stoffe die Mikrochemie Verfahren geschaffen, die sichere Hilfsmit für die Bestimmung und Unterscheidung sehr gleichartig Stoffe bilden. Auf einem noch umstrittenen Gebiet, der kennung und Beurteilung von Sulfid-Seigerungen in Ei und Stahl, bieten mikrochemische Verfahren die Möglichk eine Entscheidung für die Beurteilung zu bringen. Aus d anfänglichen Zwang, mit geringen Stoffmengen auszukomm hat die Mikrochemie den Vorteil gezogen, daß sie heute Hilfe der auf den Gebieten der Gewichtsanalyse, M analyse, Elektroanalyse usw., grundsätzlich mit gering Stoffmengen arbeitet und daher Arbeits-, Zeit- und Ge aufwand verringert.

*

Durch eine Ausstellung während der Hauptversam lungen in Wien war Gelegenheit gegeben, sich über die die Röntgenprüfung verwendeten Geräte, über Dauerbru erscheinungen und Dauerprüfmaschinen und über die der Mikrochemie verwendeten Apparaturen zu unterricht

[N 3746] *D*

# Bestimmung der Brucheigenschaften gekörnter Schleifmittel

*Von Dr.-Ing. C. KRUG, Frankfurt a. M.*

*Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Brucheigenschaften gekörnter Schleifmittel, besonders von Korunden und Siliziumkarbiden, wird beschrieben. Für die Widerstandfähigkeit gegenüber rasch wirkender Beanspruchung wird ein Maß aufgestellt. Die mitgeteilten Kennlinien gestatten einen Schluß auf die Bruchform und den ungefähren Anfall der einzelnen Körnungsgewichte bei der Zertrümmerung. Ohne zahlenmäßige Kenntnis der Brucheigenschaften der Schleifmittel ist eine Aufstellung von Gütevorschriften für Schleifscheiben unmöglich und der Wert von Schleifversuchen zur Klarstellung des Schleifvorganges und der Wirkungsweise der Schleifscheibe getrübt.*

Beim Schleifen werden die in der Schleiffläche des Schleifwerkzeuges liegenden Schneidspitzen oder Schneidkanten der Schleifkörner reißenden, stoßenden oder reibenden Kräften unterworfen. Unter ihrer Wirkung werden die Schneidspitzen oder -kanten abgestumpft, oder sie splittern ab, wobei das Schleifkorn oft ganz zertrümmert wird. Haben die schneidenden Teile am Schleifkorn ihre Schneidfähigkeit infolge Abnutzung und Abstumpfung verloren, so könnte dieses Schleifkorn als Ganzes aus dem Verbande des Schleifwerkzeuges entfernt werden. Hierdurch würde aber ein erheblicher Teil des in dem Schleifkorn noch vorhandenen Schneidvermögens verloren gehen. Es ist deshalb erwünscht, wenn nach einer gewissen Einbuße an Schneidfähigkeit von selbst ein Teil der abgestumpften Schneidspitzen oder -kanten absplittert, damit eine neue Schneidspitze oder -kante entsteht. Dies tritt dann ein, wenn die auf die schneidenden Teile ausgeübte Spankraft so groß wird, daß sie die Festigkeit des Kornstoffes überwindet. Die Größe dieser Spankraft ist abhängig von dem Bearbeitungswiderstand des Werkstoffes, d. h. von der Größe des Widerstandes, den der Werkstoff dem Schleifvorgang der eindringenden Schneidspitze oder -kante entgegensetzt. Da diese Widerstände, angefangen bei weichem Holz, Gestein, Gußeisen, Schmiedeisen bis zum härtesten Stahl außerordentlich stark zunehmen, so ist einleuchtend, daß auch die Festigkeit der Schleifstoffe außerordentlich wechseln muß, damit die schneidende Spitze oder Kante bei Erreichung einer bestimmten Grenzbeanspruchung absplittert.

Bis jetzt gibt es, abgesehen vom Ausprobieren des fertigen Schleifwerkzeuges, noch keine Hilfsmittel, das Verhalten der gekörnten Schleifmittel in Beziehung zu den auftretenden Beanspruchungen zu setzen. Vor allem ist es nicht möglich, für die Brucheigenschaften, in erster Linie die Bruchfestigkeit, und für die sonstigen Stoffeigenschaften wie Zähigkeit, Sprödigkeit, Brüchigkeit, Splitterfähigkeit, Bruchform u. a. einwandfreie Begriffsbestimmungen zu geben, oder sie in Zahlen zu fassen.

### Beschreibung des Verfahrens

Die nachstehend beschriebenen Untersuchungen haben das Ziel, das Verhalten der gekörnten Schleifmittel[1]) unter einer sehr kurz wirkenden Beanspruchung, die den tatsächlichen Verhältnissen im fertigen Schleifwerkzeug während des Schleifvorganges nahezukommen sucht, aufzuklären. Sie gelten zunächst in erster Linie für die Schleifmittel, die für das Gebiet der Metallbearbeitung in Frage kommen, also für Korunde und Siliziumkarbide[2]).

Man könnte daran denken, bei der Bestimmung der Kohäsionseigenschaften das einzelne Schleifkorn zu untersuchen. Dabei hätte man jedoch sehr schwankende Werte zu erwarten, da das einzelne Prüfkorn von der Regelform abweicht und es schwierig ist, die Versuchsbedingungen gleich zu halten. Gleichwohl wäre durch Vielzahlversuch das Ziel zu erreichen. Das nachstehend beschriebene Verfahren führt daher den Vielzahlversuch von vornherein ein. Eine Zahl von 150 sorgfältig ausgelesenen Körnern, die möglichst wenig von der Regelform abweichen, werden gemeinsam sehr kurz wirkender Beanspruchung ausgesetzt. Zweckmäßig geht man, um gleichmäßige Prüfkörner zu erhalten, von dem Normensieb DIN 6 aus, durch das das Prüfgut durchfällt, während es auf dem folgenden Zwischensieb DIN 7 liegen bleibt. Jeder Versuch wird dreifach ausgeführt, wobei jede Prüfgruppe von 150 Körnern auf genau gleiches Gewicht gebracht wird.

Bei der Prüfbeanspruchung wird das Prüfgut zertrümmert und dann in einer Reihe von Sieben mit gleichen Siebstufen abgesiebt. Die einzelnen Siebrückstände werden auf Milligramme genau gewogen. Je widerstandfähiger der Kornstoff ist, um so weniger wird er zerbrochen werden. Die Zertrümmerung ist um so weitgehender, je weniger widerstandfähig, je brüchiger der Stoff ist. Die bei der Zertrümmerung entstehenden Bruchflächen müssen Träger der zugeführten Energie gewesen sein. Je weniger tragfähig der Stoff ist, eine um so größere Fläche muß im Augenblick der Zertrümmerung zur Aufnahme der zugeführten Energie herangezogen werden. Aus der Größe der nach dem Bruche vorhandenen Zertrümmerungsfläche kann man somit auf die Größe der Aufnahmefähigkeit des Stoffes für die zugeführte Energiemenge und damit auf das Widerstandsvermögen des Kornstoffes gegenüber reißenden oder stoßenden Kräften schließen.

Aus den anteiligen Stufengewichten des Prüfgutes für eine bestimmte Siebfolge[3]) kann man die Gesamtoberfläche des zertrümmerten Prüfgutes angenähert berechnen.

Ist $q$ die Anzahl der Körner einer Stufe,
$d$ der mittlere Korndurchmesser einer Stufe in mm,
$f$ die Oberfläche eines mittleren Kornes in mm²,
$v$ der Rauminhalt eines mittleren Kornes in mm³,
$g$ das Gewicht der Raumeinheit, also das Gewicht von 1 mm³ des Kornstoffes in mg,
$G$ das Ausgangsgewicht der Probe in mg,
$p$ der Siebrückstand einer Stufe in Hundertteilen des Ausgangsgewichtes,
$A$ die Oberfläche aller Prüfkörner vor der Beanspruchung in mm²,
$F$ die Gesamtoberfläche nach der Zertrümmerung in mm²,

so gilt für eine beliebige Stufe

$$q\,v\,g = \frac{p}{100}\,G \quad \text{oder} \quad q = \frac{p}{100}\,\frac{G}{v\,g}\,.$$

Bei idealer Kugelgestalt der Körner ist der Rauminhalt eines Kornes $v = \frac{\pi}{6}\,d^3$ und die Oberfläche eines Kornes $f = \pi\,d^2$. Damit wird

$$q = \frac{6\,p\,G}{100\,\pi\,d^3\,g}\,,$$

die Oberfläche des Siebrückstandes einer Stufe

$$q\,f = \frac{6\,p\,G\,\pi\,d^2}{100\,\pi\,d^3\,g} = \frac{6\,p\,G}{100\,d\,g}$$

und die Gesamtoberfläche aller Stufen

$$F = \sum q\,f = 0{,}06\,\frac{G}{g}\sum\frac{p}{d}\ \text{mm}^2 \quad . \quad . \quad . \quad (1).$$

$G$ und $g$ sind mittels der Waage zu bestimmen, die Werte $d$ sind durch die Siebstufen bekannt und die Werte $p$ sind durch einen Versuch zu ermitteln. Das Verhältnis

$$c = \frac{F - A}{A} = \frac{F}{A} - 1 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2)$$

gibt an, wie vielmal die Summe der Bruchflächen, die bei der Beanspruchung entstanden sind, größer ist als die ursprüngliche Kornoberfläche. Es sei als Bruchziffer be-

[1]) Vergl. a. Z. Bd. 71 (1927) S. 1109; „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 875.
[2]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1155.

[3]) Da bei den Normsieben die Stufen zwischen den einzelnen Siebgrößen nicht genau gleich sind, so wird mitunter durch ein bestimmtes Sieb mehr Prüfgut durchgehen, als es sollte. Was bei dem einen Siebrückstand fehlt, erscheint bei dem anderen zuviel. Dieser Umstand bedingt eine entsprechende Berichtigung der Versuchswerte.

zeichnet und gelte als unmittelbares Maß für die Brüchigkeit des gekörnten Schleifmittels. Der Umkehrwert

$$\sigma = \frac{1}{c} = \frac{A}{F-A} = \frac{1}{\frac{F}{A}-1} \quad \ldots\ldots \quad (3)$$

mißt dann die Widerstandfähigkeit des gekörnten Schleifmittels gegen rasch wirkende Beanspruchung.

### Prüfung von Korund

Abb. 1 zeigt die Versuchsergebnisse für verschiedene Arten von Korunden. Je größer der Widerstand ist, den das Prüfgut der Beanspruchung entgegensetzt, um so höher liegt der Ausgangspunkt der Kennlinie und um so niedriger ihr Ende. Man wird hiernach den Korund *a* als den widerstandfähigsten (härtesten)[4]) und zähesten und den Korund *c* als den brüchigsten und sprödesten bezeichnen. Korund *b* zeigt einen Zwischenwert und Korund *d* nimmt eine Sonderstellung ein. In Abb. 2 sind die Versuchswerte $\frac{p}{d}$ in logarithmischer Teilung über den Siebstufen aufgetragen. Bei dieser Darstellungsart läßt sich aus dem Schaubild die jeweilige Änderung der Bruchflächengröße von Stufe zu Stufe in Hundertteilen unmittelbar ablesen. Die Eigenart der Korunde prägt sich ganz bes ders scharf in diesen Linien aus. Kennlinie *a* bezeich einen Korund von hoher Widerstandfähigkeit mit ho Anfangsfestigkeit und geringer, aber bei den feinen K nungen steigender Zunahme der Bruchflächen, währ die Kennlinie *c* einen ganz spröden, brüchigen Kor mit geringer Anfangsfestigkeit und starker, aber bei feinen Körnungen fallender Zunahme der Bruchfläc zeigt. Einen ganz eigenartigen Korund mit hohen fangsfestigkeiten und ständig fallender Größe der Bru flächen verrät die Kennlinie *d*.

Der Verlauf der Kurve deutet auch noch eine and wichtige Eigenschaft beim Zertrümmerungsvorgang Ganz offensichtlich sucht das Schleifkorn mit einem ringstmaß an Bruchfläche auszukommen. Für einen ge benen Rauminhalt gibt die Kugelfläche das Geringstm an Oberfläche. Das Korn sucht demgemäß beim Bruc eine rundliche Form beizubehalten und durch Abwer der Ecken und Kanten seine Größe zu verkleinern. zeigt im Gegensatz zu den Splitterbruchformen ausgesp chene Rundbruchformen.

### Prüfung von Siliziumkarbid

Das Prüfergebnis von vier Siliziumkarbiden ameri nischer, deutscher, norwegischer und schweizerischer H kunft ist in Abb. 3 dargestellt. Die Unterschiede sind, zu erwarten, nicht so groß wie bei den Korundsorten, a immerhin noch recht erheblich. Die Eigenschaften der e zelnen Sorten heben sich jedenfalls klar voneinander

[4]) Das Wort „Härte" sei hier vermieden. Für den Schleiftechniker ist es ein vieldeutiger Begriff. Leider wird bei den Schleifmitteln in dem Werbeschrifttum vielfach der Begriff „Härte" in Verbindung mit der *Moßschen* Härtefolge angewandt unter Nennung willkürlicher Zahlen, die jeder wissenschaftlichen Grundlage entbehren. Unglücklicherweise haben diese irreführenden Härteangaben für das Härtegebiet von 9 und 10 auch Eingang in das Fachschrifttum gefunden. Ihre Anwendung ist unzulässig.

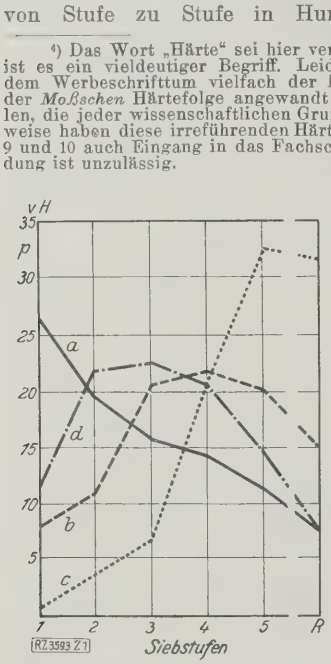



**Abb. 1**
Siebrückstände $p$ in den Hundertteilen über den Siebstufen.

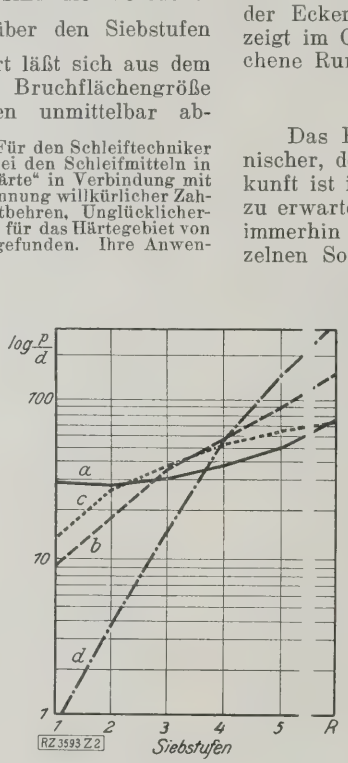



**Abb. 2**
log $\frac{p}{d}$ über den Siebstufen.

*R* Restglied der Siebfolge *a, b, c, d* verschiedene Sorten Korund

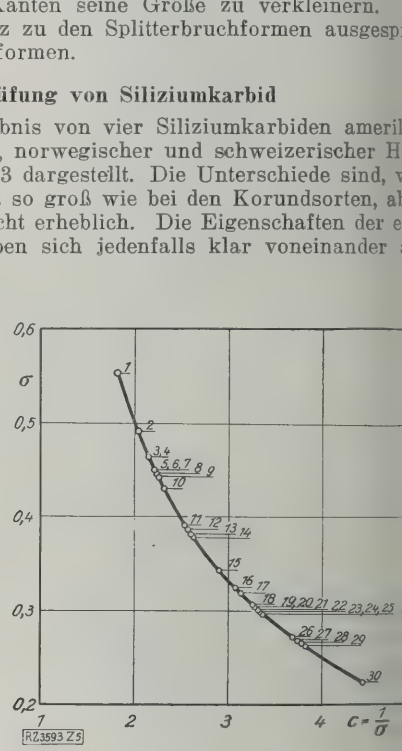



**Abb. 5**
Widerstandfähigkeit σ von Korunden.

**Abb. 1, 2 und 5.** Prüfung von Korunden.

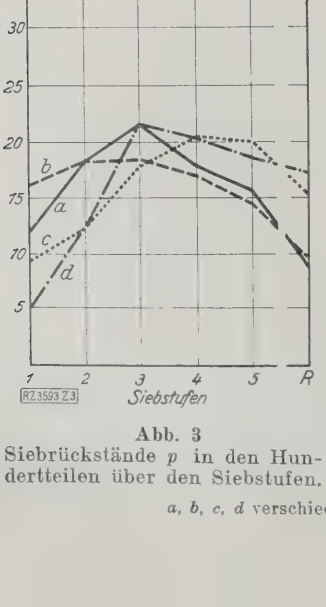



**Abb. 3**
Siebrückstände $p$ in den Hundertteilen über den Siebstufen.

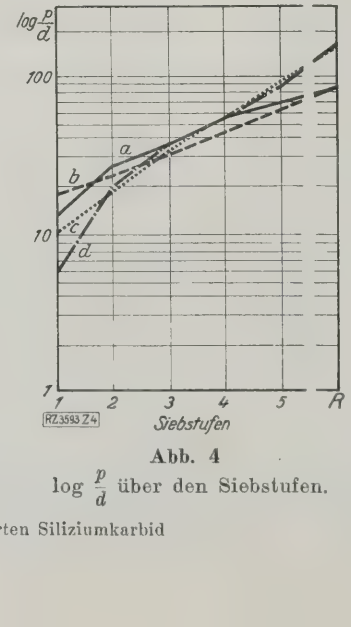



**Abb. 4**
log $\frac{p}{d}$ über den Siebstufen.

*a, b, c, d* verschiedene Sorten Siliziumkarbid

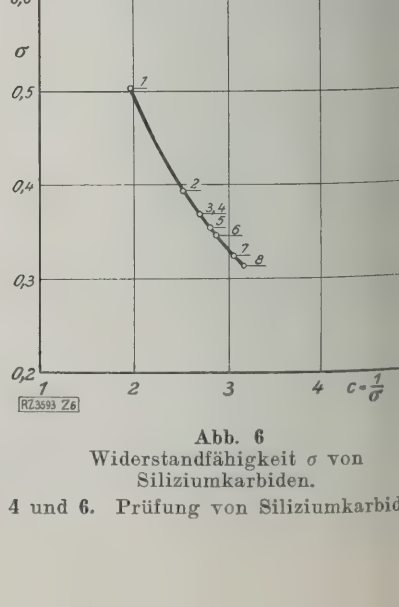



**Abb. 6**
Widerstandfähigkeit σ von Siliziumkarbiden.

**Abb. 3, 4 und 6.** Prüfung von Siliziumkarbid

rte *a* ist wieder als das widerstandfähigste oder zäheste, rte *d* als das brüchigste oder sprödeste Prüfgut anzu- ien und Sorte *b* nimmt eine Sonderstellung ein. Die nnlinien $\log \frac{p}{d}$, Abb. 4, sind einander sehr ähnlich. rte b weist die größte Neigung zu Rundbruchformen auf.

**iderstandfähigkeit σ für Korunde und Siliziumkarbide**

In Abb. 5 sind die Untersuchungsergebnisse der iderstandfähigkeit σ für die meisten der heute im Handel lindlichen natürlichen und technischen Korunde darge- ellt. Die Werte für 30 untersuchte Korunde ordnen sich, ie aus Gl. (3) hervorgeht, nach einer gleichseitigen lyperbel. Weit voran steht der aus reiner Tonerde er- chmolzene Korund 1, der auch in Abb. 1 in Kennlinie *a* ine ausgesprochene Eigenart zeigte.

Abb. 6 zeigt die Werte für die Widerstandfähigkeit σ n acht Siliziumkarbiden verschiedener Herkunft.

**Auswirkung des Verfahrens**

Es ist also möglich, für das Verhalten der einzelnen ttungen gekörnter Schleifmittel unter rasch wirkender anspruchung eine einheitliche Beziehung aufzustellen, wohl sich unter dem Begriff Widerstandfähigkeit eine nze Gruppe von Stoffeigenschaften, wie Oberflächen- rte, Trennfestigkeit, Trennbarkeit, echte und schein- re Spaltbarkeit nach bevorzugten Kristallflächen, higkeit, Sprödigkeit, Rundbrüchigkeit, Splitterfähig- lit, vielleicht auch in Abhängigkeit innerer Span- ngszustände infolge von Wärmeunterschieden bei r Abkühlung aus dem Schmelzflusse, Störung des füges durch Fehlstellen, Risse, Unganzheiten, Blasen- bildungen, Ausscheidungen u. a. verbirgt. Alle diese Eigenschaften haben Einfluß auf den Verlauf der gezeigten Kennlinien und sind in diesen enthalten.

Der Schleiffachmann wußte bisher wohl von den Unterschieden in der Beschaffenheit seiner Schleifmittel. Daß die Unterschiede der Art und Größe nach aber so außerordentlich groß sind, war bisher nicht bekannt. Noch weniger war es bisher gelungen, sie in Kennlinien und Zahlen zu fassen. Es ist nun auch klar, warum der gerade in der letzten Zeit so stark betonte Wunsch nach Gütevorschriften für Schleifscheiben[5]) bisher nicht erfüllbar war. Auch alle Bestrebungen zur Normung der Härtegrade von Schleifscheiben müssen Stückwerk bleiben, so lange nicht die Grundaufgabe der zahlenmäßigen Beschreibung und der Normung der Eigenschaften der Schleifmittel gelöst ist.

Es ist weiterhin einleuchtend, daß die Brauchbarkeit aller Versuche zur Klarstellung der Wirkungsweise der Schleifscheibe eingeschränkt ist, so lange nicht die oben dargelegten Verhältnisse im Schleifwerkzeug berücksichtigt werden.

Das beschriebene Verfahren, das rasch und für praktische Zwecke ausreichend genau arbeitet, ist nicht auf die untersuchten Stoffe beschränkt. Es erscheint bei allen körnigen Stoffen anwendungsfähig, bei denen es darauf ankommt, Einblick in die Brucheigenschaften bei rasch wirkender Beanspruchung zu erhalten. Schon die Beurteilung der bei bestimmter Zertrümmerungsgröße anfallenden anteiligen Gewichtsmengen der verschiedenen Korngrößen wird ein Vorteil sein. [B 3593]

[5]) *Dr.-Ing. Bertold Buxbaum*, „Schleifscheibe und Verbraucher" „Die Werkzeugmaschine" Bd. 32 (1928) S. 337.

## Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln[1])

An einer kleineren und einer größeren Versuchsanlage rden die physikalischen Erscheinungen, die mit dem asserumlauf zusammenhängen, sowie mehrere in der laxis verwendete Meßgeräte zum Bestimmen des Wasser- ılaufs untersucht. Sämtliche Versuche wurden bei 1 at abs rchgeführt. Bei der kleineren Anlage ließen sich die rsuchsbedingungen bequem ändern; außerdem beeinflußte li ihr, im Gegensatz zu der größeren Anlage, die Siede- nkterhöhung mit zunehmender Wassertiefe den Wasser- ılauf nicht stärker als bei den meisten Dampfkesseln.

Die Abhängigkeit der Wasserumlaufgeschwindigkeit von r Beheizung wurde an beiden Modellen untersucht. Die heizung erfolgte stets mittels elektrischer Widerstand- nder, die auf das beheizte Rohr aufgewickelt waren. Beim oßen Modell wurde der Wasserumlauf mit einem Ven- rirohr gemessen; beim kleinen Modell wurden zu diesem eck die Geschwindigkeiten von Schwammstückchen, die rch ein Glasrohr strömten, mit der Stoppuhr gemessen.

Der Wasserumlauf hat bei einer bestimmten Beheizung ts einen Höchstwert. Verengungen beeinträchtigen in der eigleitung den Wasserumlauf stärker als in der Fall- tung. Beim Anheizen sowie im Beharrungszustand gibt es biete stoßartigen Wasserumlaufs. Diese „Pulsationen" ten bei schwacher oder starker Dampfbildung auf. istens fördern erhöhte Strömungswiderstände die Pul- tionen. Beheizung zu nah am oder zu weit vom Wasser- iegel entfernt steigert das Auftreten von Pulsationen. übrigen steigt die Umlaufgeschwindigkeit mit der Entfernung vom Wasserspiegel. Es läßt sich zeigen, daß das Voreilen der Dampfblase gegenüber dem Wasser bei geringer Dampfbildung den Umlauf abschwächt und bei starker Dampfbildung einen kräftigeren Wasserumlauf zuläßt, als wenn Wasser und Dampf gleich schnell strömen.

Der Einfluß der Geschwindigkeit des Wasserumlaufs auf den Wärmeübergang und damit auf die Wandtemperatur des beheizten Rohres wurde an beiden Modellen durch Messung von Wandtemperaturen mit Thermoelementen untersucht. Danach nimmt der Wärmeübergang mit der Geschwindigkeit des Dampfwassergemisches zu, so daß also in der Regel je heftiger die Dampfbildung ist, um so besser der Wärmeübergang wird. Erst ganz grobe Verstopfungen scheinen zum Durchbrennen des Rohres zu führen. Solange die Pulsationen ein lebhaftes Hin- und Herschwanken des Wassers hervorrufen, beeinträchtigen sie den Wärmeübergang nicht [1a]).

Die Strömungsverluste in Wasserrohrkesseln wurden am großen Modell untersucht. Bei diesem Versuche setzte eine Kreiselpumpe kaltes und warmes Wasser in Umlauf. Der Druckverlust beim Durchströmen einer Kesseltrommel wurde für verschiedene Anordnungen untersucht. Er betrug ungefähr 1,45 $\frac{v_1^2}{2g}$ [2]). Als Rohrreibungszahl[3]) eines Kesselrohres mit mäßigem Kesselsteinansatz wurde der praktisch von der Strömgeschwindigkeit unabhängige Wert 0,0226 gefunden.

Die große Versuchsanlage gestattete auch, Geräte zum Messen des Wasserumlaufs, die bereits im Kesselbetriebe verwendet wurden, zu eichen und zu prüfen. Ein Staukörper erwies sich hierbei als am vorteilhaftesten. [N 3532]

Berlin Dr.-Ing. *Karl Cleve*

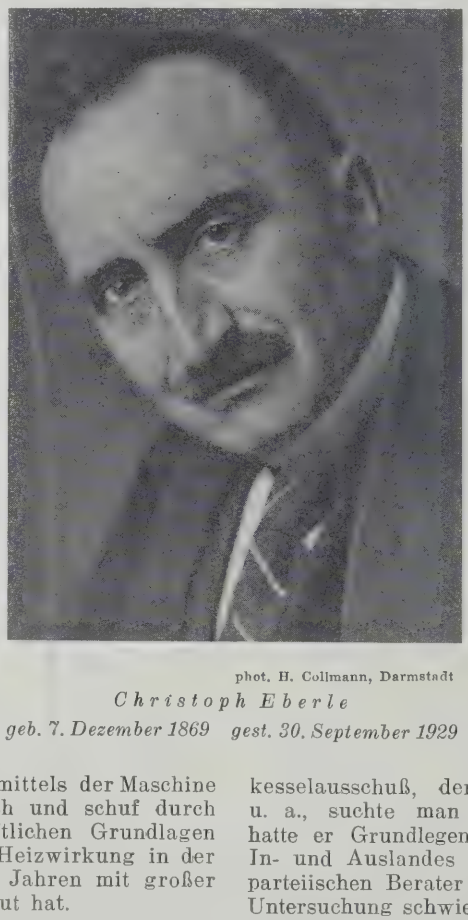
[1]) Mitteilung des Laboratoriums f. techn. Physik der Techn. Hochule München. Auszug aus Heft 322 der Forschungsarbeiten auf dem biete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom Verein deutscher enieure, Berlin 1929, VDI-Verlag; vergl. a. S. 1722 dieses Heftes.

[1a]) Vergl. hierzu *E. Schmidt*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 33 S. 1151.
[2]) „Hütte" 25. Aufl. Bd. 1 S. 343.
[3]) „Hütte" 25. Aufl. Bd. 1 S. 349/350.

# Christoph Eberle †

Am 30. September 1929 verstarb nach kurzer schwerer Krankheit Dipl.-Ing. Christoph Eberle, ord. Professor für Wärmelehre und Wärmetechnik an der Technischen Hochschule zu Darmstadt. Mit ihm verliert die deutsche Technik einen ihrer hervorragendsten Pioniere auf dem Gebiete der Wärmetechnik und des Dampfkesselwesens, die Hochschule einen Lehrer, der es in seltenem Maße verstanden hat, seine Schüler zu wissenschaftlicher Arbeit zu erziehen und anzufeuern.

Christoph Eberle wurde am 7. Dezember 1869 als Sohn eines Landwirtes in Oberauerbach, Rheinpfalz, geboren. Er besuchte die Schulen seiner Heimat und, da seine Begabung für Naturwissenschaften frühzeitig zutage trat, sodann die Industrieschule in München, von der viele hervorragende Ingenieure ihren Aufstieg begonnen haben. Nach kurzer Tätigkeit bei der Dinglerschen Maschinenfabrik in Zweibrücken setzte er seine Studien an der Technischen Hochschule in Darmstadt fort und folgte darauf seinem Lehrer, Prof. *Brauer*, als Assistent an die Technische Hochschule in Karlsruhe. Seine Neigung zum Lehrberuf veranlaßte ihn, eine mehrjährige Tätigkeit an der Höheren Maschinenbauschule in Duisburg zu übernehmen, wo er auch die Fühlung mit dem industriellen Leben der näheren Umgebung gewann.



phot. H. Collmann, Darmstadt

*Christoph Eberle*

*geb. 7. Dezember 1869 gest. 30. September 1929*

Von Duisburg aus folgte *Eberle* im Jahre 1901 einer Berufung des Bayerischen Dampfkessel-Revisions-Vereins nach München, wo ihm die Aufgabe übertragen wurde, die neu zu gründende wirtschaftliche und wissenschaftliche Abteilung dieses Vereins zu entwickeln. Diese Zweigstelle sollte der Industrie durch eigene Forschung und planmäßige Arbeiten über die gesamte Wärmewirtschaft beratend zur Seite stehen. In diese Zeit fallen die ersten Arbeiten *Eberles* über die Verbindung von Kraft- und Heizbetrieb bei der Dampfmaschine. Er hat als erster die zwar schon theoretisch bekannte Entnahme von Zwischendampf aus der Verbundmaschine in der Praxis ausgeführt und die Konstruktionsgrundlagen dafür geschaffen. Er führte ferner zuerst die Anwendung der Speisewasser-Vorwärmung mittels der Maschine abgezapften Dampfes praktisch durch und schuf durch zahlreiche Aufsätze die wissenschaftlichen Grundlagen für die Verbindung von Kraft- und Heizwirkung in der Dampfwirtschaft, die er in späteren Jahren mit großer Beharrlichkeit immer weiter ausgebaut hat.

Seine Arbeiten erregten bald das Aufsehen der einheimischen Industrie und waren die Ursache, daß man ihm nach wenigen Jahren die Leitung der vielverzweigten industriellen Unternehmung des Steinbeisschen Industrie-Konzerns übertrug. Hier hatte er vielseitige Aufgaben zu lösen, insbesondre die Holzreichtümer der noch unerforschten Gebiete in Bosnien und der Herzogewina und in Serbien zu erschließen. Dazu gehörten die Anlage von Sägewerken, Papierschleifereien, Zellstoff-Fabriken, Eisenbahnen, Arbeitersiedlungen, Kirchen und Schulen sowie alle anderen Vorkehrungen zur wirtschaftlichen Erschließung des Gebietes. Dazwischen finden wir ihn aber auch u. a. als den Erbauer der ersten bayerischen elektrischen Zahnradbahn, auf den Wendelstein in Oberbayern.

In diesen Jahren enfaltete *Eberle* eine fruchtbare erfolgreiche Tätigkeit als leitender Ingenieur, bis der bruch des Weltkrieges diesen Unternehmungen ein setzte. Im Jahre 1916 folgte er einem Ruf der Technis Hochschule Karlsruhe als a. o. Professor für Wär lehre, um einen lang gehegten Wunsch nach Wieder nahme der Lehrtätigkeit zu erfüllen. Die Fragen Kriegswirtschaft auf dem Gebiete der Brennstoffver gung führten ihn dann nach Berlin als Leiter der neu gründeten Hauptstelle für Wärmewirtschaft in Be Hier entfaltete er eine überaus fruchtbare organisatori Tätigkeit, deren Schwerpunkt er darin suchte, das ständnis für die technisch-wissenschaftlichen Möglichke der Wärmewirtschaft zu erwecken und die Wirtschaft eigener Initiative in der sparsamen Behandlung Brennstoffe anzuregen.

Im Jahre 1921 übernahm *Eberle* den neugegründ Lehrstuhl für Wärmetechnik und Dampfkesselwesen der technischen Hochschule Darmstadt. Hier entwickelte e ständiger Verbindung mit den tuellen Problemen der Wärmet nik eine überaus wirkungsv Lehrtätigkeit, verbunden mit z reichen Forschungen in allen Z gen der Wärmelehre. Er beg dete das wärmetechnische Inst und die gastechnische Abteil der Hochschule. Vorträge in derausschüssen des Vereines d scher Ingenieure für Dampfkes wesen und Wärmetechnik, Ve fentlichungen in Zeitschriften zahlreiche z. T. noch nicht öffentlichte Doktorarbeiten zeu von der Fruchtbarkeit se Schaffens, namentlich auf dem biete der Entwicklung zum Höc druck und zum Großdampfkes

*Eberle* war für seine zahlreic Schüler ein begeisternder Le und ein Vorbild unermüdlicher beitskraft und Pflichttreue. Hochschule wählte ihn zweima kurzer Zeit zum Rektor. Dem ein deutscher Ingenieure war ein tatkräftiger Mitarbeiter allen Fragen des Kesselwesens der Wärmetechnik; in allen perschaften, die sich damit fassen: dem Deutschen Dam kesselausschuß, den Verbänden der Revisionsvere u. a., suchte man seinen wertvollen Rat, und s hatte er Grundlegendes zu berichten. Die Industrie In- und Auslandes schätzte ihn als erfahrenen und parteiischen Berater und übertrug ihm immer wieder Untersuchung schwieriger Aufgaben der Wärmewirtsch hierzu war er wie kaum ein zweiter durch seine über große Erfahrung und seltene Beherrschung der wiss schaftlichen Grundlagen berufen. Letztes Ziel aller F schung war für ihn stets der Fortschritt der Indust nur in den lebendigen Problemen der Praxis wurzel seine Arbeiten; er war immer ein echter Ingenieur besten Sinne des Wortes.

So reißt sein Tod eine schwere Lücke. Sein schlich aufrechtes Wesen, seine unermüdliche Pflichttreue rastlose Arbeitskraft werden als das Vorbild einer g auf die Arbeit im Dienste der Technik und Wissensch unseres Vaterlandes eingestellten Persönlichkeit im denken aller derer fortleben, die ihn kannten.

[P 3822] *E. Heidebroe*

# Wirtschaftliche Kartoffeltrocknung

*Von Dr.-Ing. KURT W. GEISLER, Aachen*

*In Anlehnung an das Preisausschreiben des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft zur Schaffung einer wirtschaftlichen Kartoffeltrocknerei werden zwei am Wettbewerb beteiligte Verfahren beschrieben: die Herstellung von Trockenkartoffeln im Kompressionsverdampfer und das Umlauftrocknungsverfahren zur Herstellung von Kartoffelgrieß. — Darüber hinaus wird der Vorschlag gemacht, die Kartoffeltrocknereien zusammen mit der Lupinenentgiftung in „Landwirtschaftlichen Zentralwerken" zu betreiben, da die Frage der wirtschaftlichen Kartoffeltrocknung nicht allein durch Verbesserung der technischen Anlagen zu lösen sei.*

Bei den bisher üblichen Verfahren der Kartoffeltrocknung[1]) stellt man entweder Kartoffelflocken durch her, daß man einen durch Dämpfen erzeugten Brei auf der Oberfläche von sich langsam drehenden, mit Dampf beheizten Trommeln in dünner Schicht trocknet, oder man verarbeitet die in einer Schnitzelmaschine zerkleinerten Kartoffeln in einem Trommeltrockner (Trockenkanal) unter unmittelbarer Berührung mit Rauchgasen zu Kartoffel-Trockenschnitzeln. Zur Verarbeitung von 100 kg Kartoffeln braucht man 14 bis 16 kg Steinkohlen bei Walztrocknern und 10 bis 12 kg Koks bei Trommeltrocknern[2]). Bei 18 vH mittlerem Stärkegehalt ergeben 100 t Kartoffeln 27,9 t Trockenkartoffeln mit 15 vH Wassergehalt.

Die Erzeugungsanlagen für Trockenkartoffeln werden in der Regel inmitten der großen Kartoffelerntegebiete anzutreffen sein. Im allgemeinen sind die Trocknereien mit den dort ebenfalls heimischen Brennereien für Kartoffelspiritus so verbunden, daß die Gebäude, die Wärme- und Kraftquellen sowie die Bedienungsmannschaft für beide Betriebe gemeinsam sind. Der Umstand, daß diese Verfahren bis jetzt nicht geeignet sind, Kartoffeln in eine preiswerte Dauerware zu überführen, und vor allem keineswegs wirtschaftlich sind, hatte den Trocknungsausschuß des Reichskuratoriums für Technik in der Landwirtschaft im Mai 1927 veranlaßt, ein Preisausschreiben[3]) für die Beschaffung einer besonders wirtschaftlich arbeitenden Kartoffeltrockenanlage zu veröffentlichen. Drei Anlagen wurden dem Prüfungsausschuß vorgeführt. Eines der zugrunde liegenden Verfahren, vorgeschlagen von der Maschinenfabrik Magdeburg-Buckau, ist gegenwärtig noch im Ausbau begriffen. Man arbeitete hierbei mit Saugzellenfiltern[4]), mit denen man die Hauptmenge des Fruchtwassers herauszieht. Der Rückstand mit 50 vH Feuchtigkeit war verhältnismäßig leicht zu trocknen. Das Verfahren wäre wirtschaftlich, wenn man nicht, wie das Preisgericht meinte, mit dem Fruchtwasser große Mengen wertvoller Nährstoffe abfließen lassen würde. Diese Ansicht wird von andrer Seite bestritten. Eine endgültige Entscheidung ist noch nicht erzielt worden. Die beiden andern Verfahren vorgeschlagen von Obering. *Albert Datz*, Frankfurt a. M., und von Prof. Dr.-Ing. *Rosin*, Dresden, werden im folgenden kurz beschrieben[5]).

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1001.

[2]) Nach *Parow*, „Hütte" 4. Bd. 25. Aufl. (1927) S. 376.

[3]) Als Betriebzeit der Anlagen waren 160 Tage angenommen. Die Trockenkosten sollten 38 ₰ für 50 kg Rohkartoffel mit mindestens 17 vH Stärkegehalt möglichst nicht überschreiten. Ferner waren folgende Werte gegeben:

| | | |
|---|---|---|
| Verzinsung des Anlagekapitals | 6 | vH |
| Abschreibung der Massivgebäude | 2,5 | „ |
| „ „ Fachwerkgebäude | 5 | „ |
| „ „ Maschinen | 6 | „ |
| Wärmepreis für je 1000 kcal | 0,005 | *RM* |
| Dampfpreis „ „ 1000 kg | 5,— | „ |
| Strompreis „ 1 kWh | 0,1 | „ |
| Arbeitslohn „ 1 h | 0,4 | „ |

### Die Herstellung von Trockenkartoffeln im Kompressionsverdampfer

(Verfahren von Obering. *Albert Datz*, Frankfurt a. M.)

Gegenüber den bisherigen Verfahren schlägt *Datz* andre Wege ein. Zuerst wandte er seine Aufmerksamkeit der Herstellung von Trockenschnitzeln zu, weil hier nach seiner Ansicht größere Wirtschaftlichkeit erreicht wird. Eine Versuchsanlage dieser Art konnte nicht errichtet werden. Überhaupt bietet gerade die Herstellung von Schnitzeln einige z. Zt. noch nicht gelöste Schwierigkeiten. Es ist auch wohl denkbar, daß die Schnitzel infolge ihrer längeren Berührung mit den Heizgasen nicht das beste Futtermittel abgeben.

Man müßte etwa so vorgehen, daß die Kartoffeln zerrieben und mittels Pressen oder Schleudern von dem größten Teil des Fruchtwassers befreit werden. Da der Saft jedoch noch etwa 8 bis 10 vH wertvolle Bestandteile enthält, so muß er weiter verwendet werden. Ein Eindampfen in gewöhnlichen Verdampfern hätte gegenüber den bisher ausgeübten Verfahren kaum Vorteile gebracht. Deshalb empfiehlt *Datz* einen neuen Verdampfer[6]) der Firma Lurgi, der, unter Benutzung eines Dampfstrahlgebläses, etwa den dritten Teil des normalen Dampfes verbraucht. 1000 kg zerriebene Frischkartoffeln ergeben etwa 400 kg Preßgut und 600 kg Flüssigkeit. Aus dem Preßgut gewinnt man auf einem Trockner 220 kg Trockenmasse mit 10 vH Wasser. Aus den 600 kg Flüssigkeit werden 470 kg Wasser im Kompressionsverdampfer beseitigt. Die übrigbleibenden 130 kg werden im Trommeltrockner auf 60 kg eingedampft. Insgesamt werden also im Trockner nur 250 kg verdampft, während der Kompressionsverdampfer 470 kg zu bewältigen hat. Bei Benutzung von Kohlen mit siebenfacher Verdampfung verbraucht der Verdampfer hierzu nur 22,4 kg Kohlen.

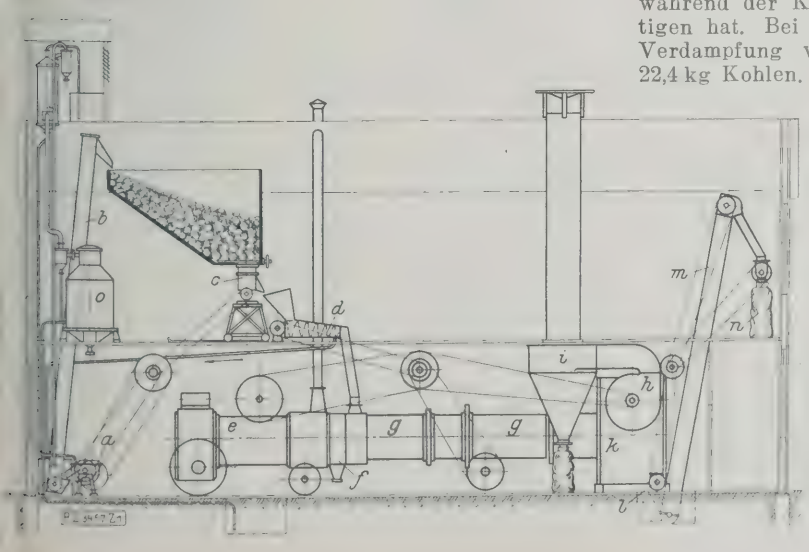



Abb. 1
Kartoffelgrießanlage, Bauart *Datz*.

*a* Waschmaschine
*b* Kartoffelförderer
*c* Reibmaschinen
*d* Schneckenpresse
*e* Lokomobile
*f* Flugaschenabscheider
*g* Trommeltrockner
*h* Lüfter
*i* Staubabscheider
*k* Ausfallgehäuse
*l* Förderschnecke
*m* Kartoffelgrieß-Förderer
*n* Fertiggut
*o* Kompressionsverdampfer

[4]) Vergl. Z. Bd. 69 (1925) S. 1437 und Bd. 72 (1928) S. 1089.

[5]) Vergl. a. *P. Rosin*: „Kartoffeltrocknung". Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 10 (1929) Nr. 11 S. 363.

[6]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 587.

Da der Verdampfer den größten Teil der Arbeit übernimmt, so kann man auf demselben Trockner jetzt etwa die 2,9fache Menge an Trockengut gewinnen, als wenn man alles dem Trockner überläßt. Die Kosten für das Fertigtrocknen betragen somit nur den 2,9. Teil der bisherigen für die Gesamttrocknung, abgesehen davon, daß man mit kleineren Anlagen auskommt.

Auch über die Herstellung von Kartoffelgrieß wurden von *Datz* nur Berechnungen angestellt. Er kommt hierbei unter ähnlichen Bedingungen wie oben auf 35 ₰ als Preis für das Trocknen von 1 Ztr. Frischkartoffeln. Den Entwurf einer solchen Anlage zeigt Abb. 1.

Hingegen konnte eine Anlage zur Erzeugung von Kartoffelflocken nach den Vorschlägen von *Datz* erprobt werden. Allerdings vermochte man die Wirtschaftlichkeit dieser Anlage nicht überzeugend zu beweisen, da man notwendigerweise mit alten, zueinander in Größe und Leistung nicht abgestimmten Einrichtungen auskommen mußte. So mußte u. a. eine gewöhnliche Kelterpresse benutzt werden. Ein Preis wurde daher an *Datz* nicht erteilt. — Vielleicht hätte man statt der Presse mit Erfolg ein Saugzellenfilter benutzen können. Das wäre dann eine Vereinigung dieses Verfahrens mit dem der Maschinenfabrik Magdeburg-Buckau.

Die Herstellung von Kartoffelflocken ist etwas teurer als die von Kartoffelgrieß, weil das ausgepreßte Reibsel noch plastisch sein muß, um auf die Walzen aufgetragen zu werden. Es darf also nicht so weitgehend ausgepreßt werden wie für Kartoffelgrieß. Dem Reibsel können hierbei nur 50 vH Flüssigkeit statt 60 vH bei der Herstellung von Kartoffelgrieß durch Pressen entzogen werden.

Abb. 2 zeigt die Arbeitweise einer Anlage zur Herstellung von Kartoffelflocken.

In der Schneckenpresse *c* wird das Reibsel getrennt in feste und flüssige Bestandteile. Die festen Teile fördert die Schnecke *d* zum Walzentrockner *e* üblicher Bauart. Die von den Walzen in trocknem Zustand abgenommenen Kuchen gelangen in Mahlschnecken, wo sie zu Flocken zerkleinert werden. Der aus der Schneckenpresse *c* abfließende Saft wird in das Gefäß *f* durch den Kompressionsverdampfer *g* abgesaugt und hier eingedickt. In diesem Zustand fördert ihn die Pumpe *h* wieder zur Schneckenpresse *c*. Hier gibt die dicke Flüssigkeit ihre festen Bestandteile ab und fließt, gefiltert durch festen Zellstoff, zusammen mit dem Saft des neuen Reibsels wieder in das Gefäß *f* und von dort wieder zum Verdampfer *g* usf. Im Verdampfer wird der Saft bei so niedriger Temperatur eingedampft, daß ein Verkleistern des stärkehaltigen Saftes nicht eintreten kann. Die beim Verdampfen entstehenden Brüden werden mit Hilfe des Dampfstrahlgebläses *i* mit Frischdampf aus der Leitung *m* abgesaugt, etwas verdichtet und als Heizdampf wieder in die Heizkammer *k* zurückgeleitet. Zur Erzeugung des Unterdruckes im Verdampfer dient die Pumpe *l*.

An Betriebspersonal erfordert dieses Verfahren nicht mehr als bisher, die Leistung der Anlage kann aber bei gleichem Personal wesentlich erhöht werden, weil die vorhandenen Walzentrockner viel weniger Wasser aus den Kartoffeln zu verdampfen haben.

Zur Erzeugung von Kartoffelflocken aus 1000 kg Kartoffeln in 1 h werden gebraucht:

| | Dampf kg | Kraft PS |
|---|---|---|
| Für die Kartoffelreibe . . . . . | | 3 |
| „ „ Kartoffelpresse . . . . . | | 4 |
| „ den Walzentrockner (300 kg Trokkengut je 1,5 kg Dampf) . . . . . | 450 | 5 |
| „ den Verdampfer (420 kg Trockengut je 0,45 kg Dampf) . . . . . | 190 | 3 |
| zusammen | 640 | 15 |

Bei einem mittleren Dampfpreis von 5 ℳ für 1000 kg Frischdampf würden danach beim Trocknen von 1000 kg/h Frischkartoffeln nicht mehr als für 3,90 ℳ Kosten für Dampf und Kraft auftreten.

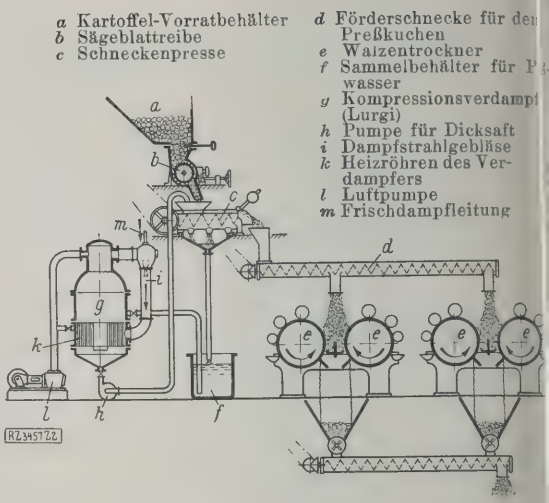



**Abb. 2**
Schema einer Kartoffelflockenfabrik, Bauart *Datz*.

Nach dem Verfahren von *Datz* ist es jetzt nicht m so unwirtschaftlich wie früher, wenn man minderwer Kartoffeln verarbeitet.

Es wird vielmehr der Gesamtverbrauch z. B. Kartoffeln von nur 20 vH Trockenbestandteilen geri sein als bei 25 vH. Dieses zunächst überraschende gebnis findet seine Erklärung dadurch, daß bei Kartoffeln mit geringerem Trockengehalt aus dem P rückstand weniger Wasser auf dem Trockner fortzub gen ist; hier aber liegt die große Ersparnis. Sie v etwas rückgängig gemacht durch den Mehrverbrauch Verdampfers bei diesen wasserreichen Kartoffeln. Di Mehrverbrauch ist jedoch im Verhältnis so gering, immer noch eine Ersparnis herauskommt. Je was reicher also die Kartoffeln sind, desto mehr hat de sparsam arbeitende Verdampfer zu leisten und d weniger fällt dem notwendigerweise unwirtschaft arbeitenden Trockner zur Last.

### Umlauftrockenverfahren zur Herstellung von Kartoffelgrieß

(Verfahren von Prof. *Rosin*, Dresden)

Der Vorgang ähnelt der Trommeltrocknerei. die Stelle der Trockentrommel tritt jedoch ein Roh tungsnetz, durch das das zerkleinerte Naßgut mit H warmer Trockenluft geblasen wird.

Die Heizgase werden in einer gewöhnlichen F rung erzeugt. Sie treten bei *a*, Abb. 3 und 4, in Trockner ein. Das Trockengut kommt aus e Schnitzelmaschine über den Aufgabetrichter *b* in Schnecke und sodann in eine Schleuder mit Leitmu stück. Als Schleuder dient ein kleiner Lüfter 950 U/min. Er schleudert die Schnitzel in die Mitte Heizgasstromes. Das Leitmundstück am Austritt Schleuder hat Wasserkühlung.

So gelangt das Trockengut zunächst in den V trockner $c_1$, $c_2$, der aus dem ansteigenden Stück wo das Oberflächenwasser den Schnitzeln entzogen w und aus einem weiten Fallrohr $c_2$ besteht, worin die Schnitzel mit den Heizgasen recht langsam abw bewegen. Bei der Richtungsumkehr am Kopf Rohres $c_2$ wird stärkste Durchwirbelung von und festen Teilchen den Trockenvorgang nur förd Jetzt erst strömt das Gut in den eigentlichen Umla trockner $d_1$, $d_2$. Mit den Gasen zusammen tritt es in Steigrohr $d_1$ und fließt durch dieses mit großer schwindigkeit. Oben verlangsamt sich die Beweg plötzlich; Gas und Teilchen stoßen gegen eine P platte, deren Höhenlage verstellbar ist. An dieser St werden die bereits trocknen und die noch feuc Teile getrennt.

Die leichten, trockenen Teile verlassen zusam mit den Heizgasen die Trockenkammer nach oben. Trockenarbeit an ihnen ist im wesentlichen beendet.

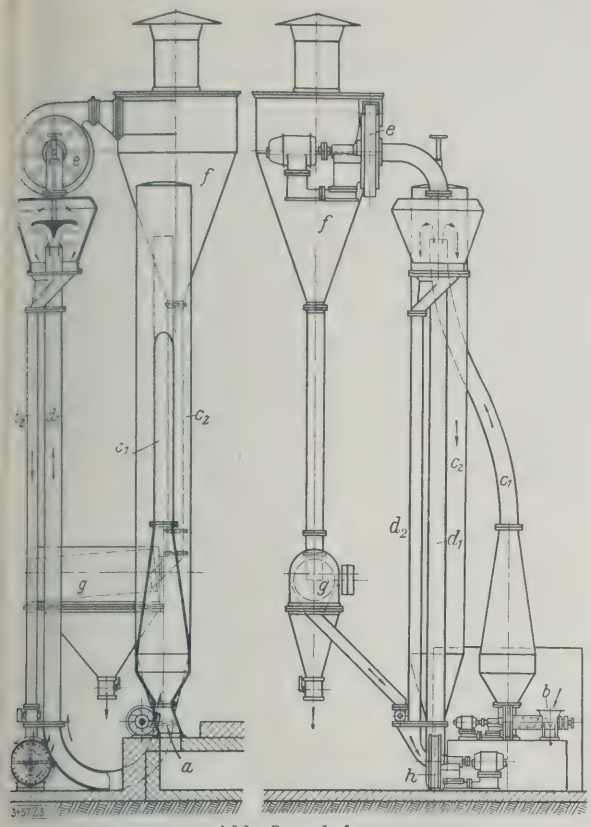



**Abb. 3 und 4**
Kartoffeltrocknung, Bauart *Rosin*.

*a* Eintritt der Heizgase
*b* Eintritt des Trockengutes
$c_1$, $c_2$ Vortrockner
$d_1$, $d_2$ Haupt-Umlauftrockner
*e* Sauger
*f* Zyklon (Windsichter)
*g* Trommelsieb
*h* Schlagstiftmühle (Desintegrator)

Sauger *e* zieht sie aus dem Trockner heraus und bringt sie in den Zyklon *f*, wo das Trockengut aus den jetzt feuchten Heizgasen abgeschieden wird. Gase und Brüden entweichen nach oben, das Trockengut fällt in ein Trommelsieb *g*, das den Grieß in verschiedenen Korngrößen aussondert. Etwaige noch feuchte Teile (Schalen usw.) gelangen durch ein Fallrohr in die Aufspaltvorrichtung *h*. Hier kommen sie mit den an der Prallplatte des Umlauftrockners noch als feucht abgesonderten Teilchen zusammen, die von der oberen Trennkammer ebenfalls durch das Fallrohr $d_2$ herabsinken. Die Aufspaltvorrichtung *h* ist als Desintegrator ausgebildet. Sie läuft mit 950 U/min um und schlägt die bereits trocknen Oberflächen weg, um neue, feuchte bloßzulegen. Alle diese Teile schleudert die Vorrichtung wieder in den aufsteigenden Gasstrom des Umlauftrockners hinein. So kommen die alten, noch nicht genügend getrockneten Teilchen mit den Heizgasen solange in Berührung, bis sie an der Prallplatte nicht mehr zurückgeschickt werden. *Rosin* nimmt an, daß die meisten Teilchen den Umlauftrockner vier- bis fünfmal durchlaufen, ehe sie ihn verlassen.

Die Heizgase haben beim Eintritt in den Vortrockner eine Temperatur von 800 bis 900 °. Durch Hinzusetzen kalter Luft kann man diese Temperatur beliebig regeln. Die Temperatur im Trockner darf so verhältnismäßig hoch sein, weil Gase und Trockengut immer nur kurze Zeit miteinander in Berührung kommen. Am Zyklon beträgt die Gastemperatur nur noch 90 °. In der Heizgasleitung ruft der Sauger *e* einen Unterdruck von 200 bis 250 mm W.-S. hervor.

Die Höchstleistung für derartige Trockner wird mit 250 Ztr. Rohkartoffeln in 1 h angegeben. Die Höhe der Anlage wird stets etwa 8 m betragen. Die beiden Steigrohre von 230 mm Dmr. bei der Versuchsanlage wird man bei der Größtanlage auf 1200 mm vergrößern müssen. Für die verschiedenen Leistungen sind die Abmessungen in Zahlentafel 1 dargestellt.

**Zahlentafel 1**
Leistungen und Abmessungen der Trockeneinrichtung, Bauart *Rosin*.

| Leistung bei 16 vH Stärke Ztr./h | Wasserverdampfung kg/h | Erforderlicher Rohr-Dmr. mm |
|---|---|---|
| 10 | 370 | 240 |
| 25 | 925 | 350 |
| 50 | 1 850 | 500 |
| 75 | 2 775 | 610 |
| 100 | 3 700 | 700 |
| 150 | 5 550 | 860 |
| 200 | 7 400 | 1 000 |
| 250 | 9 250 | 1 100 |

Hieraus ergibt sich, daß der Platzbedarf und die Anlagekosten in viel geringerem Maße wachsen als der Durchsatz.

Die Versuchsanlage lieferte gut aussehenden Kartoffelgrieß von normaler Zusammensetzung mit 12,2 vH Feuchtigkeit. Stündlich wurden dabei 8,2 Ztr. Kartoffeln mit 16,1 vH Stärkegehalt getrocknet. Man verbrauchte dazu in 1 h 49 kg Koks ($H = 7011$ kcal/kg) = 12 vH des Gewichtes der Rohkartoffeln und 6,5 kW Antriebsleistung. Zur Bedienung waren je zwei Arbeiter für den Tag und je zwei für die Nacht notwendig.

Die Trockenkosten bei der Versuchsanlage, die bei betriebsfertiger Herstellung 17 500 ℳ für Maschinen, 5595 ℳ für feste Gebäude und 3180 ℳ für Fachwerkgebäude, also insgesamt 26 275 ℳ kostet, betragen, auf 1 Ztr. Kartoffeln umgerechnet:

| | |
|---|---|
| Abschreibung und Verzinsung | 9,24 ₰ |
| Strom und Brennstoff | 29,00 „ |
| Löhne | 9,75 „ |
| Ausbesserungen | 0,75 „ |
| Steuern usw. | 2,44 „ |
| | 51,18 ₰ |

Für eine Anlage von 15 Ztr. Verarbeitung in 1 h, die 18 977 ℳ für Maschinen und 8775 ℳ für Baulichkeiten, also 27 752 ℳ kostet, umgerechnet, betragen die Trockenkosten:

| | |
|---|---|
| Abschreibung und Verzinsung | 5,40 ₰ |
| Strom und Brennstoff | 29,00 „ |
| Löhne | 5,33 „ |
| Ausbesserungen | 0,75 „ |
| Steuern usw. | 1,33 „ |
| | 41,81 ₰ |

Während des Versuches, der aus Zeitmangel nicht sorgfältig genug vorbereitet werden konnte, arbeitete die Anlage in wärmetechnischer Hinsicht nicht einwandfrei. Der Wirkungsgrad der Feuerung war sehr gering, weil man unpassende Roststäbe benutzte; die Abgastemperatur war 30 ° zu hoch, da die Zerkleinerungsvorrichtung im Verhältnis zum Sauger zu klein war; die Strahlungsverluste waren wegen ungenügender Isolation ungebührlich hoch. Den Wärmeverbrauch von 1110 kcal für 1 kg des zu verdampfenden Wassers bei der Versuchsanlage hofft *Rosin* nach Abstellung der Mängel auf 950 bis 1005 kcal für kleinere und 800 bis 900 kcal für größere Leistungen zu verringern.

Der Prüfungsausschuß hat die Bedeutung dieses Verfahrens voll anerkannt. Er hat es jedoch eines Preises nicht für wert gehalten, nachdem der Kartoffelgrieß seine wesentliche Bestimmung nicht erfüllte, nämlich, als Futter wirklich genossen zu werden. *Rosin* erklärt die Tatsache, daß in der überwiegenden Zahl der Fälle die Annahme dieses Trockenerzeugnisses von den Tieren verweigert wurde, daraus, daß er gezwungen war, minderwertige Kartoffeln zu verarbeiten.

Weitere Versuche werden erweisen müssen, ob nicht doch etwa bei den hohen Temperaturen gewisse empfindliche Geruch-, Geschmack- und Nährstoffe so verändert worden sind, daß die Tiere aus diesem Grunde die Annahme verweigerten.

**Ist die wirtschaftliche Kartoffeltrocknung rein ingenieurmäßig zu lösen? — Landwirtschaftliche Zentralwerke**

Gegen die Möglichkeit, die Frage der Kartoffeltrocknung allein ingenieurmäßig zu lösen, hegt Dr. *C. Oetling*, Berlin, Bedenken, die im wesentlichen hier wiedergegeben werden sollen. Nach seiner Ansicht entsprechen die in dem Preisausschreiben vorgeschriebenen Einheitsätze und Preise in keiner Weise der Wirklichkeit. Die Sätze seien zu niedrig. Das stimmt in der Tat; jedoch muß man den Ausschreibern zugute halten, daß sie wohl ausschließlich an landwirtschaftliche Trocknereien gedacht haben, also an reine Nebenbetriebe, die weder eigene Gebäude, noch eigene Energiequellen, noch eigene Arbeiter brauchen. Ebenso sind auch die Zahlen anzusehen, die *Grassmé* in Z. Bd. 72 (1928) S. 1001 gibt. Gegen diese Werte wendet sich *Oetling* besonders. Auch die Betriebzeit betrage nicht 160, sondern, wie aus den Ermittlungen des Untersuchungsausschusses hervorgehe, nur 53 bis 93 Tage.

Alles dies wäre nicht allein von ausschlaggebender Bedeutung, denn nach *Oetlings* Ansicht ist die Lage wie folgt:

„Die Schaffung einer wirtschaftlichen Trocknung hängt nicht von einer geeigneten Vorrichtung oder einem Verfahren allein, sondern von sehr vielen wirtschaftlichen Umständen ab. Die Kartoffeltrocknereien haben in den letzten Jahren mit Verlust gearbeitet und standen im vorigen Jahr fast durchweg vor der Schließung. Die Ursache für den Zusammenbruch des mehr oder minder als Kleinbetrieb gehandhabten Kartoffeltrocknerei-Gewerbes liegt im folgenden:

Im Jahre 1915 veranlaßte die Regierung zur Erhaltung der großen Ernte die Landwirtschaft, Kredite aufzunehmen und Kartoffeltrocknereien zu bauen. Dadurch stieg die Zahl der Kartoffeltrocknereien von 488 auf 721. Dann kamen Zwangswirtschaft und Inflation. Das bare Geld zerrann und neue Betriebsmittel mußten auf dem Kreditwege gegen hohe Zinsen hereingenommen werden. Heute lassen die steuerlichen Abgaben, keine Kapitalbildung zu. So ist denn der Vorschlag, für Verzinsung der Anlagekosten nur 6 vH statt 10 vH, für Abschreibungen auf Gebäude nur 2 vH statt 5 vH, für Abschreibungen von Maschinenanlagen nur 6 vH statt 10 vH zu berechnen, Selbstbetrug. Nur hohe Abschreibungen bilden hier die Möglichkeit zu neuer Kapitalbildung.

Zweck der Kartoffeltrocknung ist: 1. Die Verluste an Kartoffeln durch Veratmung der Kohlehydratstärke, Frost, Fäulnis, Mäusefraß, zu vermindern, 2. die Schwankungen der Ernte schlechter Jahre zu überbrücken, 3. in Verbindung mit dem gut möglichen Mehranbau oder der Ertragsteigerung auf 1 ha die Einfuhr von Gerste und Mais zu verhindern.

Da die Verluste im wesentlichen in der Zeit nach Mitte Dezember entstehen, soll die Verarbeitungszeit auch wegen der Veratmung nicht mehr als 100 Tage betragen. Die Zahl von 150 bis 200 bzw. 160 Betriebstagen in Kartoffeltrocknereien entspricht weder dem volkswirtschaftlichen Gedanken der Verlustverminderung noch der Wirklichkeit. Diese Überlegung ergibt, daß die Zahlen von Z. Bd. 72 (1928) S. 1001 einer Berichtigung bedürfen. Unter Berücksichtigung der mindestens um 33 vH geringeren Anzahl der Betriebstage und der über 50 vH höheren Zinsen und Abschreibungssätze betragen die in Zahlentafel 1 in Z. Bd. 72 (1928) S. 1006 angeführten Sätze mehr als das Dreifache; das gilt aber nur für Betriebe, die ununterbrochen 100 Tage arbeiten. Wie schon gesagt, sind aber die meisten Anlagen an einer weit geringeren Zahl von Tagen beschäftigt.

Der Umstand, daß die Trocknereien seit dem Krieg bis 1928 nur mit 20 bis 30 vH ihrer Leistungsfähigkeit beschäftigt waren, findet ihre Erklärung in der mangelhaften Belieferung mit Kartoffeln seitens der Landwirte. Nur in diesem Jahre war die Beschäftigung besser, weil meist Fabrikkartoffeln gebaut worden sind, hingegen 1927 und 1928 meist gelbfleischige Speisekartoffeln. In Holland baut man planmäßig an. Infolge des Maiszolls und der Erhöhung des Brennkontingents und des Hektoliterpreises der Spiritusbrennereien kön Stärkefabriken und Brennereien einen höheren Preis zahlen als die Trocknereien. Damit ist von vornhe die Lebensfähigkeit der Kartoffeltrocknereien in Fr gestellt. Nur ein Ausgleich, der später besprochen den soll, kann dieses grundlegende Übel beseitigen.

Angesichts des verhältnismäßig geringen An botes von Rohkartoffeln, das zeitweilig herrscht, k diese Menge in etwa 40 größeren schon vorhande Fabriken bei voller Belieferung verarbeitet werden, f man ihren Betrieb durch Einbau neuzeitlicher Anla umstellt. Wenn man auch in der Lage ist, die Bre stoffkosten durch geeignete Vorrichtungen auf 50 und noch weniger herabzusetzen, die gesteigerten Lö und Gehälter durch Erhöhung der Leistungsfähigkeit vorhandenen Walzentrockner auszugleichen, so blei doch zwei Punkte von großer Bedeutung: die Verm derung des Rohstoffpreises und der Ausgleich 200tägigen Stillstandzeit. Die Abstellung des Punkte fällt der Landmaschinenindustrie zur Last.

Die zweite Aufgabe wird jedoch nur dann befriedige gelöst werden können, wenn der 100tägige Betrieb einem Betrieb, der 200 oder 300 Tage arbeitet, zusamm geschlossen wird. Nur hierdurch werden in Verbindu mit einer Brennstoff sparenden, die Leistung verd pelnden oder verdreifachenden Einrichtung, die Absch bung und die Unkosten für gemeinsam benutzte Anla teile, wie Kesselhaus, Dampfkraftanlage, Anschlußgl Pumpen, Lichtanlage usw., sowie die Gehälter und Löh bezogen auf 1 t verarbeitete Kartoffeln soweit her gesetzt, daß die Trockenkartoffeln mit Mais und Ger in Wettbewerb treten können.

Für den Ingenieur tut sich hier ein ganz neues biet in der Errichtung landwirtschaftlicher Zentralwe auf. So hat sich z. B. die Gesellschaft für Lupinen dustrie, Berlin, nachdem die Arbeiten über die wirtsch liche Entgiftung zufriedenstellend abgeschlossen sind, Ziel gesetzt, die Lupinenverarbeitung mit der Kartof trocknung und -stärkegewinnung zusammen zu betrei und noch andre Betriebe (Großmolkereien, Hanffas gewinnung nach *Gminer*, Roggenvermahlung) anzusch ßen. Beim Entgiften von Lupinen werden unvermeidlich weise mehr oder minder große Mengen der Subst herausgelöst. Es ist gelungen, die hierfür erforderli Wassermenge auf etwa den zehnten Teil der bisheri Wassermenge zu vermindern, wodurch die Wiedergew nung der Substanz möglich und der ganze Vorgang w schaftlich würde. Gleichzeitig werden die Kohlenhydr in Zucker verwandelt und die giftige Oxalsäure und Alkaloide herausgelöst. Die organischen Säuren wie a die giftigen Alkaloide verwertet man nutzbar.

Das Trocknen der Kartoffeln nimmt di Gesellschaft in ähnlicher Weise vor wie nach dem V fahren *Datz*. Man preßt zunächst die Rohkartoff mittels neuartiger Pressen, trocknet den Preßrücksta gewinnt Eiweiß aus dem Preßsaft, dampft den Saft Mehrfachdampfer der Lupinenabteilung ein und verei den Dicksaft mit dem Preßrückstand. Verbraucht wur hierfür nur 525 kg Dampf für 1000 kg Rohkartoffeln doppelter Leistung des Walzentrockners und Verbe rung des Erzeugnisses.

Wenn nun an 100 Tagen die Kartoffeltrocknung beitet, und während dieser Zeit die Lupinenentgift stillsteht, so kann der Verdampfer abwechselnd für Eindampfung des Kartoffelsaftes wie auch für die E engung der Lupinenextrakte benutzt werden. Da nur Teil des Lupinenstrohes für den Kesselbetrieb der pinenentgiftung gebraucht wird, erhält auch die K toffeltrocknung einen sehr billigen Brennstoff, der Kosten des Trocknens in Verbindung mit den Da sparenden Einrichtungen auf ¼ herabsetzt.

In solchen Werken, in denen neben Lupinenent tung und Kartoffeltrocknung auch Roggen verarbe wird, läßt sich unter Anwendung höher gespann Dampfes und andrer neuzeitlicher Errungenschaften Wärmewirtschaft treiben, die auch nicht annähernd den alten Gutstrocknereien für Kartoffeln erzielt wu Auch die Zuckerindustrie hat mit ganz kleinen Anla

gefangen; heute verarbeitet sie im Mittel 40 000 t in der Anlage in 100 Tagen und die größten bewältigen das Dreifache. Sämtliche Kartoffeltrocknereien bewältigen im Mittel 3250 t, 40 große Anlagen 11 800 t.

Damit nun der wesentliche Zweck der Trockenkartoffeln erfüllt wird, die Überbrückung der Ernteschwankungen bei Möglichkeit einer Beleihung, müssen die Trockenkartoffeln in abgetrennten Lagerhäusern, ähnlich wie beim Kaffee in Südamerika in großen Mengen aufgespeichert und von einem Zwangssyndikat nach bestimmtem Verteilungsplan in den Handel gebracht werden. Für die Lagerung müßten sich aber die Trockenkartoffeln nicht schütten lassen. Die Flocken nehmen jedoch bisher den fünffachen Raum etwa der Gerste ein. Auch Preßlinge in Form von Tafeln dürften des Transports und der Lagerung wegen nicht in Frage kommen. Es ist nun die Möglichkeit vorhanden, die Trockenkartoffel in eine Körnerform zu bringen, die sich mittels Druckluft leicht ohne Handarbeit fördern läßt und ein dicht schüttbares Lager gut bildet. Wird eine solche Form nicht gewählt, so sind die Lagerhauskosten so hoch, daß eine Überbrückung der Ernteschwankungen kaum in Frage kommt.

Kartoffeln, Lupinen und Roggen wachsen auf den leichten Böden des deutschen Ostens; Lupinen, Eiweiß-Kraftfutter und Trockenkartoffel-Stärkefutter ergänzen sich vortrefflich. Die kommende Industrie, die Lupinen- und Kartoffelverarbeitung im Großen, kann das Rückgrat der deutschen Landwirtschaft im Osten werden. Sie wird für den leichten Boden das sein, was die Zuckerindustrie für den schweren Boden geworden ist.

Mit der Umgestaltung der Kartoffeltrocknung und der Verkopplung mit der Lupinenentgiftung wächst sie aus ihrer landwirtschaftlichen Umwelt heraus und wird wie die Verarbeitung der Gerste auf Malz, von Rüben auf Zucker, Holz und Stroh auf Zellstoff, Mais auf Stärke und Glukose usw. zu einer Industrie." [B 3457]

## Magnetische Eigenschaften technisch wichtiger Legierungen

Das magnetische Verhalten einiger bestimmter Legierungen ist heute vor allem für die Technik von großer Bedeutung geworden; erinnert sei nur an die Eisen-Nickel-Legierung Permalloy (mit etwa 78 vH Nickel), die nach einer besonderen thermischen Behandlung eine Anfangspermeabilität (d. h. eine Magnetisierbarkeit bei sehr geringen Feldstärken) von 20 000 erreicht[1]) und somit z. B. für die Fernsprechtechnik außerordentliche Bedeutung erlangt hat. Der durch die Entdeckung des Permalloy bekannt gewordene *G. W. Elmen*[2]) hat nun in zwei ausführlichen Arbeiten[3]) seine zahlreichen und planmäßigen Versuche über die magnetischen Eigenschaften von Legierungen der Metalle Eisen, Nickel und Kobalt besprochen; vor allem ist ihre Abhängigkeit vom Prozentgehalt der Zusammensetzung aus zwei oder drei Komponenten sowie der Einfluß der thermischen Behandlung untersucht.

Abgesehen von den durch die Untersuchungen von *P. Weiß* und von *Preuß* bekanntgewordenen Eisen-Kobalt-Legierungen, die sich durch einen besonders hohen Sättigungswert der Magnetisierungsintensität auszeichnen, aber bisher nur eine beschränkte Verwendung gefunden haben, handelt es sich im wesentlichen um die Eisen-Nickel-Legierungen mit einem Nickelgehalt von mehr als 30 vH, die man ganz allgemein als Permalloy-Legierungen bezeichnet; ferner hin werden die Untersuchungen an Legierungen aus Eisen, Nickel und Kobalt mitgeteilt, die 10 bis 40 vH Eisen, 10 bis 18 vH Nickel und 10 bis 80 vH Kobalt enthalten. Derartige Legierungen werden von *Elmen* mit Perminvar bezeichnet.

All diese Proben wurden durch Zusammenschmelzen von Armcoeisen, Elektrolytnickel und reinem käuflichen Kobalt in Quarzgefäßen mittels Hochfrequenzofen hergestellt. Aus der Schmelze wurden Stäbe gegossen, die zu Draht und dünnen Bändern gezogen und ausgewalzt worden sind, nachdem man sie mehrfach zur Beseitigung der mechanischen Härtung geglüht hat. Zuletzt wurden die Bänder zu Ringen zusammengewickelt und für die Untersuchungen drei verschiedenen thermischen Behandlungen unterworfen.

Ein Teil der Proben wurde in einem elektrisch geheizten Ofen 1 h auf 900 ° bis 1000 ° erhitzt und innerhalb von 10 h auf Zimmertemperatur abgekühlt; die Abkühlungsgeschwindigkeit betrug hierbei zwischen 700 ° und 400 ° etwa 1,5 ° in 1 min. Die nach diesem Verfahren allein behandelten Proben sind als angelassen bezeichnet. Ein Teil davon wurde dann 15 min auf 600 ° erhitzt und auf einer Kupferplatte rasch abgekühlt; die Abkühlungsgeschwindigkeit betrug hierbei etwa 20 ° in 1 s, die Proben wurden als luftgehärtet bezeichnet. Endlich wurde ein Teil der letzten Proben nochmals 24 h auf eine Temperatur von 425 ° angelassen.

Bei den Permalloy-Legierungen ergaben die Messungen der magnetischen Größen, insbesondere der Anfangspermeabilität im großen und ganzen dieselben Werte, wie sie *Gumlich, Steinhaus, Kußmann* und *Scharnow* in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt erhalten haben, worüber bereits ausführlich berichtet[4]) ist. Wesentlich ist der Einfluß der thermischen Behandlung, der gerade bei diesen Legierungen eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Sehr wichtig sind die Eigenschaften der als Perminvar bezeichneten Legierungen; sie haben aus dem Grunde diesen Namen erhalten, weil die Anfangspermeabilität dieser ternären Legierungen nach geeigneter thermischer Behandlung für einen verhältnismäßig großen Bereich der magnetischen Feldstärke praktisch unverändert erhalten bleibt. Für eine Legierung mit 45 vH Nickel, 25 vH Kobalt und 30 vH Eisen liegt dieser Bereich zwischen 0 und 2 Gauß, wo die Permeabilität etwa 450 beträgt, während sie für Armcoeisen zwischen 0 und 0,5 Gauß bereits von 250 bis auf 600 steigt. In diesem Bereich gleich großer Permeabilität, wo also die $\mathfrak{B}/\mathfrak{H}$-Kurve geradlinig verläuft, tritt natürlich auch kein Hystersisverlust auf; das ist gerade für bestimmte technische Zwecke von großer Wichtigkeit.

Bei höheren Induktionen trennen sich der aufsteigende und absteigende Ast der Hysteresisschleife voneinander; es gehen jedoch beide — abweichend von dem üblichen Verlauf — zunächst noch durch den Nullpunkt und bilden daher eine bauchige Schleife. Bei noch höheren Induktionen dagegen verschwinden diese Ausbuchtungen allmählich, wodurch die Kurve sich allmählich immer mehr der normalen Gestalt der Hysteresisschleife nähert.

*Gumlich*[5]) hat bereits früher große Ausbauchungen der Hysteresisschleifen gefunden, und zwar an Proben, die von sehr heterogener Beschaffenheit waren, wie z. B. Streifen von weichem Eisen und hartem Stahl. Als Erklärung hierfür wird angenommen, daß der bei hoher Temperatur als feste Lösung homogene Werkstoff während der Abkühlung in eine inhomogene Mischung fester Lösungen verschiedener Konzentration zerfällt.

Was nun die Größe und die Beständigkeit der Anfangspermeabilität anbetrifft, so wirkt sich hierauf der Einfluß der thermischen Behandlung in entgegengesetztem Sinne aus. So ist z. B. bei der Perminvar-Legierung mit 45 vH Nickel, 25 vH Kobalt und 30 vH Eisen die Anfangspermeabilität $\mu_0$ bis zu etwa 2,7 Gauß vollkommen gleich groß, aber am niedrigsten ($\mu_0 = 300$) nach der Dauererwärmung auf 425 °; dagegen ist sie nach der Lufthärtung am wenigsten beständig, erreicht aber die höchsten Werte ($\mu_0 = 620$). Dazwischen liegt der Zustand des Anlassens mit einer Beständigkeit der Anfangspermeabilität über etwa 2 Gauß und $\mu_0 = 450$.

Man sieht hieraus, daß sich je nach Bedarf durch Änderung der chemischen Zusammensetzung und der thermischen Behandlung die Größe sowohl als auch die Beständigkeit der Anfangspermeabilität innerhalb gewisser Grenzen beliebig verändern läßt. [N 3676]

Berlin *A. Schulze*

[1]) Vergl. Bericht von *A. Schulze*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1764.
[2]) *Arnold* und *Elmen*, Journ. Franklin Inst. Bd. 195 (1923) S. 621.
[3]) Journ. Franklin Inst. Bd. 207 (1929) Heft 5 S. 583 und Bell Syst. Techn. Journ. Bd. 8 (1929) Heft 1 S. 21.
[4]) Elektr. Nachr. Techn. Bd. 5 (1928) S. 83; vergl. den Bericht in Z. Bd. 72 (1928) S. 1764.
[5]) Archiv f. Elektrotechnik Bd. 9 (1920) S. 153; vergl. Phys. Ber. Bd. 10 (1929) S. 1942.

# RUNDSCHAU

## Hebezeuge

### Neuer Wippkran von Mohr & Federhaff

Bei dem in Abb. 1 bis 3 dargestellten Halbportalkran sind sämtliche Teile für das Einziehwerk über dem Maschinenhaus angeordnet. Der Motor *a* treibt über zwei Vorgelege zwei Triebstockritzel an, die in die Triebstöcke der beiden Segmente *b* eingreifen. Zwei drucksteife Stangen *c* verbinden die Segmente mit dem Ausleger. Zur Erzielung einer tiefen Schwerpunktlage ist der Auslegerdrehpunkt *d* in die Höhe der Oberwagen-Plattform gelegt. Diese breite, niedrige Auslegerlagerung ergibt eine gegen Wind- und Massenkräfte sehr widerstandfähige Bauweise. Das Ausgleichgewicht *e* ist derart im Segment gelagert, daß der gemeinsame Schwerpunkt der beim Wippen bewegten Teile eine Waagerechtbewegung beschreibt. Dieses Ausgleichgewicht bildet gleichzeitig den größeren Teil zum Gegengewicht des drehbaren Teiles. Dies kommt der Zugänglichkeit des Hubwerkes zugute, da der Rest des Gegengewichtes *f* in dem Profileisenrahmen der Oberwagen-Plattform untergebracht werden kann, so daß man das Hubwerk bei verhältnismäßig geringer Ausladung nach rückwärts von allen Seiten bequem begehen kann. Der Untergurtverband des Auslegers ist so ausgebildet, daß der Führer auf dem Stand *g* unbehinderten Ausblick hat. Führerhaus und Maschinenhaus sind wie bei einem normalen Drehkran verbunden, so daß der Führer das Windwerk *h* leicht übersehen kann.

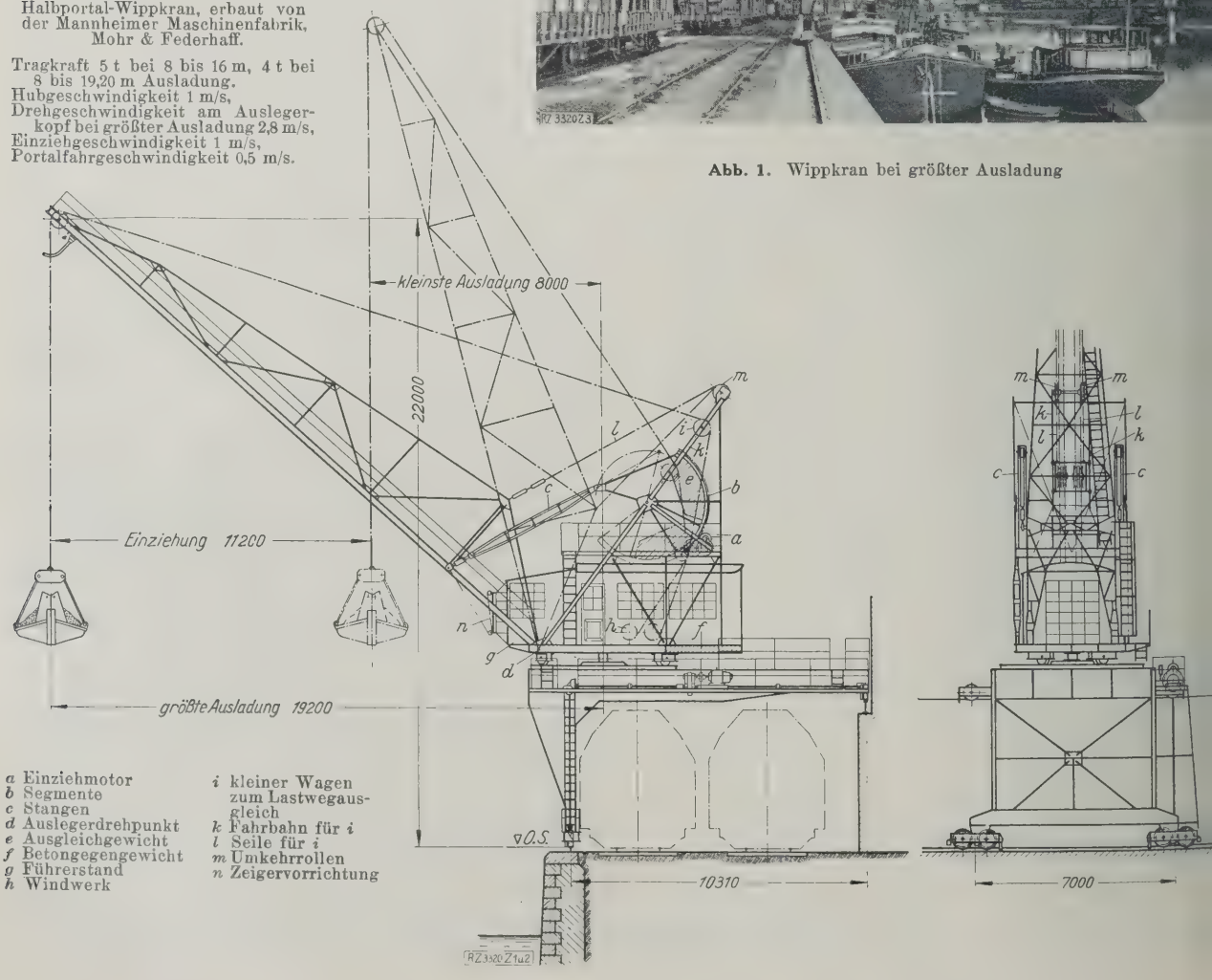
Der waagerechte Lastweg wird durch einen kleinen Wagen *i* erzielt, über den die Greiferseile laufen. Dieser Wagen läuft auf einer mit dem Gerüst fest verbundenen Fahrbahn *k* und wird mittels zwei am Ausleger befestigter Seile *l* bewegt, deren Bewegungsrichtung durch Rollen *m* im Gerüst umgekehrt wird.

Die Trennung von Eigengewichts- und Lastausgleich ermöglicht eine bessere Annäherung an den mathematisch genauen Ausgleich, als dies bei einer vereinigten Ausgleichanordnung möglich wäre. Damit sinkt aber die erforderliche Leistung des Einziehmotors und sein Stromverbrauch. Man kann ein normales Drehkran-Greiferhubwerk

**Abb. 1.** Wippkran bei größter Ausladung

**Abb. 2 und 3**
Halbportal-Wippkran, erbaut von der Mannheimer Maschinenfabrik, Mohr & Federhaff.

Tragkraft 5 t bei 8 bis 16 m, 4 t bei 8 bis 19,20 m Ausladung.
Hubgeschwindigkeit 1 m/s,
Drehgeschwindigkeit am Auslegerkopf bei größter Ausladung 2,8 m/s,
Einziehgeschwindigkeit 1 m/s,
Portalfahrgeschwindigkeit 0,5 m/s.




*a* Einziehmotor
*b* Segmente
*c* Stangen
*d* Auslegerdrehpunkt
*e* Ausgleichgewicht
*f* Betongegengewicht
*g* Führerstand
*h* Windwerk
*i* kleiner Wagen zum Lastwegausgleich
*k* Fahrbahn für *i*
*l* Seile für *i*
*m* Umkehrrollen
*n* Zeigervorrichtung

...wenden; Heben, ...ifen und Einziehen ...nen dabei getrennt ...r gleichzeitig aus- ...hrt werden.

Gegen das Über- ...ren der Auslegerlagen sind mehrere Vorkehrungen getroffen. In erster Linie gestattet eine am Führerstand angebrachte Zeigervorrichtung *n* das Ablesen der jeweiligen Auslegerstellung. Sollte der Führer trotzdem die Endstellungen versehentlich überfahren, so bringen Endschalter, die von Anschlägen an den Segmenten betätigt werden, die Backenbremse auf der Motorwelle zum Einfallen, die die Hubbewegung stoßfrei und sicher abfängt.

Bei unerwartetem Versagen der elektrischen Endschaltung fällt eine mechanisch gesteuerte zweite Backenbremse ein, die ebenso stoßfrei und sicher wirkt. Schließlich sind als letzte Sicherheit noch feste Endanschläge an den Segmenten angebracht, die unter allen Umständen verhindern, daß die Triebstöcke außer Eingriff kommen.

Schließ- und Haltetrommel werden von zwei getrennten, gleichstarken Motoren angetrieben, so daß es möglich ist, während der Bewegung eine Relativbewegung zwischen den beiden Trommeln herbeizuführen. Man kann also außer allen mit einem Einmotorenwindwerk ausführbaren Greiferbewegungen sämtliche Zustandsänderungen des Greifers auch während der Hub- oder Senkbewegung ausführen.

Abb. 1 zeigt den Kran mit größter Ausladung.

Abb. 4 stellt eine andre Ausführungsform dar. Die Forderung von dem hochliegenden Schiffsbord *a* freizukommen, bedingt eine höhere Lage des Auslegerdrehpunktes *b*. Daraus folgt wieder die Möglichkeit einer Vereinfachung, indem die besondere Anordnung des Ausgleichgewichtes in den Segmenten fortfällt. Das Ausgleichgewicht ist an einer Verlängerung des Auslegers nach rückwärts derart angebaut, daß der gemeinsame Schwerpunkt von Ausleger und Ausgleichgewicht im Drehpunkt liegt. Auf diese Weise erreicht man einen mathematisch genauen Ausgleich des Eigengewichtes. Die Triebstöcke sind ebenfalls auf dieser Verlängerung nach rückwärts angeordnet. Das Führerhaus muß hier wegen des hohen Schiffsbordes hochgelegt werden. Die Trennung von der Maschine hat also mit der Wippkranbauart nichts zu tun. [M 3320]

Mannheim Oberingenieur Dipl.-Ing. *L. Ludwig*

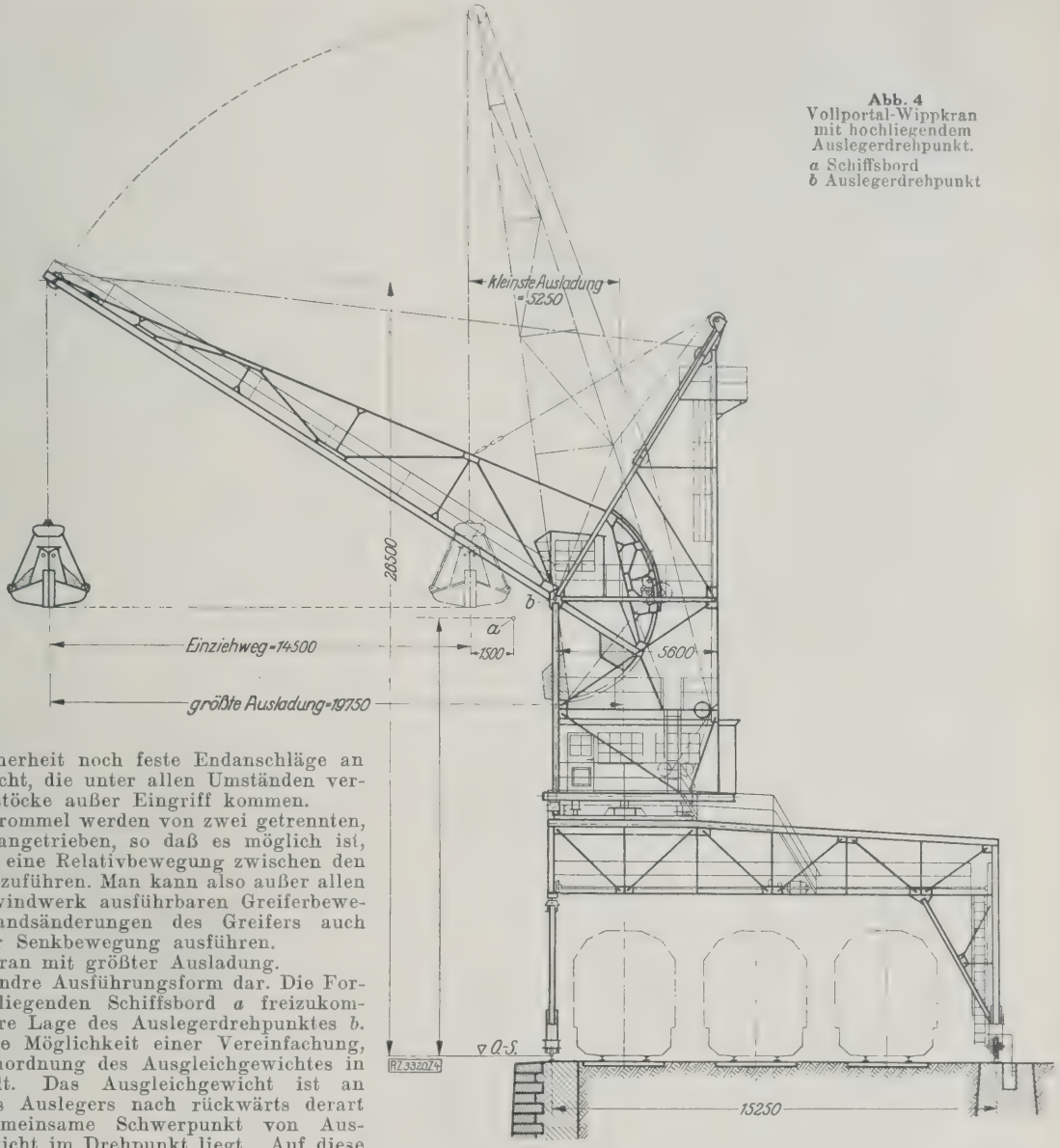



**Abb. 4**
Vollportal-Wippkran mit hochliegendem Auslegerdrehpunkt.
*a* Schiffsbord
*b* Auslegerdrehpunkt

## *Verkehrswesen*

### Betriebserfahrungen mit Oberleitungsomnibussen

Die technischen Einrichtungen des Betriebes von Oberleitungsomnibussen[1]) in England und Amerika haben sich bereits bei der ersten Anlage, da sie auf den Erfahrungen des Straßenbahn- und Autobusbetriebes aufgebaut werden konnten, im allgemeinen überall so bewährt, daß sich spätere Verbesserungen an ihnen kaum als notwendig erwiesen haben. Immerhin geben die Betriebserfahrungen dieser Unternehmen einige praktische Fingerzeige für den Oberleitungsomnibus, besonders soweit er bezüglich der Oberleitung von der Straßenbahn abweicht und soweit er sich bezüglich der Fahrbahn anders verhält wie der Autobus.

Die Stromabnehmer müssen so lang und so weit seitenbeweglich sein, daß der Omnibus nach beiden Seiten um mindestens eine Fuhrwerkbreite ausweichen kann. Die für jede Fahrrichtung erforderlichen zwei Fahrleitungen (Stromzufuhr und Stromrückleitung) sind daher zweckmäßig bei in beiden Richtungen befahrenen Straßen über den Mitten der Straßenhälften anzuordnen, so daß der Omnibus in der Lage ist, die Straßenbreite, soweit sie einer Fahrrichtung dient, möglichst auszunutzen. Bei breiteren Straßen kann es trotzdem vorkommen, daß der Omnibus — vielleicht um einen Zusammenstoß zu vermeiden — so weit seitlich ausweichen muß, daß der Stromabnehmer abspringt und die Fahrleitung nicht mehr erreicht. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, für solche Fälle kurze Notleitungen vorrätig zu halten, die sich in kürzester Zeit anbringen lassen, um den Wagen rasch wieder an die Leitung heranzubringen.

Die Beanspruchung der Fahrzeuge ist beim Oberleitungsbetrieb stärker als beim Betrieb mit Verbrennungsmotoren. Der elektrische Motor gestattet eine große Anfahrbeschleunigung, die elektrische Bremse eine starke Bremsverzögerung; im Zusammenhang damit kann die Höchstgeschwindigkeit über eine längere Fahrstrecke innegehalten werden. Die Federn des Wagenkastens müssen daher stärker sein, um Federbrüche zu vermeiden. Auch an die Fahrbahn stellt der Oberleitungsomnibus aus den gleichen Gründen höhere Ansprüche.

Für ungepflasterte Straßen hat sich dieses Verkehrsmittel als ungeeignet erwiesen. Es läuft am besten auf glatter Fahrbahn mit fugenloser Oberfläche. Anderseits erhöhen hier die größere Beschleunigung und Verzögerung naturgemäß die Schleudergefahr. Bei nassen und vereisten Straßen haben sich daher zur Vermeidung von Betriebsgefahren besondere Maßnahmen als erforderlich erwiesen. Schon bei waagerechter Fahrbahn müssen die Fahrzeuge mit sicher und zuverlässig wirkenden Einrichtungen zum Sandstreuen ausgerüstet sein. Der Streuer darf nicht allein vor dem Rade liegen, sondern muß auch die Straßendecke neben dem Rade bestreuen, damit auch ein seitwärts rutschendes Rad die besandete Fläche erfaßt. In der Stei-

[1]) Einige neuere Konstruktionen sollen demnächst hier dargestellt werden.

gung und im Gefälle genügt diese Einrichtung nicht, wenn man nicht eine erhebliche Einschränkung der Geschwindigkeit in den Kauf nehmen will. Vielmehr hat sich auf solchen Straßenabschnitten ausgiebige Besandung oder Beaschung und bei vereisten Straßen auch Auftauen durch Bestreuen mit einer Salzmischung unabhängig von den Fahrzeugen des regelmäßigen Linienbetriebes als notwendig erwiesen. Eine amerikanische Verwaltung hat für diesen Zweck ein besonderes Fahrzeug konstruiert, mit dem die Bestreuung schnell und ohne große Kosten ausgeführt werden kann. Dank dieser Maßnahme hat sie den Betrieb auf einer längeren Steigung 1 : 10, auf der er infolge Vereisung der Straßendecke zunächst hatte eingestellt werden müssen, wieder aufnehmen und ohne weitere Störung durchführen können. [N 3554] Dr. *Steinhagen*

## Neuere elektrische Lokomotiven der deutschen Reichsbahn (Ergänzung)

In dem Aufsatz in Bd. 73 (1929) Nr. 20 S. 667 dieser Zeitschrift sind einige Mitteilungen über die Ausführungsmöglichkeiten elektrischer Antriebe für Schnellzuglokomotiven wiedergegeben, die auf Grund neuerer Untersuchungen der Ergänzung bedürfen. Es war gesagt worden, daß der Buchli-Antrieb der 1 Do 1-Schnellzuglokomotive von Brown, Boveri & Cie., Mannheim, es erlaube, nur einen Motor je Achse anzuordnen, während der Hohlwellenantrieb aus geometrischen Gründen (Zahnradmittenabstand, Motordurchmesser, Übersetzung) zur Verwendung von Doppelmotoren führt. Diese Anordnung der Antriebteile ist beim Hohlwellenantrieb bisher die Regel gewesen und auch bei der beschriebenen 1 Do 1-Schnellzuglokomotive der deutschen Reichsbahn ausgeführt.

Benutzt man Motoren kleiner Leistung, also von geringem Durchmesser, so kann man den Hohlwellenantrieb auch mit nur einem Motor je Achse ausführen, wie es bei der österreichischen Bo + Bo-Güterzuglokomotive der „Elin“ der Fall ist. Infolge des dort nur geringen Achsdruckes und der mäßigen Fahrgeschwindigkeit fällt bei dieser Lokomotive der Motor so aus, daß die angedeuteten geometrischen Beziehungen den Motor neben der Hohlwelle anzubringen erlauben. Bei gesteigerten Leistungen, wie sie die erwähnte Reichsbahn-Schnellzuglokomotive aufweist, d. h. großem Achsdruck, großer Zugkraft, hoher Geschwindigkeit war bisher keine Ausführung bekannt, die es als möglich erwiesen hätte, einen die ganze je Achse erforderliche Leistung liefernden Motor beim Hohlwellenantrieb anzubringen. Dieser Nachweis ist jedoch durch einen in Abb. 5 und 6 wiedergegebenen Entwurf der Allgemeinen Elektricitätsgesellschaft für einen Motor von 440 kW erbracht, der eine Studie zum Antrieb der 1 Do 1-Schnellzuglokomotive der Reichsbahn darstellt. Dieser Motor hat dieselbe Leistung wie die späterhin ausgeführten kleineren Motoren einer Treibachse zusammen. Liegen also Gründe vor, je Treibachse nicht mehr als einen Motor auszuführen, so ist hiermit erwiesen, daß der Hohlwellenantrieb auch für große Leistungen nicht zur Anordnung von Doppelmotoren zwingt. Hohlwellen wurden neuerdings auch mit Buchli-Antrieb ausgeführt, dessen großes Zahnrad dann auf der Innenseite des Treibrades liegt. Die Uebersetzung unterliegt dann nicht der Beschränkung wie bei Außenlage des Zahnrades, die Baubreite des Motors vermindert sich auf etwa das bei allen zwischen den Treibrädern liegenden Zahnradgetrieben verbleibende Maß.

Bei der erwähnten Schnellzuglokomotive der AEG und der Siemens-Schuckert-Werke wählte man den Doppelmotor jedoch aus wichtigen Gründen elektrotechnischer Art. n nächst wird durch die Reihenschaltung zweier zu ei Hohlwellenantrieb gehörender Motoren die Stromst herab- und die Spannung heraufgesetzt. Infolgedessen geben sich günstigere Baubedingungen für den Trans mator und besonders für alle Schalter und Leitungen Steuerung. Ferner bedingt der Doppelmotor einen nie geren Aufbau der zu den Treibachsen gehörenden Mas nenteile, so daß sich die übrige elektrische Ausrüstung Lokomotive im Maschinenraum besser unterbringen l als dies bei einer Motoranordnung nach Abb. 5 un der Fall wäre. Schließlich ist die Verteilung der Za radkräfte auf zwei Eingriffstellen beim Doppelmotor eignet, mit einfachen Mitteln die erforderlichen gro Drehmomente zu übertragen und den Raum für die Za räder schmal zu halten. Wenn man also auch jetzt n den Doppelmotor beim Hohlwellenantrieb bevorzugt, geschieht dies nicht infolge von Beschränkungen, die Wesen dieses Antriebes liegen. [M 3409

Berlin u. Mannheim *Tetzlaff, Schlemme*

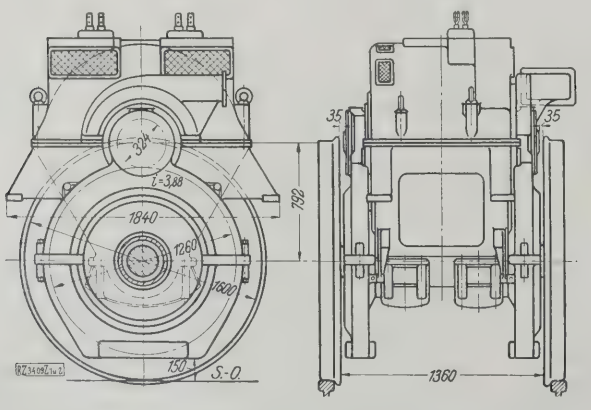



**Abb. 5 und 6**
440 kW-Motor der AEG für einmotorigen Einzelachsantrieb der 1 Do 1-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn.

# *Elektrotechnik*

## Hochleistungs-Ölschalter mit Schmelzsicherung

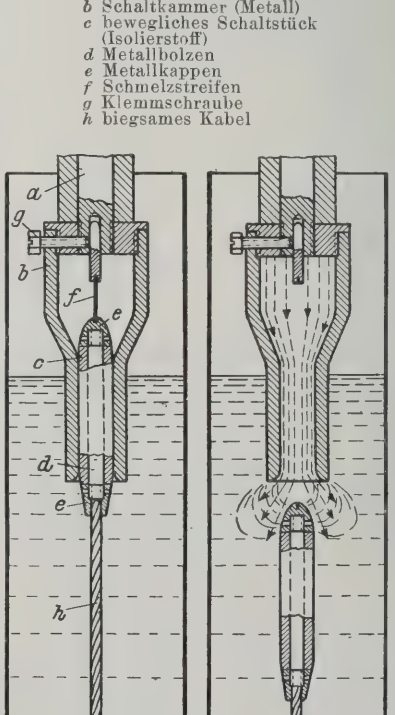
Die Société industrielle des Téléphones, Paris, b nach Angaben von *H. Pécheur* einen Hochleistungs-Ölsch ter, bei dem der durch einen abschmelzenden Sicherun streifen erzeugte Gasdruck der Metalldämpfe den bew lichen Schalterteil vom feststehenden trennt[1]).

Der Hauptbestandteil der einpoligen Schalter ist Schaltkammer, Abb. 7 und 8; die Abbildungen veransch lichen gleichzeitig den Schaltvorgang. Am unteren E der Durchführung befindet sich ein Metallzylinder, des untere Hälfte einen kleineren Durchmesser hat als obere. In den engen Teil paßt ein Zylinder aus Isoli stoff mit einer zentrischen Bohrung. Die Enden die Isolierzylinders tragen Messingkappen, die durch ei Stift metallisch verbunden sind. Zwischen Durchführ und oberer Kappe sitzt der Schmelzstreifen; von

[1]) Rév. Gén. de l'Electr. Bd. 13 (1929) Nr. 23 S. 891.

**Abb. 7 und 8** (unten)
Schaltkammer für einen einpoligen Ölschalter, dessen Schaltbewegung mittels eines Schmelzstreifens ausgelöst wird.

*a* Durchführung
*b* Schaltkammer (Metall)
*c* bewegliches Schaltstück (Isolierstoff)
*d* Metallbolzen
*e* Metallkappen
*f* Schmelzstreifen
*g* Klemmschraube
*h* biegsames Kabel



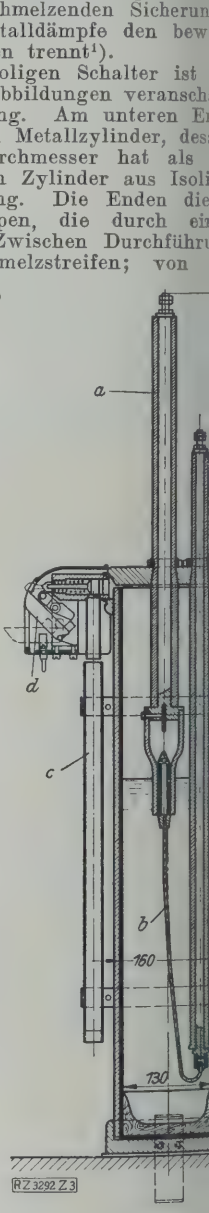
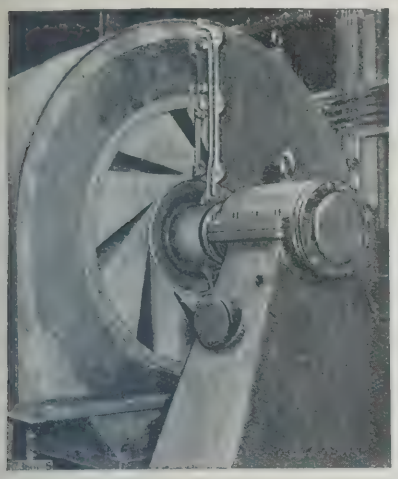




**Abb. 9**
15 kV-Ölschalter

*a* Durchführunge
*b* biegsames Kab
*c* Auspuffrohr
*d* Signalbetätigu



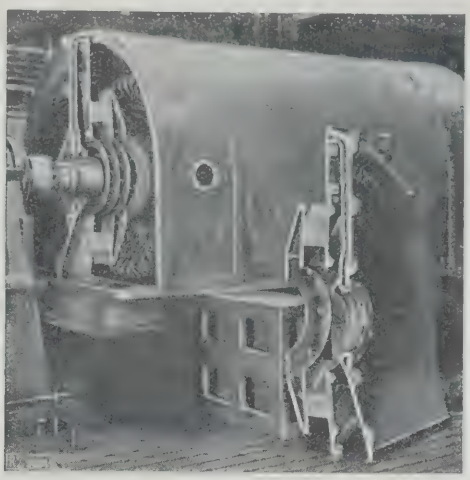


**Abb. 10 und 11**
Lüfter für Stromerzeuger mit doppeltem Lufteintritt.

iteren Kappe führt ein biegsames Kabel zur andern urchführung. Das Ganze sitzt bis zur angegebenen Höhe . Öl. Bei Überstrom verdampft der Schmelzstreifen; die itenden Metalldämpfe erhalten die Stromleitung noch auf- cht, jedoch wird der bewegliche Teil durch den hohen ruck in der Kammer geschoßartig nach unten herausgetrie- n, Abb. 8. Der Unterbrechungs-Lichtbogen setzt erst n, wenn die obere Kappe des beweglichen Teiles den nteren Rand der Hülse verläßt. Die hohe Geschwindig- eit des herausgetriebenen Teiles sowie die ausströmenden ase bewirken ein Abreißen des Lichtbogens in 0,01 s. Da asdruck und Ausschaltgeschwindigkeit linear mit dem nterbrochenen Strome wachsen, ist die Ausschaltzeit für lle Ströme fast gleich.

Der beschriebene Teil des Schalters ist bei allen Aus- ihrungen zwischen 3 kV und 60 kV gleich. Beim 5 kV-Schalter ist die Gesamtanordnung aus Abb. 9 zu rsehen. Ein unten verschlossener Stahlzylinder (für 50 kg/cm² inneren Überdruck berechnet) ist innen mit solierstoff ausgekleidet und dient als Schaltergehäuse. Im )eckel sitzen die beiden Durchführungen, deren eine die ;chaltkammer trägt. Eine Hilfseinrichtung benutzt die eim Abschalten auftretende starke Ölbewegung zum Um- ippen eines Gewichts, das zum Auslösen von Signalen i. dgl. dient.

Die Abmessungen des Schalters sind für Stromstärken wischen 1 und 3500 A gleich, lediglich der Schmelzstreifen st anders. Sein Querschnitt kann für die verschiedensten Auslösebedingungen in einfacher Weise berechnet werden. ür Spannungen von 3 bis 15 kV hat der Schalter die Form ach Abb. 9 mit einfacher Unterbrechung. Für 30 und 50 kV erhält er Zweifachunterbrechung. Der Schalter be- wältigt eine Abschaltleistung von 100 000 kVA. Bei einem Scheitelwert des unterbrochenen Stromes von 10 000 A be- rägt der Druck der Metalldämpfe in der Kammer vor dem Herausschleudern des beweglichen Teiles rd. 45 kg/cm². Er sinkt linear mit dem Strome auf rd. 1 kg/cm² bei 200 A.

Unbequem ist das Wiedereinschalten nach dem Auslösen, weil der bewegliche Teil am Boden im Öl liegt. Nach Abnahme des Deckels und Entfernung der Schraube läßt sich ein neuer Schmelzstreifen einsetzen. Zur Vermeidung einer längeren Stromunterbrechung wird die Bereitstellung eines ganzen Schalters empfohlen, der gegen den unterbrochenen Schalter ausgewechselt wird.

Die Maße eines einpoligen Schalters für 30 kV mit Zweifachunterbrechung betragen: Höhe einschließlich Isolatoren 1590 mm, Kesseldurchmesser 320 mm, Mittenabstand der Isolatoren am oberen Ende 560 mm. Die Schalter können dieser auffallend kleinen Abmessungen wegen ohne Schwierigkeiten mit vorhandenen Ölschaltern ungenügender Schaltleistung in Reihe geschaltet werden. Betriebsschaltungen führt man dann mit dem vorhandenen Ölschalter aus, während Überströme und Kurzschlüsse durch den neuen Schalter bewältigt werden. [M 3292] —*ald.*

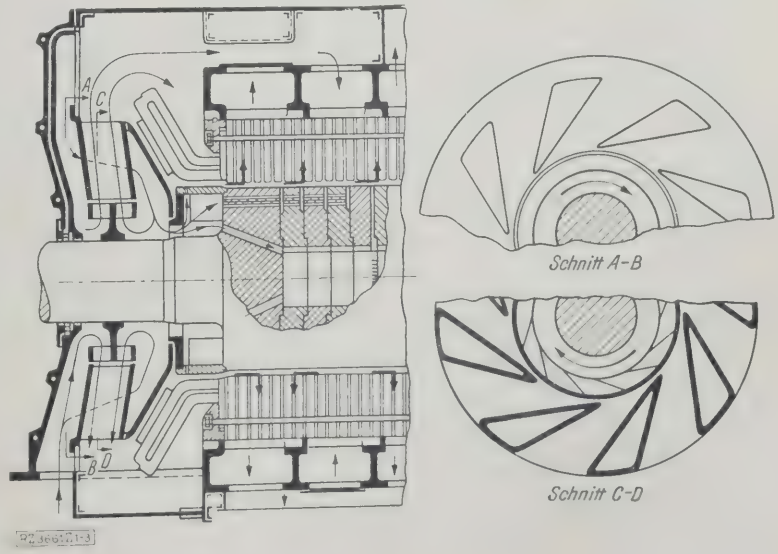



**Abb. 12 und 13**
Lüfter und Diffusor der Bauart nach Abb. 10 und 11 an einem Turbostromerzeuger für 12 500 kVA und 3600 U/min von Westinghouse.

## Neuartiger Lüfter für Stromerzeuger

Für die Lüftung großer Turbostromerzeuger mittels eingebauter Lüfter wendet die Westinghouse Electric and Manufacturing Co. neuerdings die in Abb. 10 und 11 dargestellte Lüfterbauart an. Die auf die Läuferwelle gepreßte Nabe trägt beiderseits die Lüfterflügel, so daß Eintritts- und Austrittsquerschnitt ohne wesentlichen Platzaufwand verdoppelt werden und der Außendurchmesser des Lüfters und dementsprechend die Umfangsgeschwindigkeit klein bleiben. Rund um den Lüfter ist der Diffusor angeordnet. Der Wirkungsgrad des Doppeleintrittlüfters soll bis zu 55 vH betragen. Abb. 12 und 13 zeigen einen derartigen Lüfter bei einem Turbostromerzeuger für 12 500 kVA, 3600 U/min, 60 Hertz; für einen Stromerzeuger von 75 000 kVA, 1800 U/min ist ein Lüfter gleicher Ausführung im Bau.
[M 3661] *Pa.*

# *Werkstoffe*

## Über die Zweistoffsysteme Eisen-Bor, Eisen-Beryllium und Eisen-Aluminium[1])

### Das Zweistoffsystem Eisen-Bor

Die thermisch-mikroskopische Bestimmung des Gleichgewichtsdiagramms Eisen-Bor läßt sich wegen der geringen Reinheit des erreichbaren Bors nur mit Schwierigkeiten durchführen. Es bleibt nichts andres übrig, als den Einfluß der gefährlichsten oder am stärksten vertretenen Verunreinigungen für sich zu bestimmen und eine Extrapolation auf reine Legierungen vorzunehmen. Das Ergebnis erreicht aus diesem Grunde nicht denjenigen Grad von Zuverlässigkeit, der bei sorgfältigen Arbeiten gewöhnlich gewährleistet werden kann. Die daher besonders erwünschte Bestätigung wurde durch eine eingehende Röntt-

[1]) *F. Wever* und *A. Müller*, Mitt. d. Kaiser-Wilhelm-Inst. f. Eisenforschung Bd. 11 (1929) S. 193.

genstrukturanalyse beigebracht. Das Zustandsschaubild, Abb. 14, dürfte in allen wesentlichen Punkten die Verhältnisse richtig wiedergeben.

Aus den Schmelzen scheiden sich bis 1,9 vH B gesättigte δ-Mischkristalle aus; der bei 1381 ° gesättigte Mischkristall C enthält 0,15 vH B. Bei 1381 ° tritt eine peritektische Umsetzung mit einem γ-Mischkristall von etwa 0,10 vH B ein. Zwischen 1,9 und 3,8 vH B scheidet sich längs *DE* ein γ-Mischkristall aus, dessen Sättigungsgrenze zwischen 0,10 vH B und 1381 ° und 0,15 vH bei der eutektischen Temperatur von 1174 ° verläuft. Aus den übereutektischen Schmelzen zwischen 3,8 und 8,9 vH B kristallisiert längs *EU* eine Verbindung $Fe^4B^2$. Der Verlauf der Kristallisation im Bereich von 9 vH B wird durch die thermische Analyse nicht eindeutig festgelegt; es ist nicht ausgeschlossen, daß die Verbindung $Fe_4B_2$ entgegen der Fassung des Zustandsdiagramms unzersetzt schmilzt. Die Legierungen mit Gehalten von 9 bis 16,2 vH B bilden heterogene Gemenge der Verbindung $Fe_4B_2$ mit einem weiteren Borid FeB.

Im Gegensatz zum Kohlenstoff bewirkt das Bor in den sehr engen Grenzen seiner Löslichkeit eine Verschiebung der polymorphen Umwandlungen des Eisens $A_3$ und $A_4$ nach der Seite der flächenzentrierten Phase hin; die $A_3$-Umwandlung wird durch Bor auf 915 ° erhöht und die $A_4$-Umwandlung auf etwa 1387 ° heruntergedrückt. Daraus folgt auf Grund der Phasenregel, daß die Löslichkeit des Bors in der raumzentrierten Kristallart des Eisens größer sein muß als in der flächenzentrierten Form. Ein weiterer wesentlicher Unterschied besteht darin, daß das Bor in seiner festen Lösung mit dem α-Eisen den Gitterparameter verkleinert. Daraus folgt eindeutig, daß das Bor mit dem α-Eisen einen gewöhnlichen Substitutionsmischkristall bildet.

Das Eisenborid $Fe_4B_2$ wurde einer vollständigen Strukturanalyse mit Hilfe von Drehkristallaufnahmen unterworfen, deren Ergebnis in Abb. 15 dargestellt ist. Das Borid $Fe_4B_2$ kristallisiert in der tetragonal-skalenoedrischen Raumgruppe $V_d^{11}$ mit zwei Molekülen $Fe_4B_2$ im Elementarkörper. Die Eisenatome nehmen eine achtzählige Punktlage mit zwei Freiheitsgraden auf den Ebenen (110) und (110) ein, derart, daß je vier von ihnen ein reguläres Tetraeder mit den Ecken und der Raummitte des Elementarparallelepipedes als Schwerpunkten bilden. Die Boratome sind in den Mittelpunkten dieser Tetraeder, auf der Mitte der *c*-Achsen und der Basisflächenmitte untergebracht.

Die Verwandtschaft dieser Struktur mit dem Feinbau des reinen Eisens tritt besonders deutlich in Erscheinung, wenn man beachtet, daß die Basis des flächenzentrierten γ-Eisens ebenfalls ein reguläres Tetraeder von der Kantenlänge $\frac{a}{\sqrt{2}}$ bildet. Die gleiche tetraedrische Basis der Eisenatome findet sich bei dem Eisenborid $Fe_4B_2$ mit nahezu

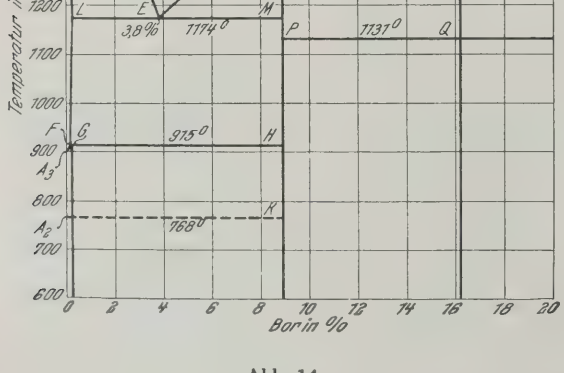



**Abb. 14**
Das Zustandsschaubild Eisen-Bor.

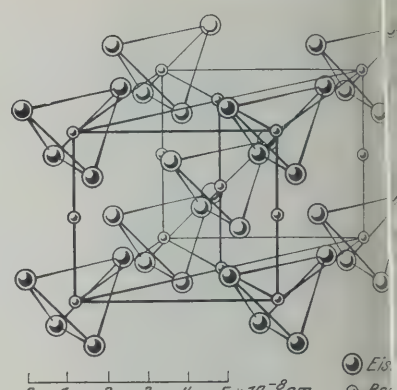



**Abb. 15**
Struktur des Eisenborides $Fe_4B_2$.

unveränderten Abmessungen und einem Boratom in de Mittelpunkt wieder, während im übrigen der kubische G samtaufbau durch den Eintritt der Boratome auf tetrag nale Symmetrie heruntergedrückt wird. Das Borid Fe zeigt tetragonale Symmetrie mit 16 Molekülen im Eleme tarbereich.

Die Gleichgewichtsdiagramme

**Eisen-Beryllium und Eisen-Aluminium**

wurden unter Beschränkung auf die Eisenseite nach de Ergebnissen thermischer und mikroskopischer Untersuchu gen neu entworfen. Beide Systeme gehören zu der Grupp von Eisenlegierungen mit vollständig geschlossenem Ex stenzgebiet des γ-Eisens. Die Mischkristalle des α-Eise mit Beryllium und Aluminium sind ebenfalls durch Ato substitution gebildet. [M 3570]

Düsseldorf *F. Wever*

## Über Kupfer-Aluminium-Legierungen

*Ernest Morlet*[1]) hat die kupferreichen Kupfer-Alum nium-Legierungen, und zwar vor allem den Einfluß v Zusätzen, wie Mangan, Zinn, Kobalt, auf die Konstituti sowie auf einzelne physikalische und mechanische Eige schaften untersucht.

So bildet in den Kupfer-Aluminium-Legierungen m 83 bis 89 vH Kupfer das Mangan Lösungen mit den α- u γ-Bestandteilen und tritt somit nicht als besonderer Gefüg anteil auf. Mit wachsendem Manganzusatz von 1,05 b 5,82 vH verschiebt sich die eutektoide Umwandlung bei Erhitzen von 470 bis 550 ° auf 470 bis 650 °. Bei lan samer Abkühlung sinkt sie von 480 auf 450 °; bei schnell Abkühlung in Luft sogar bis auf 300 °, und beim A schrecken in Wasser erhält man Martensit. Die Brine härte nimmt ebenfalls mit steigendem Manganzusatz zu, u zwar von 95 bis auf 130, in derselben Weise wächst au der elektrische Widerstand.

Bei Kupfer-Aluminium-Legierungen mit weniger a 8 vH Aluminium geht hinzugefügtes Zinn, wenn es g ringer als 6 vH ist, in Lösung. Bei größerem Zinnzusa tritt in angelassenen Stücken sowie in Gußstücken e neuer Bestandteil δ auf; dieser hat ein glänzend weiß Aussehen mit granuliertem blauen Grund im Zentrum d Kristalle. Der α-Bestandteil befindet sich in Form fein Nadeln, die aber kein Martensit sind, auf einem dunkl Grund, der aus dem γ-Gefüge besteht. Zinn beeinflußt d Umwandlungstemperatur beim Abkühlen nur wenig. We den diese Legierungen in Wasser abgeschreckt, so erhä man Martensit, wobei der δ-Bestandteil in Lösung geh durch Anlassen auf 600 ° tritt er wieder in Erscheinun

In Legierungen mit 90 vH Kupfer und 10 vH Alum nium ändert ein Zusatz von Kobalt die Lage des Umwan lungspunktes nicht. Kobalt bis zu 1,27 vH geht im α-G füge in Lösung; bei höherem Anteil bis zu 1,66 vH lö es sich in α + Eutektoid. Bei höheren Zusätzen tritt e neuer Bestandteil auf, und zwar bei α in Form v Nadeln und bei α + Eutektoid als weiße Kristalle. Dur Abschrecken geht er bei α nicht in Lösung, wohl aber ve schwindet er durch Abschrecken von 900 ° bei α + Eute toid; im letzteren Falle tritt dann die martensitische Stru tur auf. [N 3761]

Berlin *A. Schulze*

[1]) Compt. rend. Bd. 189 (1929) S. 102.

# Kleine Mitteilungen

### Das Heizkraftwerk der Stadt Winnipeg

Die schweren Stürme im Sommer 1922, die die Versorgung der Stadt Winnipeg mit Kraft und Licht von dem 7 km entfernten Wasserkraftwerk Point du Bois lahmlegten, veranlaßten die Stadtverwaltung, ein Aushilfskraftwerk im Innern der Stadt zu errichten, das im Winter zugleich als Heizwerk dienen sollte. Im Oktober 1924 wurde das Werk in Betrieb genommen.

Die Kesselanlage besteht aus drei 1020 m²-Wasserrohrkesseln mit Kohlenstaubfeuerung, die je 38,5 t/h Dampf von 21,5 at erzeugen können, ferner aus drei 7500 kW-Elektrokesseln von je 9,5 t/h Dampfleistung und dem gleichen Dampfdruck. Die Elektrokessel gleichen die Belastung des Wasserkraftwerks aus und liefern außerdem im Winter Heizdampf zusammen mit den Kesseln mit Kohlenstaubfeuerung. Im vergangenen Jahr konnte man auf diese Weise 1 000 000 kWh Überschußenergie ausnutzen und hierdurch den Ausnutzungsgrad des Wasserkraftwerks von 50 auf 70 vH erhöhen. Die Kraftanlage des Wärmekraftwerks besteht aus zwei Turbodynamos von je 5000 kW und einer Turbodynamo von 1000 kW Leistung.

Das Heizwerk beliefert 184 Abnehmer auf einer Fläche von 1035 × 690 m² mit Heizdampf von 3,86 at und 19,5 ° Überhitzung an dem Verteiler. Der Dampfverbrauch eines jeden Hauses wird durch Kondensatmessung festgestellt. Die Dampfkosten der Abnehmer betragen im Mittel eines Heizabschnittes 9,80 ℛℳ/t. („Engineering“ 15. November 1929 S. 609*) [N 3820 a] *Le.*

### Wasserkraftanlage in Korea (Chosen)

In Korea ist eine Wasserkraftanlage im Entstehen, die mit 260 000 PS die größte in Ostasien zu werden verspricht. Das Wasser des Fusenkoflusses, dessen Quelle etwa 1800 m hoch liegt, wird durch einen 76 m hohen Damm in einem Staubecken von 700 Millionen m³ Inhalt gesammelt und gelangt über drei Wasserscheiden mit 1020 m Gesamtgefälle zu drei Krafthäusern. Der hier erzeugte Strom wird über drei 100 kV-Leitungen von 61 km Länge weitergeleitet und soll zum Erzeugen von Stickstoffdünger (300 000 t im Jahr) dienen.

Der Bau der Anlage wurde 1926 begonnen, ist in drei Stufen geteilt und nicht nur wegen der großen Leistung bemerkenswert, sondern auch wegen des 27 km langen Stollens und des Gefälles von 710 m in der ersten Stufe, der Druckrohrleitung und der Ausführung. Der Staudamm aus Beton ist 398 m lang und bis zu 56 m dick. Der vom Einlaß bis zum Wasserschloß der ersten Stufe führende Stollen mit hufeisenförmigem Querschnitt ist 4 m hoch und 3,7 m breit. Die drei Ausbaustufen, von denen die erste jetzt fertiggestellt ist, haben je ein Krafthaus. In dem ersten befinden sich vier Gruppen mit 180 000 PS, in dem zweiten zwei Gruppen mit 55 000 PS Gesamtleistung und in dem dritten eine Gruppe von 25 000 PS. (Engineering News-Record 31. Oktober 1929 S. 678*) [N 3820 b] *W. B.*

### Dämpfer für Drehschwingungen

Bis zu einem gewissen Grade kann man Drehschwingungen von Motorkurbelwellen dadurch dämpfen, daß man zwischen die Kurbelwelle und irgendeinen damit verbundenen Teil von größerer Masse Gummipuffer legt. Beim Motor der Franklin Motor Car Co. wird der Sirocco-Ventilator für den Betrieb der Luftkühlung mittels einer nachgiebigen Gummischeibe mit Gewebeeinlagen an die Kurbelwelle angeschlossen. Mehrfach hat man auch schon eine merkliche Verbesserung in der Ruhe des Motorlaufs dadurch erzielt, daß man das Motorschwungrad mittels nachgiebiger Gummibüchsen mit der Kurbelwelle verbunden hat. Bei dem neuen Acedes-Motor von 16/50 PS, der kürzlich in der Olympia-Ausstellung zu London vorgeführt wurde, liegt zwischen dem Flansch der Kurbelwelle und der Schwungscheibe, die auf diesem Flansch genau zentriert sein muß, ein dünner Bronzering, damit die beiden Stahlflächen nicht fressen. Die im Flansch der Kurbelwelle genau eingepaßten Befestigungsbolzen haben im Schwungrad Spiel, das die Gummibüchsen ausfüllen. Die Befestigungsmuttern erhalten federnde Unterlegringe, damit sie nicht zu scharf angezogen werden können. („The Automobile Engineer“ 7. November 1929 S. 397/432*) [N 3820 c] *H.*

### Elektrische Zugförderung in Amerika

Eine Umfrage der National Electric Light Association bei 20 amerikanischen Eisenbahngesellschaften über die Erfahrungen mit dem elektrischen Zugbetrieb hatte ein durchaus günstiges Ergebnis. So konnten z. B. die Kanadischen Staatseisenbahnen infolge beschleunigten Verkehrs und größerer Zuggewichte ihre Betriebsleistungen verdoppeln. Bemerkenswert ist, wie stark der Stromverbrauch für die Beförderungseinheit bei den einzelnen Bahnen je nach den Streckenverhältnissen von einander abweichen. Sie betragen z. B. für 1 Wagen-km bei der New York, New Haven und Hartford-Bahn 4,65 kWh, bei der Rocky Mountains-Bahn 1,5 kWh; für 1000 tkm im Güterverkehr werden auf der Rocky Mountains-Bahn 15 kWh, bei der Norfolk & Westernbahn dagegen 56 kWh verbraucht. Die Gleislänge der Strecken in den Vereinigten Staaten von Amerika mit elektrischem Betrieb betrug Ende 1928 6850 km, ihr jährlicher Gesamtstromverbrauch 1625 Mill. kWh. („Electrical World“ 2. November 1929 S. 887) [N 3820 d] *Ro.*

### Lärmbekämpfung an Untergrundbahnwagen

Der Ersatz der Gleitlager durch Kugellager, der Zahnräder durch Schneckengetriebe und die getrennte Aufhängung und Schaltung der Motoren an Untergrundbahnwagen haben den Lärm nur unwesentlich vermindert; die hauptsächlichsten Lärmquellen sind vielmehr andre, wie jahrelange Versuche der Londoner Untergrundbahn ergeben haben. Den größten Lärm verursachen das Räderrollen, die Seitenwände, das Dach und die Fenster. Zur Abhilfe sollten die Fenster klein bemessen, alle Verbindungsstellen mit Asbesteinlagen versehen, der Wagenboden doppelt und mit Korkeinlage ausgeführt werden. Die Gleise sind möglichst tief in Schotter einzubetten, die Räder auf der rechten Seite in der Fahrtrichtung zweckmäßig mit schalldämpfenden Schutzblechen zu umkleiden. („Engineering News-Record“ 31. Oktober 1929 S. 689) [N 3820 e] *Ro.*

### Englisches Kleinluftschiff

Nachdem man in den letzten Jahren in Amerika und Deutschland mehrere Kleinluftschiffe gebaut hat, ist jetzt auch in England von der Airship Development Co., London, ein Prallluftschiff mit rd. 1700 m³ Gasinhalt, 42 m Länge und 8,85 m größtem Durchmesser fertiggestellt worden. In der einem Flugzeugrumpf ähnlichen Gondel für zwei Personen ist vorn ein ABC-Hornet-Motor von 75 PS mit Luftkühlung eingebaut. Die Höchstgeschwindigkeit beträgt 80 km/h und die Reisegeschwindigkeit bei 15 h Flugdauer 56 km/h. Hinten unten am Tragkörper ist das Seitensteuer und darüber in der Mitte sind auf beiden Seiten Höhen- und Tiefensteuer eingebaut. („Flight“ 8. November 1929 S. 1182*) [N 3820 f] *Gw.*

### Magnetischer Rollgang für Walzwerke

Ein magnetischer Rollgang besteht aus mehreren in 0,9 bis 1,2 m Abstand angeordneten von je einem Elektromotor in Umdrehung versetzten magnetischen Rollen und dazwischen liegenden festen Führungsstücken. Jede Rolle besteht aus einer unmagnetischen zylindrischen Hülse, in der ein fester Magnet eingebaut ist. Die magnetische Kraft gibt den fortzubewegenden Gegenständen, wie Knüppeln, Rohren u. a. eine zusätzliche Bewegung.

Ein Hüttenwerk in Ohio hat für elektrisch geschweißte Rohre einen solchen Rollgang in Betrieb genommen, der abwechselnd mit einem Rollgang älterer Bauart vom Warmbett aus bedient wird. Das Warmbett besteht aus zwei getrennten Teilen. Die Rohre werden ihm über einen in der Mitte angeordneten Auslauf zugeführt, der abwechselnd den rechten und den linken Teil versorgt. Eine Zahnstangen-Abschiebevorrichtung[1]) bewegt die Rohre auf dem Warmbett langsam von innen nach außen, wo sich links und rechts die beiden Rollgänge anschließen. („The Iron Age“ 7. November 1929 S. 1247/48*) [N 3820 g] *Sd.*

[1]) Vergl. hierzu Z. Bd. 73 (1929) Nr. 38 S. 1333.

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 322. H.: **Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln.** Von *Carl Cleve.* **Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren.** Von *Franz Levy.* **Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche.** Von *Werner Lohrisch.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 68 S. m. 79 Abb. u. 15 Zahlentaf. Preis 10 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 9 *RM*.

Die drei Arbeiten verfolgen an der Hand von Modellversuchen die Bewegungen strömender Mittel an Heizflächen und deren Einfluß auf den Wärmeübergang. Die bereits im August 1927 abgeschlossene Arbeit von *Cleve*[1]) gibt einen allgemeinen Einblick in das Wesen des Wasserumlaufes; eine zahlenmäßige Übertragung der unter den sehr vereinfachten Versuchsbedingungen gewonnenen Ergebnisse auf den praktischen Kesselbetrieb ist allerdings, wie der Verfasser selber betont, nicht möglich. Dieser Mangel haftet allen bisher zur Erforschung des Wasserumlaufes durchgeführten Modellversuchen an, deren Wert daher nicht überschätzt werden sollte.

Die Versuche von *Levy* beziehen sich auf Strömungserscheinungen in umlaufenden Kreisrohren sowie bei einem umlaufenden Diffusor. Die zweifellos vorhandenen Beziehungen zwischen dem Bewegungsvorgang beim Fließen eines Mittels durch beheizte umlaufende Rohre und dem Wärmeübergang werden nicht besonders untersucht, dagegen ist die Feststellung von Bedeutung, daß bei gleicher Strömgeschwindigkeit der Druckabfall in umlaufenden Rohren geringer ist als in ruhenden.

Sehr interessant und für die vergleichende Ermittlung des Wärmeaustausches an verschiedenen Heizflächensystemen von erheblicher praktischer Bedeutung sind die Untersuchungen von *Lohrisch;* er hat die *Thomasche* Diffusionsmethode quantitativ ausgebaut, von der Tatsache ausgehend, daß der Übergang eines diffundierenden Gases an die Oberfläche des Modells sich nach demselben mathematischen Gesetz vollzieht wie der Wärmeübergang an eine Wand. [E 3766] *Otte*

[1] Vergl. a. S. 1709 dieses Heftes.

Berichte über betriebswissenschaftliche Arbeiten, 1. Bd.: **Untersuchungen an Holzhobelmaschinen mit umlaufenden Messern.** Von *Carl Bobbe.* **Langlochfräsen in Holz.** Von *Gerhard Harnisch.* **Über die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten.** Von *Fritz Hetzel.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 63 S. m. 146 Abb. und 2 Taf. Preis 14 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 12,60 *RM*.

In der Reihe der Veröffentlichungen von Untersuchungen, durchgeführt am Lehrstuhle für Betriebswissenschaften an der Technischen Hochschule in Dresden unter Leitung von Professor *Sachsenberg,* beginnt Dr.-Ing. *C. Bobbe* mit den Untersuchungen beim maschinellen Hobeln des Holzes[1]). Es werden hier Vorschub-, Drehmoment- und Leistungsmessungen bei verschiedenen Hobelwellen, verschiedenen Messerstellungen und Messerwinkeln bei gleichzeitiger Beobachtung der jeweiligen Schnittleistung durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen, die sowohl für den Maschinenbauer als auch für den Betriebsingenieur gleich wichtig sind, werden am Schluß ausgewertet und daraus die notwendigen Schlüsse für die Praxis gezogen.

Die Untersuchungen von Dr.-Ing. *E. Harnisch* über Langlochfräsen in Holz berücksichtigen Schnittdruck und Vorschub der verschiedenen Fräserformen in Zusammenhang mit der günstigsten Frästiefe[2]). Der Langlochfräser gewinnt eine immer größere Bedeutung und verdrängt die Ausschneidsäge (Dekupiersäge) fast ganz. Die Ergebnisse gewinnen insofern an Bedeutung, als bei den Untersuchungen auch die Fräserformen berücksichtigt werden, indem ein-, zwei- und dreischneidige Fräser einander gegenübergestellt werden und schließlich eine neue Fräserform in Vorschlag gebracht wird.

Ferner berichtet Dr.-Ing. *Fritz Hetzel* über die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten[3]). Die Ermittlung der günstigsten Bedingungen für die Bearbeitung von Span- und Sperrholzplatten ist um so richtiger, weil hier zu den Unterschieden in Holzart und Aufbau noch das Bindemittel hinzukommt, ein Stoff, der mit dem Holz selbst in keinem organischen Zusammenhang steht. Untersucht wird zunächst das Bohren und dann das Stanzen der Platten. Der Verfasser kommt dabei zu dem Ergebnis, daß die Werkzeugformen, wie man sie für das Stanzen von Metall wendet, für Holz vollkommen unbrauchbar sind und sch nun die Formen vor, die auf Grund der durchgeführ Untersuchungen die besten Ergebnisse gezeitigt haben.

Es ist zu wünschen, daß die hier vorliegende Veröff lichung sowohl in den Werkstätten des Maschinenbaues auch in den Betrieben der Holzbearbeitung größte Verb tung findet, damit die Ergebnisse auch entsprechend wertet und der Wirtschaft nutzbar gemacht werden kön [E 3591] *Himmelsbac*

[1]) s. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 46 S. 1651.
[2]) Z. Nr. 43 S. 1538. [3]) Z. Nr 40 S. 1427.

**Die Förderung von Massengütern.** Von *Georg v. Ha stengel.* 2. Bd. 2. T.: Krane und zusammengesetzte F deranlagen. 3. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 33 m. 431 Abb. Preis 24 *RM*.

Ebenso wie der erste Band[1]) erscheint auch der zwe Band des zweiten Teiles vollständig umgearbeitet und st erweitert. Auch hier ist die Bearbeitung der verschiede Abschnitte Sonderfachleuten übertragen worden; auf di Weise war es möglich, jeden Abschnitt mit gleicher Grü lichkeit und Sachkenntnis zu behandeln. Dabei bürgt Persönlichkeit des Herausgebers dafür, daß die notwend Einheitlichkeit durchaus gewahrt bleibt.

Ganz neu hinzugekommen sind die Abschnitte 6 un über die gebräuchlichsten Gerüstformen und die Berechn der Gerüste sowie der Abschnitt 9 über zusammengese Förderanlagen. Besonders die Abschnitte 6 und 7 bie Konstrukteuren wie auch Studierenden eine willkomm Gelegenheit, ihre Kenntnisse auf diesem etwas abs liegenden Gebiet zu vertiefen. Den Kabelkranen, die s ein immer weiteres Betätigungsfeld erobern, ist diesmal ausführlicher Abschnitt gewidmet, während sie in zweiten Auflage nur kurz gestreift waren. *Sa*

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 467.

**Edelguß.** Im Auftrage vom Edelgußverband, G. m. b. herausgeg. von *G. Meyersberg.* 2. Aufl. von „Perlitgu Berlin 1929, Julius Springer. 170 S. m. 129 Abb. P 11 *RM*.

Das vorliegende Buch stellt eine Neuauflage des 1 erschienenen Werkes „Perlitguß" dar. Der Herausgeber im Auftrage des Edelgußverbandes, G. m. b. H., den lungenen Versuch gemacht, das stark angewachsene Schr tum über den Perlitguß im engeren und den Edelguß weiteren Sinne, das in verschiedenen Zeitschriften verstr ist, zu sammeln und die grundlegenden Arbeiten der v schiedenen Forscher in Buchform zusammenzustellen. der Auswahl der Arbeiten kann man sich durchaus einv standen erklären; sie geben zusammen dem an Werkst fragen interessierten Ingenieur die Möglichkeit, sich schn über den heutigen Stand der mit der Erzeugung, Bew tung und Prüfung hochwertigen Graugusses verbunde Fragen zu unterrichten. Auch den Studierenden wird Buch wertvolle Dienste leisten.

Eine Patentübersicht und eine Literaturübersicht möglichen dem Leser ein weiteres Eindringen in einze Sonderfragen. [E 3727] *Lhs*

**Metall- und Legierungskunde.** Von Freiherr *M. v. Schwa* 2. Auflage. Stuttgart 1929, Ferdinand Enke. 323 S. 337 Abb. Preis 29 *RM*.

Nach dem Titel würde man vielleicht eine Beschr bung, wie Legierungen gemacht werden, als wesentlich Inhalt des Buches vermuten. Tatsächlich wird aber e umfassende Metallkunde gebracht, wobei dem allgemein Sprachgebrauch nach auch die Legierungen der reinen talle als „Metalle" zu gelten haben — niemand spricht et von „Legierungsgeld". Durch knappe, klare Darstellun weise ist eine erstaunlich große Stoffmenge über die Nic eisenmetalle auf handlichen Umfang zusammengedrän Der allgemeine Teil bringt u. a. die technisch wichtigs Zweistoff-Zustandschaubilder in guter Vollständigkeit. das Werk als Sonderabdruck aus dem Werk „Chemische Te nologie der Neuzeit" (herausgegeben von *Franz Peters*) scheint, wird darin die mechanische Technologie Metalle nur gelegentlich berührt. Im besonderen Teil w den die Nichteisenmetalle und ihre Legierungen in gro Reichhaltigkeit gebracht; die alphabetische Übersicht e hält auch viele Stahlsorten. Das Verfasser- und Sa register am Schluß macht das Buch zu einem Nachschla werk für jeden, der sich über Einzelheiten aus der Met kunde unterrichten will. Die deutschen Metallnormen s natürlich vollständig berücksichtigt. Für die dritte Aufl

g noch der Wunsch ausgesprochen werden, daß auch die ormten Benennungen und Zeichen (z. B. Bruchdehnung δ l nicht φ) gewählt werden. Auch würde eine Zusammenstellung der viel gebrauchten Abkürzungen, deren Bedeutung nicht überall leicht zu erkennen ist, das Lesen noch eichtern. Druck und Wiedergabe der Gefügebilder sind sgezeichnet. [E 3739] *P. Melchior*

**wirtschaftliche Betonmischung.** Von *Karl Brausewetter.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. 103 S. m. 39 Abb. Preis 4,80 *RM.*

Das kleine Buch berichtet über die Nutzbarmachung ssenschaftlicher Erkenntnisse über die zweckmäßige Gestaltung des Betons im Bereich einer großen Bauunterehmung, im besonderen nach den Möglichkeiten in der Tschechoslowakei und in Deutsch-Österreich. Die Arbeit st besonders erfreulich, weil damit von einem Angehörigen er Industrie gezeigt wird, daß eine wirtschaftliche Anwendung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf diesem Sondergebiet durchführbar ist, so wie dies der Unterzeichnete st langer Zeit anstrebt. Die Abhandlung ist übersichtlich und leicht faßlich durchgeführt. Selbstverständlich sind die Vorschläge von *Brausewetter* im ganzen ir anzuwenden bei sehr großen Bauvorhaben. Bei der usführung einfacher Industriebauten kann in der Regel ielleicht einfacher verfahren werden. Überdies entstehen, enn der vorgeschlagene Weg benutzt wird, allmählich eitgehende Erfahrungen, die örtlich eine wesentliche Einschränkung der Prüfungen ermöglichen.
[E 3723] *Graf*

**ahrzeuggetriebe.** Von *Max Süberkrüb.* Berlin 1929, Julius Springer. 190 S. m. 137 Abb. Preis 25,50 *RM.*

Die Schwierigkeiten, die thermisch schlecht arbeitende egellokomotive durch Turbo-, Diesel- und elektrische Lokootiven zu ersetzen, liegen in der Kraftübertragung. Man at sich daher mit dieser Frage eingehend befaßt[1]); der off ist zumeist jedoch im Schrifttum zerstreut. Der Verasser hat diese verschiedentlichen Veröffentlichungen in einem Buche zusammengetragen, so daß er die einzelnen Vaarten einander gegenüberstellen und vergleichen kann. r versucht, an der Hand von theoretischen Überlegunen, praktischen Erfahrungen und Betrachtungen über ie Betriebsicherheit, den Raumbedarf, Gewichte, Preise und Wirkungsgrad die Brauchbarkeit der einzelnen Übertraungsformen — elektrische, mechanische, Flüssigkeits- und asgetriebe — festzustellen.

Das Hauptaugenmerk richtet sich heute auf die Dieselokomotive. Die Ansicht des Verfassers, daß hier vorzugsweise die elektrische Übertragung mit *Lemp*-Steuerung und as Zahnradgetriebe in Frage kommen, ist verfrüht. Denn s sind mit andern Übertragungsformen, z. B. Gasgetrieben, rst jetzt ernsthafte Versuche im Gange.
[E 3732] *Ro.*

[1]) Vergl. „Diesellokomotiven" von *G. Lomonossoff*, Berlin 1929.

**Das Schiff in der bildenden Kunst.** Von *Friedrich Moll.* Bonn 1929, Kurt Schroeder. 85 S. m. 102 Taf. Preis 90 *RM.*

Das Werk enthält eine Fülle hervorragender aus dem Kunstleben der ganzen Welt gesammelter Abbildungen und ist nicht nur für den Kunstfreund, sondern für jeden bestimmt, der an der Geschichte der Kultur und Technik Anteil nimmt. Die textlichen Erläuterungen bringen dem Ingenieur und dem Altertumsforscher manche wichtige Neuigkeiten, sind aber in erster Linie für den Kulturhistoriker zugeschnitten. Die Sammlung selbst zeichnet sich durch planmäßige Zusammenstellung aus und hat besonderen Quellenwert dadurch, daß neben den schon früher benutzten und bekannten Quellen eine ganze Reihe neuer erschlossen worden ist. Von den etwa 4000 Abbildungen sind rd. drei Viertel zum ersten Male nach den Originalen aufgenommen und in dieser Form zusammengestellt worden. Die Sammlung bildet infolge der Vielseitigkeit der einzelnen Gebiete, die nur durch den ganz allgemeinen Gesichtspunkt „das Bild des Schiffes" zusammengehalten sind, eine wertvolle Grundlage für weitere Sonderstudien, die erschöpfend auszuführen einem Einzelnen kaum möglich sein dürfte. Das Werk ist daher besonders für den bestimmt, der in die Geschichte des Schiffbaues, der Kunst, der Technik und ganz allgemein in die Kulturgeschichte tiefer eindringen will. [E 3751] *Brühl*

**Die Illustrationsverfahren.** Von *Otto Krüger.* 2. Aufl. Leipzig 1929, F. A. Brockhaus. 372 S. m. 265 Abb. u. 90 Taf. Preis 33 *RM.*

Die zweite Auflage — die erste Auflage ist in Z. Bd. 61 (1917) S. 489 ausführlich gewürdigt worden — stellt mit ihrem nach Text und Abbildungen wesentlich vergrößerten Inhalt einen von kundiger Hand geschriebenen zuverlässigen Führer auf allen bis heute zu Bedeutung gelangten Gebieten der Bildwiedergabetechnik dar. Der Bedarf an bildlichen Darstellungen zum geschriebenen Wort ist heute nicht mehr allein als „Sprache des Ingenieurs" eine Notwendigkeit. In wohl allen andern Berufs- und Betätigungszweigen des täglichen Lebens ist das vervielfältigte Bild nicht mehr zu entbehren. Dem Fachmann und dem gebildeten Laien — Graphiker, Werbeleiter und Verbraucher von Drucksachen — will das Krügersche Buch die Wahl des für seine Zwecke geeigneten Abbildungsverfahrens erleichtern. Der ausführliche Text und dessen reiche bildliche Ausstattung mit kennzeichnenden Beispielen sowie auch die neunzig nach dem jeweiligen im Text beschriebenen Verfahren hergestellten farbigen Tafeln dürften diesem Zweck in bester Weise gerecht werden. Die Ausstattung des Buches ist vornehm und gediegen. [E 3729]

**The Rôle of Scientific Societies in the Seventeenth Century.** Von *Martha Ornstein.* Chikago 1928, The University of Chicago Press. 308 S. Preis 3 $.

Die im April 1915 infolge eines Unfalls verstorbene Verfasserin gibt eine Übersicht über die Arbeiten der hervorragendsten Männer der Naturwissenschaft und über die wichtigsten wissenschaftlichen Vereine, Gesellschaften und Zeitschriften in den verschiedenen Staaten Europas im 17. Jahrhundert. Eine Betrachtung über das Verhältnis dieser Gesellschaften zu den Universitäten führt sie zu dem Schluß, daß diese, mit Ausnahme der medizinischen Fakultät, damals wenig zur Förderung der Naturwissenschaften beitrugen. Gerade die bedeutendsten Naturwissenschaftler waren ohne irgendwelche Verbindung mit der Universität. Die Träger dieser Arbeiten waren vielmehr in jener Zeit, die den Versuch in die Wissenschaft einführte, die wissenschaftlichen Gesellschaften.
[E 3748] *Ha.*

Forschungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, 321. H.: **Beitrag zur Regelung der Kreiselpumpen und Untersuchungen über die theoretische und wirkliche Förderhöhe.** Von *Wilhelm Siebrecht.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 25 S. m. 37 Abb. Preis 5 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 4,50 *RM.*

**Neue Tabellen und Diagramme für technische Feuergase und ihre Bestandteile von 0 ° bis 4000 ° C.** Von *W. Schüle.* 1. Beiheft zu „Technische Thermodynamik". Berlin 1929, Julius Springer. 116 S. m. 51 Abb. u. 2 Taf. Preis 13 *RM.*

**Vorlesungen über Eisenbeton.** Von *E. Probst.* 2 Bd. 2. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 539 S. m. 61 Abb. Preis 31,50 *RM.*

**Jahresberichte der Gewerbeaufsichtsbeamten und Bergbehörden** für das Jahr 1928. 1. bis 3. Bd. Berlin 1929, Reichsarbeitsministerium. Insgesamt 2715 S. Preis zusammen 15 *RM.*

Handbuch für Eisenbetonbau. 4. Aufl. 1. Bd. 4. Lfg.: **Geschichtliche Entwicklung, Versuche, Theorie.** Herausgeg. von *F. Emperger.* Berlin 1929, Wilhelm Ernst & Sohn. S. 289 bis 384 m. Abb. Preis 6,80 *RM.*

**Die Grundlagen der Betriebsüberwachung in Elektrizitätswerken.** Von *Werner Germershausen.* Leipzig 1929, Hachmeister & Thal. 96 S. m. 119 Abb. Preis 4,80 *RM.*

**Der Einfluß von Oberflächenbeschädigungen auf die Biegungsschwingungsfestigkeit.** Von *Karl Günther.* Berlin 1929, NEM-Verlag. 68 S. m. 40 Abb. u. 11 Tab. Preis 5 *RM.*

Monographien aus dem Gebiete der Fett-Chemie. Herausgeg. von *K. H. Bauer.* 3. Bd.: **Die Öle und Fette in der Textilindustrie.** Von *Herbig.* 2. Aufl. Stuttgart 1929, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft. 451 S. m. 39 Abb. Preis 32 *RM.*

**Probleme der Statik technisch wichtiger orthotroper Platten.** Von *M. T. Huber.* Warschau 1929, Verlag der Akademie der technischen Wissenschaft. 165 S. m. 28 Abb. Preis 8,50 zl.

**Gemeinfaßliche Darstellung des Eisenhüttenwesens.** Herausgeg. vom Verein deutscher Eisenhüttenleute. 13. Aufl. Düsseldorf 1929, Verlag Stahleisen. 728 S. m. 128 Abb. Preis 15 *RM.*

**Zum Gaskursus.** Herausgeg. von *Karl Bunte* und *Arthur Schneider.* Karlsruhe 1929, Selbstverlag des Gasinstituts. 326 S. m. 44 Abb. u. 1 Taf. Preis 12,50 *RM.*

**Das Gas in der deutschen Wirtschaft.** Herausgeg. von *Willi Vollbrecht* und *Rich. Sternberg-Raasch.* Berlin 1929, Reimar Hobbing. 362 S. m. 105 Abb. Preis 18 *RM.*

Sammlung mathematisch-physikalischer Lehrbücher, 26. Bd.: **Das Rechnen mit symmetrischen Komponenten.** Von *Günther Oberdorfer.* Leipzig und Berlin 1929, B. G. Teubner. 74 S. m. 40 Abb. Preis 5 *RM.*

**Theorie und Praxis des logarithmischen Rechenschiebers.** Von *Lothar Schrutka.* 2. Aufl. Leipzig und Wien 1929 Franz Deuticke. 103 S. Preis 4 *RM.*

**Über die Verhältniszahl des Goldenen Schnitts.** Von *Ludwig Kaiser*. Berlin und Leipzig 1929, B. G. Teubner. 123 S. Preis 7,50 *RM*.

**Grimsehls Lehrbuch der Physik.** 1. Bd.: Mechanik, Wärmelehre, Akustik. 7. Aufl. Bearb. von *R. Tomaschek*. Berlin und Leipzig 1929, B. G. Teubner. 700 S. m. 706 Abb. Preis 22 *RM*.

**Handbuch der Experimentalphysik.** Herausgeg. von *W. Wien* und *F. Harms*, unter Mitarbeit von *H. Lenz*. 3. Bd.: 2. T.: Technische Mechanik. Von *Ludwig Föppl*. Leipzig 1929, Akademische Verlagsgesellschaft. 189 S. m. 117 Abb. Preis 19,75 *RM*.

**G. H. A. Kröhnkes Taschenbuch zum Abstecken von Bögen bei Bahnen, Kanälen und Wegen.** 17. Aufl. Bearb. von *R. Seifert*. Berlin und Leipzig 1929, B. G. Teubner. 133 S. m. 21 Abb. Preis 4,60 *RM*.

American Society for Testing Materials. **1929 Supplement to Book of A. S. T. M. Standards.** Philadelphia 1929, A. S. T. M. 293 S. m. Abb. Preis 1,50 $.

*Haeders* Hilfsbücher für Maschinenbau: **Maschinenbaupraxis, Werkstattwinke.** Von *Hermann Haeder*. Herausgeg. von *Walter Haeder*. 3. Aufl. Berlin 1929, Richard Carl Schmidt & Co. 336 S. m. Abb. Preis 15 *RM*.

Autotechnische Bibliothek, 47. Bd.: **Kraftfahrlehre.** Von *Ad. König*. 13. Aufl. Berlin 1930, Richard Carl Schmidt & Co. 436 S. m. 211 Abb. u. 3 Taf. Preis 4 *RM*.

Electricity Supply Commission (Süd-Afrika): **Annual Report of the Commission** for the Year ended 31st December 1928. Johannesburg 1929, Electricity House. 37 S. m. 19 Abb. u. einem Anhang.

**Die Röntgen-Literatur.** 9. T. 1928: Autoren- und Sachregister 1928, Patentliteratur 1928. Herausgeg. von *Hermann Gocht*. Stuttgart 1929, Ferdinand Enke. 356 S. Preis 41 *RM*.

Science Museum Technical Pamphlet No. 1: **The Garret Workshop of James Watt.** Von *H. W. Dickinson*. London 1929, His Majestys Stationery Office. 24 S. m. 6 Abb. Preis 6 d.

RKW-Veröffentlichungen Nr. 48: **Förderwesen in der Keramik.** Bearb. von *Adolf Pohl*. Herausgeg. vom Ausschuß für wirtschaftliche Fertigung beim Reichskuratorium für Wirtschaftlichkeit. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 150 S. m. 133 Abb. Preis 3 *RM*.

Musterbetriebe Deutscher Wirtschaft, 11. Bd.: **Das Schaltwerk der Siemens-Schuckertwerke A.-G., Berlin.** Von *Hans Dominik*. Berlin 1929, Organisation Verlagsgesellschaft (S. Hirzel). 87 S. m. 54 Abb. Preis 2,75 *RM*.

**Arbeitsschulung.** 1. Jg. 1. H. Herausgeg. vom Deutschen Institut für technische Arbeitsschulung (Dinta). Düsseldorf 1929. Preis 3,50 *RM*.

Werkstattbücher, 38. H.: **Das Vorzeichnen im Kessel- und Apparatebau.** Von *Arno Dorl*. Berlin 1929, Julius Springer. 62 S. m. 73 Abb. Preis 2 *RM*.

RKW-Veröffentlichungen Nr. 7: **Seemäßige Verpackung.** 2. Aufl. Herausgeg. vom Ausschuß Verpackungswesen beim AWF. Berlin 1929, Beuth-Verlag. 128 S. m. 59 Abb. Preis 1,20 *RM*.

Sammlung Göschen, 1012. Bd.: **Die Wärmebehandlung Stahles.** Von *O. G. Styrie*. Berlin und Leipzig Walter de Gruyter & Co. 119 S. m. 58 Abb. und 14 Preis 1,50 *RM*.

Sammlung Göschen, 290. Bd.: **Pumpen und Druckwa anlagen.** Von *Rudolf Vogdt*. 5. Aufl. Berlin und zig 1929, Walter de Gruyter & Co. 155 S. m. 117 Preis 1,50 *RM*.

Schriften des Vereins der Zellstoff- und Papier-Chem und -Ingenieure. 19. Bd.: **Das Färben des Papie** Von *M. Gottlöber*. Berlin 1929, Otto Elsner. 27 S. 8 Abb. Preis 2 *RM*.

**Straßenbrücke Köln – Mülheim 1927 bis 1929.** Berlin Wilhelm Ernst & Sohn. 125 S. m. 185 Abb. Preis 20

**Wunder im Weltall.** 4. Folge. Herausgeg. von *Paul bertz*. München 1929, Josef Kösel und Friedrich Pus 387 S. m. Abb. Preis 12 *RM*.

**Deutsche Hochschulstatistik. Sommerhalbjahr 1929.** Hera gegeben von den Hochschulverwaltungen. Berlin Struppe & Winckler. 253 S. Preis 10 *RM*.

**Die Technik als Kulturproblem.** Von *Josef Popp*. M chen 1929, Georg D. W. Callwey. 88 S. Preis 2,50

**La Lavorazione del Filo Metallico.** Von *Angelo Fras* Milano 1929, Ulrico Hoepli. 312 S. m. 418 Abb. Pr 16 Lire.

**Technik voran!** Jahrbuch mit Kalender für die Juge 1930. Herausgeg. v. Deutschen Ausschuß für Technisc Schulwesen und Reichsbund Deutscher Technik. Ber 1930, Deutscher Ausschuß für Technisches Schulwes 239 S. m. Abb. Preis 1 *RM*.

**Der Große Brockhaus.** Handbuch des Wissens in zwan Bänden. 15. Aufl. 3. Bd.: Ble bis Che. Leipzig 1929, F. Brockhaus. 776 S. m. zahlr. Abb. Preis 26 *RM*.

**10 Jahre in der Tschechoslowakei.** S. I. A. 1919 bis 19 Denkschrift des Bratislava Bezirksvereines des Tschec slowakischen Ingenieurvereines. Von *Karl Křivan* 353 S. m. Abb. Preis 80 Kč. — Die Tätigkeit der Republik auf der Donau 1918 bis 1928. Von *V. Morav* 37 S. m. Abb. Bratislava 1929, Verlag des Bezirksv eins des čsl. Ingenieurvereins.

**Meyers Historisch-Geographischer Kalender 1930.** 33. Leipzig 1930, Bibliographisches Institut. 373 Blatt. Pr 4 *RM*.

## *Berichtigungen*

**Die 1 D 2-Drillings-Schnellzuglokomotive der Österreic schen Bundesbahnen**

In dem Aufsatz in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 46 S. 1643, rec Spalte, Zeile 6, muß es statt „und die Verluste außer E griff mit den Wälznocken bringen", richtig heißen, „u die Ventile . . .". [N 3821 a]

**Natürliche Technik**

In Nr. 45 vom 9. November 1929 S. 1618 muß es heiß Abb. 3. „Stengel (Lamium album) . . .", d. h. we Taubnessel. [N 3821 b]

**Schluß des Textteiles**

## *INHALT:*


Seite

Technik im Warenhaus. Der neue Karstadtbau in Berlin-Neukölln. Von *E. Neuberg* . . . . . 1693
Beurteilung der Schmierfähigkeit von Ölen . . . . 1702
Elektrischer Herd mit Sandspeicher . . . . . 1702
Das Fernsehen in Deutschland. Von *F. Noack* . . 1703
Röntgenprüfung, Dauerprüfung, Mikrochemie . . . . 1705
Bestimmung der Brucheigenschaften gekörnter Schleifmittel. Von *C. Krug* . . . . . 1707
Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln. Von *K. Cleve* . . . . . 1709
Christoph Eberle †. Von *E. Heidebroek* . . . . . 1710
Wirtschaftliche Kartoffeltrocknung. Von *K. W. Geisler* 1711
Magnetische Eigenschaften technisch wichtiger Legierungen . . . . . 1715
Rundschau: Neuer Wippkran von Mohr & Federhaff — Betriebserfahrungen mit Oberleitungsomnibussen — Neuere elektrische Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn (Ergänzung) — Hochleistungs-Ölschalter mit Schmelzsicherung — Neuartiger Lüfter für Stromerzeuger — Über die Zweistoffsysteme Eisen-Bor, Eisen-Beryllium und Eisen-Aluminium — Über Kupfer-Aluminium-Legierungen — Kleine Mitteilungen . . . . . 1716

Se

Bücherschau: Modellversuche über den Wasserumlauf in Steil- und Schrägrohrkesseln. Von *C. Cleve* — Strömungserscheinungen in rotierenden Rohren. Von *F. Levy* — Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche. Von *W. Lohrisch* — Untersuchungen an Holzhobelmaschinen mit umlaufenden Messern. Von *C. Bobbe* — Langlochfräsen in Holz. Von *G. Harnisch* — Über die Bearbeitbarkeit von Spanholzplatten und Sperrholzplatten. Von *F. Hetzel* — Die Förderung von Massengütern. Von *G. v. Hanffstengel* — Edelguß. Von *G. Meyersberg* — Metall- und Legierungskunde. Von *M. v. Schwarz* — Die wirtschaftliche Betonmischung von *K. Brausewetter* — Fahrzeuggetriebe. Von *M. Süberkrüb* — Das Schiff in der bildenden Kunst. Von *F. Moll* — Die Illustrationsverfahren. Von *O. Krüger* — The Rôle of Scientific Societies in the Seventeenth Century. Von *M. Ornstein* — Eingänge . . . 17
Berichtigungen: Die 1 D 1-Drillings-Schnellzuglokomotive der Österreichischen Bundesbahnen — Natürliche Technik . . . . . 17


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
Bd. 73 SONNABEND, 7. DEZEMBER 1929 Nr. 49

# Schweißtechnik

## Ziele und Grenzen des Schweißens

*Von Oberbaurat FÜCHSEL, Berlin*

(Hierzu Bildblatt 11.)

*Technische, wirtschaftliche und psychologische Beweggründe in der Entwicklung der Schweißtechnik. Einfluß des Arbeitsverfahrens auf die Wahl des Werkstoffes und der Querschnittsformen für zu verschweißende Bauwerksglieder. Gleichmäßige spannungslose Beschaffenheit und Werkstoffersparnis sind die Ziele der Schweißtechnik. Die Praxis hat ansehnliche Bauwerke von hohem wirtschaftlichem Wert schon geschaffen unter Verzicht darauf, daß man das Erreichte schon als technisch vollkommen ansehen kann. In kunstgewerblichen Leistungen bietet sich freies Feld für Einzelarbeiten ohne Mechanisierung der Arbeitsweise. Abbildungen als Beispiele der Zielsetzung sind beigegeben.*

Die Bedürfnisse des Menschen nach behaglicher und gesicherter Lebensführung, sein Verlangen nach Beherrschen der belebten und leblosen Natur stellen eine Fülle technischer Aufgaben für Kriegs- und Friedenszeiten. Ihre Lösung hat sich in den verschiedenen Zeitaltern den zur Verfügung stehenden Rohstoffen und den nach dem jeweiligen Stand der Naturwissenschaften entwickelten Verarbeitungswerkzeugen angepaßt. Eine wichtige Aufgabe der für die Gestaltung der begehrten Bauwerke und sonstigen Wirtschaftsgüter berufenen Menschen besteht darin, nur soviel Stoffmengen, wie von den im Gebrauch auftretenden Kräften und einer gefälligen Form verlangt werden, in Anspruch zu nehmen.

Auch eine andre Aufgabe, die im Gebrauch beschädigte Stücke wieder instandzusetzen, wird bisweilen, besonders in Zeiten wirtschaftlicher Not, wenn Ersatzstücke schwierig zu beschaffen sind, von großer Dringlichkeit sein und darum einen starken Anreiz zum Entwickeln neuer Arbeitsverfahren enthalten. Solchen Aufgaben gegenüber befindet sich die Schweißtechnik in gutem Entwicklungsgang. Die an Ausbesserarbeiten in der Kriegs- und Nachkriegszeit gewonnenen Erfahrungen führten zu grundlegenden Erkenntnissen, wie bei der Gestaltung geschweißter Konstruktionen in handwerksmäßiger oder industrieller Fertigung vorzugehen sei. Als ein nicht unwesentlicher Antrieb, sich dem Schweißen zu widmen, ist für manchen wohl seit Urzeiten in der Menschenbrust wohnende Freude am Gestalten der Werkstoffe im Feuer zu veranschlagen.

Wer mit dem Entwerfen von Bauwerken und Wirtschaftsgütern betraut ist, strebt danach, die nach den zu übertragenden Kräften notwendige Stoffmenge so anzuordnen, daß innerhalb der einzelnen Glieder des Bauwerks, besonders an Verbindungsstellen, ein gleichmäßiger Spannungszustand herrscht und elastische Relativbewegungen an verbundenen Teilen tunlichst vermieden werden. Im Gebiete des Gießverfahrens ist es bis zu gewissem Grade möglich, diesem Grundsatz Rechnung zu tragen. Nur ist dem Gießer die Größenordnung zusammenhängender Stücke fühlbar begrenzt. Vollkommener arbeitet der Glasbläser, wenn er Gefäße formt und z. B. Henkel im teigigen Zustand anschweißt. Durch nachfolgendes Glühen macht er sein Werk spannungslos. Freilich erlaubt der amorphe, nichtkristalline Werkstoffzustand des Glases nur da Verwendung, wo geringe Kräfte im Gebrauch auftreten.

Für die weitaus größte Zahl aller Konstruktionen im allgemeinen Maschinenbau, im Stahl- und Schiffbau, im Verkehrswesen, Kessel- und Rohrleitungsbau ist nur der Weg gangbar, die herzustellenden Bauwerke aus Teilen zusammenzusetzen und diese miteinander zu verbinden. Bisher bediente sich der entwerfende Ingenieur hierzu vorzugsweise der Verschraubung und Vernietung. In jahrzehntelanger Arbeit sind eine Reihe Querschnittformen und Stoffsorten für diese beiden Arbeitsverfahren mit Berücksichtigung ihres Einflusses auf den Werkstoffzustand entwickelt worden.

Das neue Arbeitsverfahren, das Schweißen, hat zum Ziel, an der Verbindungsstelle zweier Bauwerkteile einen werkstofftechnisch gleichwertigen Übergang von einem zum andern — wie aus einem Guß — herzustellen. Dem Konstrukteur wird Gelegenheit gegeben, seine Einzelglieder, die miteinander stumpf oder in gleichlaufendem Längsmaß zu verbinden sind, in einen stofflichen gleichartigen Zusammenhang zu bringen, ohne daß elastische Bewegung gegeneinander in den Kauf zu nehmen ist. Die Arbeit des Glasbläsers soll durch das Vermögen, große ruhende oder Stoßbelastung aufnehmen zu können, übertroffen werden.

Nach dem heutigen Stande der Schweißtechnik wird die größte Annäherung an das Ziel bei Verbindungen, die auf der elektrischen Widerstandschweißmaschine nach dem Abschmelzverfahren hergestellt werden, erreicht. Darnach reihen sich die beiden Schmelzschweißverfahren mit Gas (Azetylen) und mit dem elektrischen Lichtbogen an. Der Ausgangswerkstoff wird in allen Fällen in den der Schweißstelle anliegenden Zonen überhitzt und somit spröder als zuvor. Die Wiederherstellung des zäheren Ausgangzustandes ist verhältnismäßig leicht durch Ausglühen zu bewirken. Kosten für Ofenanlage und Ofenbetrieb dürfen nicht gescheut werden, wo der Verwendungszweck die Nachbehandlung auf Rückvergütung erheischt.

Die Umwandlung der Schweißstelle selbst, wenn schmelzflüssiger Zustand herbeigeführt wurde, in gleichartige Beschaffenheit mit dem Zustand des Ausgangswerkstoffs ist schwieriger. Es stehen mehrere Mittel zu Gebote. Zunächst Schweißstäbe (Zusatzstoff), legiert für schmiedbare Schweißung, sodann Schutzeinrichtungen gegen die Aufnahme der schädlichen Gase der Luft, Stickstoff und Sauerstoff, die im hocherhitzten Zustand gierig nach Vereinigung mit dem Werkstoff der Schweißstelle streben, end-

lich Nachbehandlung des Gußgefüges in hüttenmännischen Verfahren, durch Behämmern in Rotglut und nachfolgendes Normalglühen (vergl. Din 1606) zwecks Umwandlung in den zäheren Zustand warmverformten Gefüges.

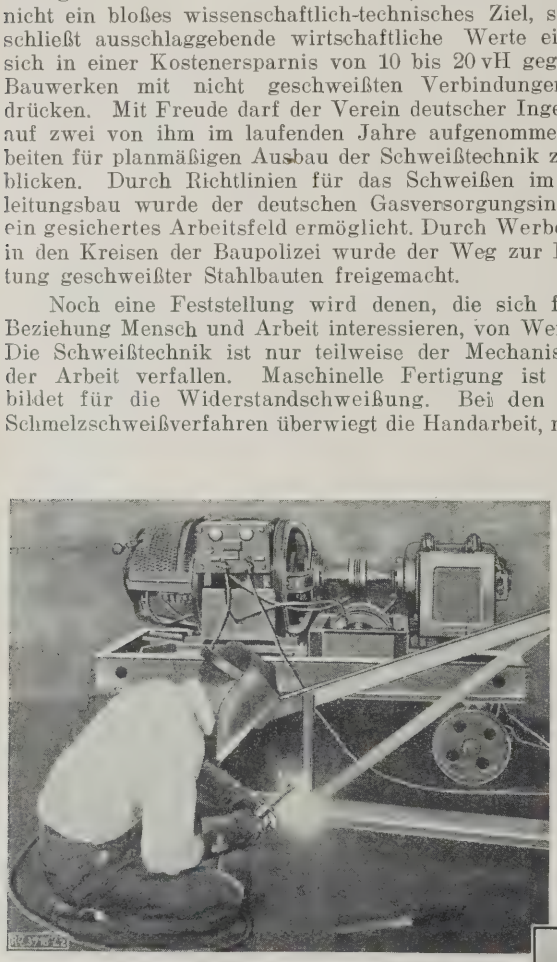
Damit ist die Homogenisierungsarbeit noch nicht vollendet. Die unter dem Einfluß der Schweißhitze eingetretene Wärmedehnung des Werkstückes senkrecht zur Schweißnaht und sein Schrumpfen in der Abkühlperiode können verderbliche Spannungen hervorrufen. Das Arbeitsverfahren selbst birgt Möglichkeiten, rechtzeitige Abführung der unerwünschten Wärmeaufnahme herbeizuführen. Der einzuschlagende Weg richtet sich nach den Bedürfnissen des Einzelfalls. Die Hemmnisse, die sich der Ablieferung einer geschweißten Konstruktion homogener Beschaffenheit entgegenstellen, sind bereits im abgelaufenen Jahrzehnt erheblich vermindert worden. Von der Tatkraft der Schweißfachleute und der Einsicht der Werkstofferzeuger, ihre Querschnittformen und Stoffsorten auf die Eigenart des Schweißverfahrens allmählich umzustellen, ist eine weitere Vervollkommnung bestimmt zu erwarten.

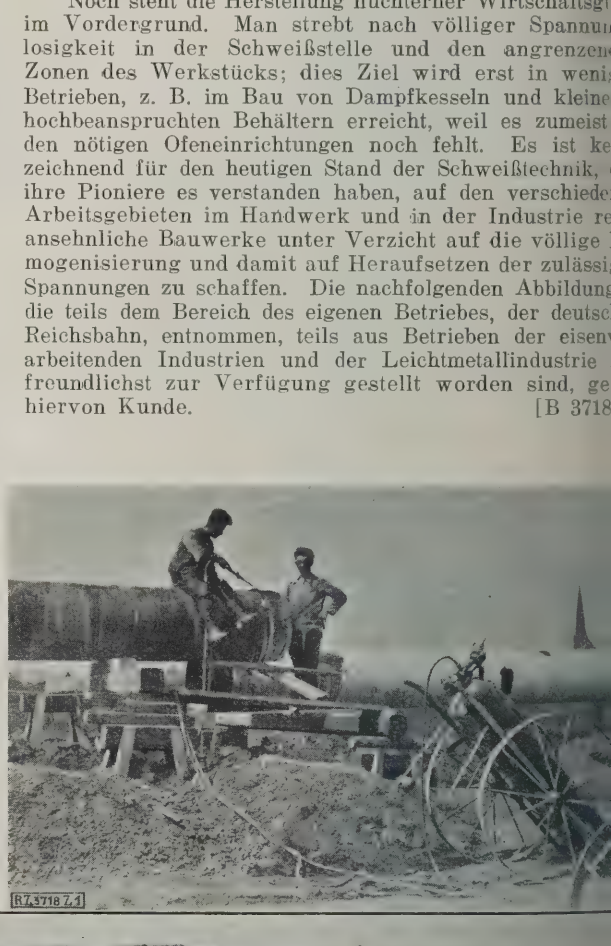
Die Forderung, geschweißten Konstruktionen eine homogene Beschaffenheit zu verleihen, bedeutet natürlich nicht ein bloßes wissenschaftlich-technisches Ziel, sondern schließt ausschlaggebende wirtschaftliche Werte ein, die sich in einer Kostenersparnis von 10 bis 20 vH gegenüber Bauwerken mit nicht geschweißten Verbindungen ausdrücken. Mit Freude darf der Verein deutscher Ingenieure auf zwei von ihm im laufenden Jahre aufgenommene Arbeiten für planmäßigen Ausbau der Schweißtechnik zurückblicken. Durch Richtlinien für das Schweißen im Rohrleitungsbau wurde der deutschen Gasversorgungsindustrie ein gesichertes Arbeitsfeld ermöglicht. Durch Werbearbeit in den Kreisen der Baupolizei wurde der Weg zur Errichtung geschweißter Stahlbauten freigemacht.

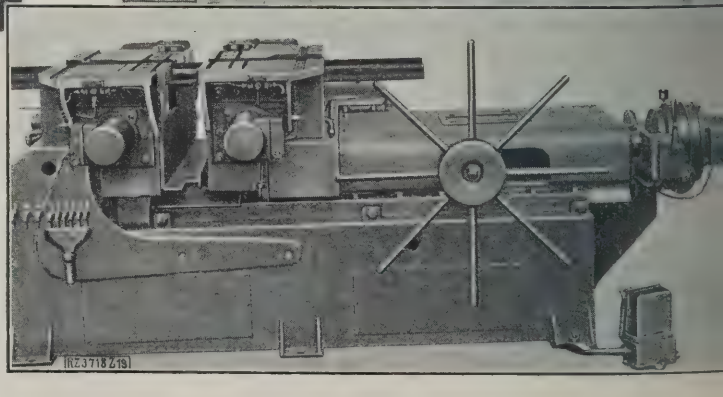
Noch eine Feststellung wird denen, die sich für die Beziehung Mensch und Arbeit interessieren, von Wert sein. Die Schweißtechnik ist nur teilweise der Mechanisierung der Arbeit verfallen. Maschinelle Fertigung ist ausgebildet für die Widerstandschweißung. Bei den beiden Schmelzschweißverfahren überwiegt die Handarbeit, maschinelles Schweißen ist für Reihenarbeit in gewissen Fi möglich und eingeführt, z. B. in der Fertigung von Rol aus Blechen. Genaue Maßhaltigkeit der Werkstücke erforderlich.

Bei allen Schweißverfahren ist eine hohe Anforder an die Zuverlässigkeit des Schweißers zu stellen. D steht die Schweißarbeit in technischen Betrieben etwas seits von der restlosen Mechanisierung. Noch haben Angehörigen des Schweißhandwerks in allen Graden sönlichkeitswerte. Ein weites Feld rein persönlichen beitswertes und freier Form liegt denen offen, die sich kunstgewerblichen Arbeiten befassen wollen, z. B. mit Herstellung von Ornamenten, Inschriften auf Grabpla oder auch plastischer Werke. Die Zahl derer, die Schweißstab wie einen Schreibgriffel zu führen verste und kundig sind, welche Werkstoffe für Platte und Schw stab eine günstige metallurgische Paarung und gefäl Farbwirkung ergeben, ist zwar noch nicht groß, doch w sie sicherlich steigen, wenn Beispiele ausgeführter Ar ten auf Ausstellungen und bei andern geeigneten Gele heiten bemerkbar werden und die Unterrichtsanstalten Kunstgewerbes begreifen, daß Neuland für Heimarbeit andre Arbeitsformen erschlossen ist.

Noch steht die Herstellung nüchterner Wirtschaftsgi im Vordergrund. Man strebt nach völliger Spannu losigkeit in der Schweißstelle und den angrenzen Zonen des Werkstücks; dies Ziel wird erst in weni Betrieben, z. B. im Bau von Dampfkesseln und kleine hochbeanspruchten Behältern erreicht, weil es zumeist den nötigen Ofeneinrichtungen noch fehlt. Es ist ke zeichnend für den heutigen Stand der Schweißtechnik, ihre Pioniere es verstanden haben, auf den verschiede Arbeitsgebieten im Handwerk und in der Industrie re ansehnliche Bauwerke unter Verzicht auf die völlige mogenisierung und damit auf Heraufsetzen der zulässi Spannungen zu schaffen. Die nachfolgenden Abbildung die teils dem Bereich des eigenen Betriebes, der deutsc Reichsbahn, entnommen, teils aus Betrieben der eisen arbeitenden Industrien und der Leichtmetallindustrie freundlichst zur Verfügung gestellt worden sind, ge hiervon Kunde. [B 3718





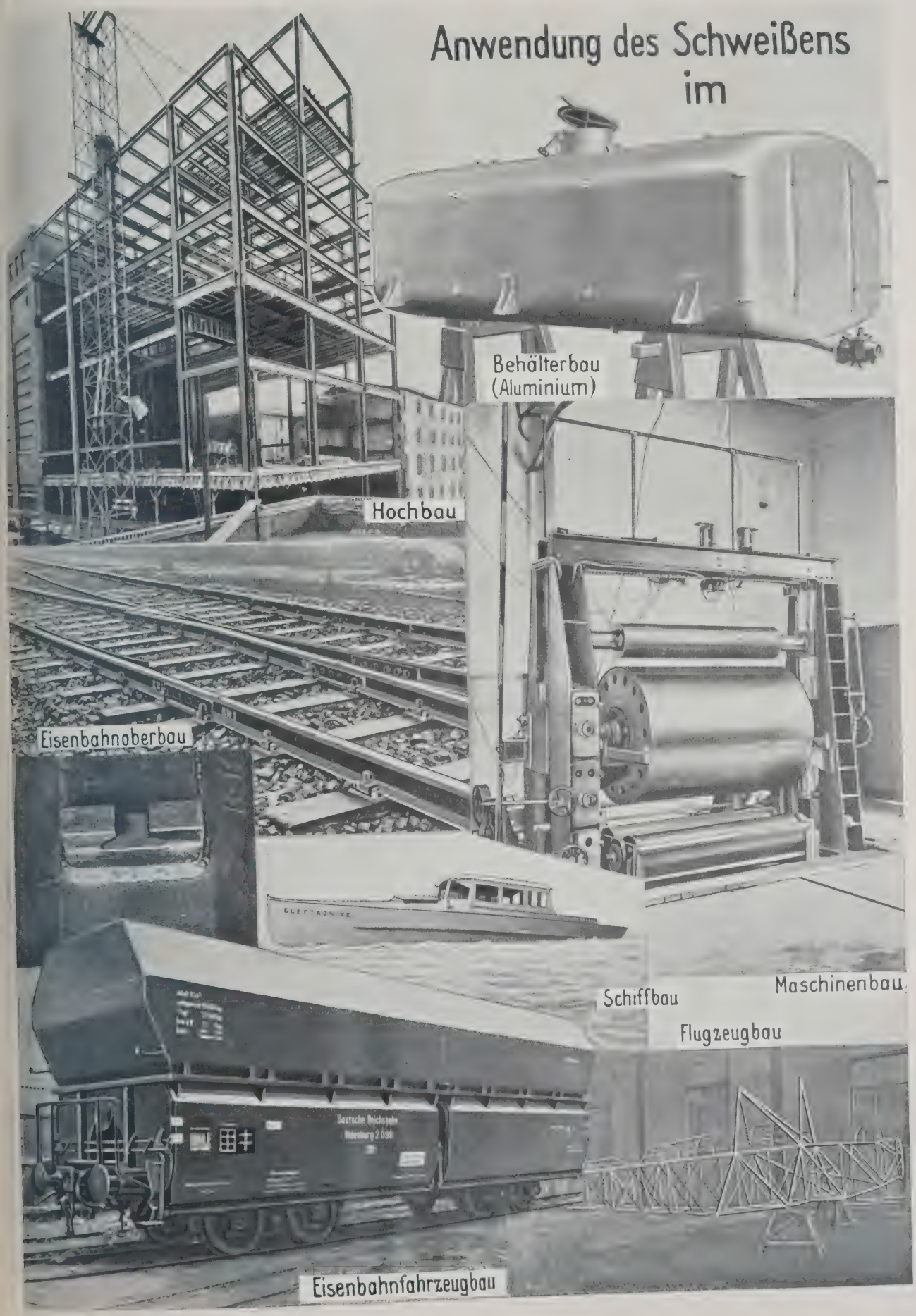



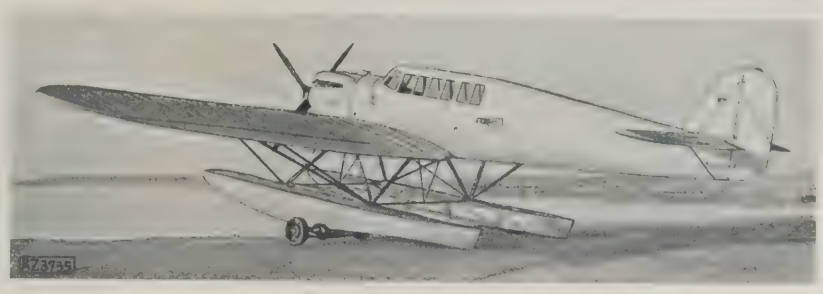

Oben: Lichtbogenschweißer bei der Herstellung eines Dachbinders.

Oben rechts: Gasschweißer beim Anwärmen der Schweißstelle.

Rechts: Schweißen einer Schienenverbindung auf einer Stumpfschweißmaschine.

Füchsel: Ziele und Grenzen des Schweißens





Geschweißtes fünfsitziges Übungsflugzeug für Langstreckenflüge und Funknavigation, Baumuster Heinkel E 10, 246 km/h Geschwindigkeit.

# Geschweißte Konstruktionen im Flugzeugbau / *Von Dr.-Ing. ALFRED KOPPENHÖFER, Warnemünde*

***Die Gemischtbauweise von Flugzeugen wird erklärt und auf die Verwendung geschweißter Konstruktionsgruppen bei dieser Bauweise hingewiesen. Die Eigenheiten der Baustoffe und der geschweißten Konstruktion werden zuerst am Werkstoff, dann an den einzelnen Baugruppen hervorgehoben und zusammenfassend die hauptsächlichsten Vor- und Nachteile dieser Bauart kurz erwähnt.***

Die heute in Deutschland bestehenden Flugzeugbauarten lassen sich leicht nach folgenden Baugrundsätzen zusammenfassen: Reine Holzkonstruktion, Ganzmetallkonstruktion und Gemischtbau[1]). Während man bei der Holz- und der Ganzmetallbauweise die einzelnen Baugruppen der Flugzeuge, Rumpf, Flächen, Leitwerk usw. im großen und ganzen aus den gleichen Werkstoffen baut, hat sich bei der Gemischtbauweise die Konstruktionspraxis so entwickelt, daß einzelne Baugruppen aus Holz, andre aus Duralumin oder andern Leichtmetallen und wieder andre aus Stahl gebaut werden. Eine solche Bauweise hat sich auch bei den Konstruktionen der Firma Ernst Heinkel Flugzeugwerke G. m. b. H., Warnemünde, herausgebildet. Als zweckmäßig wurde erkannt, die Tragflächen in Holzkonstruktion auszuführen, während die Flächen des Leitwerks und der Steuerung, Rumpf, Motorgerüst und Fahrgestell im Fachwerkverband hergestellt werden. Im Gegensatz zu vielen ausländischen Flugzeugbauarten hat sich bei den von den Ernst Heinkel-Flugzeugwerken hergestellten Baumustern die geschweißte Konstruktion bewährt und zu guten Erfolgen der bisher entwickelten Flugzeuge geführt.

Folgende Baugruppen des Flugzeuges bildet man aus geschweißter Konstruktion:

1. Das Motorgerüst, in das das Triebwerk eingebaut wird und das die Zugkraft der Luftschraube auf das Flugzeug überträgt, Abb. 1 und 2.
2. Den Rumpf, der die verschiedenen Baugruppen miteinander verbindet und ihre Kraftbeeinflussung aufeinander zu vermitteln hat, Abb. 3.
3. Die Leitwerkflächen, deren Aufgabe es ist, dem Flugzeug die zur Kurshaltung notwendigen Steuerungskräfte zu übermitteln. Ebenfalls Stahlrohrkonstruktion sind die an den Tragflächen befindlichen Querruder, Abb. 4 und 5.
4. Das Fahr- oder Schwimmergestell, das die Landungskräfte aufzunehmen hat. Bei manchen Baumustern *Heinkelscher* Konstruktion, bei denen die Flügel als Kragträger ausgebildet sind, muß ein Teil der vom Flügel aufgenommenen Luftkräfte während des Fluges vom Schwimmergestell mit übertragen werden, Abb. 6. In ihrer Zusammenwirkung ergeben die Baugruppen die im Titelbild an der Hand eines Eindeckers kennzeichnender *Heinkel*-Konstruktion gezeigten Flugzeugbauarten.

Eine der grundlegenden Fragen bei geschweißten Konstruktionen ist die Werkstoffbeschaffenheit. Der zu Schweißungen erforderliche Stahl wird meist in der Form von Blechen und Rohren verarbeitet, so daß außer den Eigenschaften des für diese Halberzeugnisse verwendeten Ursprungstoffes noch die Veränderungen zu berücksichtigen sind, die der Werkstoff durch die Fertigung erleidet. Diese können die Güte der Schweißverbindung oft ausschlaggebend beeinflussen. So ist es z. B. möglich, daß ein Rohr, das den Anforderungen in bezug auf seine chemische Zusammensetzung entspricht und aus sehr dehnungsfähigem Werkstoff hergestellt wurde, im Ziehvorgang eine so starke Kaltreckung erfahren hat, daß die Festigkeit bei noch genügender Dehnung sehr gute Werte liefert. Das gleiche Rohr wird aber nach der Schweißung seine Festigkeitseigenschaften wesentlich zu seinen Ungunsten verändert haben; denn die hohe Festigkeit ist durch die Beseitigung des gereckten Gefüges verschwunden; es kann vorkommen, daß der Werkstoff den Festigkeitsanforderungen im geschweißten Zustand n i c h t mehr entspricht.

### Schweißen von Rohren

Die in Rohrform zum Einbau kommenden Werkstoffe kann man je nach der chemischen Zusammensetzung, die den Ausgangsstählen eigen ist, in drei Gruppen trennen. Für normale Konstruktionszwecke genügt ein Rohr, das aus einem möglichst phosphor- und schwefelfreien, niedriggekohlten Stahl hergestellt wird und im Ziehvorgang mehrmals zu glühen ist, so daß keine allzu große Kaltverfestigung eintritt und so die Gewähr für gute Festigkeitswerte bei ausreichenden Dehnungen und zuverlässiger Schweißbarkeit gibt. Dieses Rohr hat die fabrikatorisch wertvolle Eigenschaft, daß es nach dem Schweißen keiner Nachbehandlung unterworfen werden muß, wenn der Schweißer die erforderliche Sorgfalt der Herstellung, auf die im Flugzeugbau ganz besonderer Wert zu legen ist, angewendet hat. Man soll den Kohlenstoffgehalt des Rohrwerkstoffes laufend überprüfen, damit vermieden wird, daß er ungewollt auf einen höheren Wert ansteigt. Hierdurch unterbindet man bei Schweißungen das Auftreten harter Zonen in der Nähe der Schweißnaht, die bei Erschütterungen Anlaß zu Brüchen geben können.

Bei höheren Festigkeitsanforderungen werden Rohre mit höherem Kohlenstoffgehalt verwendet, die gegenüber der ersten Sorte die Festigkeitsgrenze von 50 auf 60 kg/mm² zu erhöhen gestatten. Ein solches Rohr stellt an die Güte der Schweißarbeit schärfere Anforderungen, da die Arbeitsbedingungen und das Gefühl des Schweißers durch laufende Strukturprüfungen dahin gebracht werden müssen, in der Schweißung eine gute Durchmischung der Bestandteile zu erreichen, ohne durch kohlenstoffarme Stellen die Festigkeit zu beeinträchtigen. So zeigt z. B. Abb. 7 das Gefüge der Schweißstelle eines Rohres mit 0,4 bis 0,5 vH Kohlenstoff, in der der Kohlenstoffgehalt sehr vermindert wurde, wie man trotz des Überhitzungsgefüges deutlich wahrnehmen kann. Die Festigkeit dieses Rohres im geschweißten Zustand betrug ungefähr 50 kg/mm² gegenüber 70 kg/mm² des Ausgangswerkstoffes. Das Gefüge des gleichen Rohres, gut geschweißt, zeigt Abb. 8. Die Zerreißprobe ergab 70 kg/mm² wie im zugblanken Zustand, ein Beweis, daß durch geeignete Behandlung bei der Schweißung die Ausgangsfestigkeit erhalten wird. Abb. 9 zeigt das Gefüge des Rohrüber-

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 629.

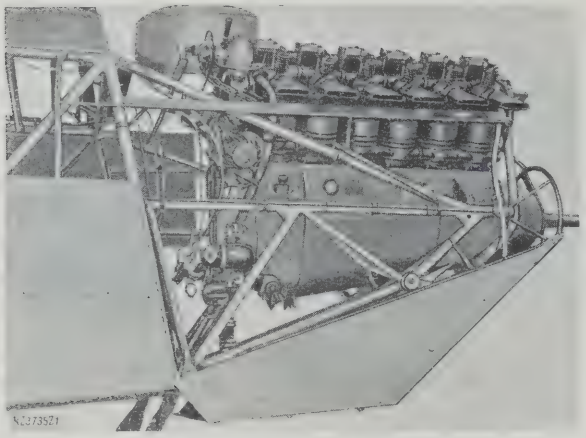


Abb. 1
Motorgerüst und Motoreinbau eines Reihenmotors.

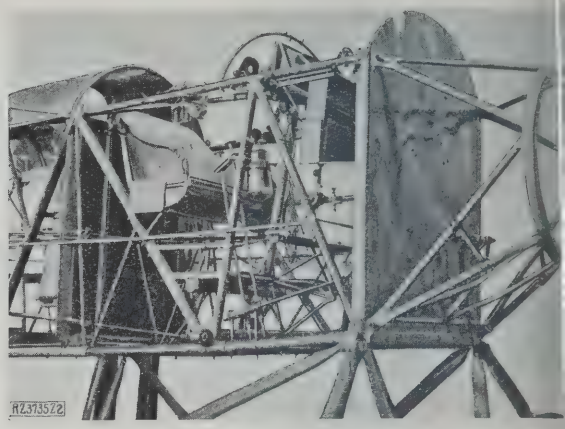


Abb. 2
Motoreinbau und Rumpfvorderteil eines Eindecker mit luftgekühltem Sternmotor.

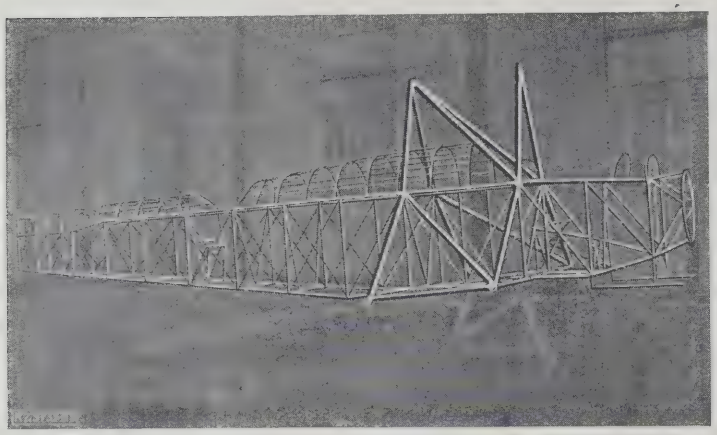


Abb. 3
Rumpf mit Flächenanschluß und Spannturm eines Doppeldeckers.

Abb. 4
Höhenleitwerk, bestehend aus Höhenruder u Höhenflosse.

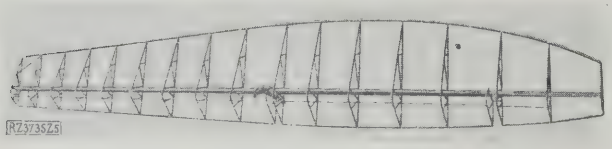


Abb. 5. Querruder.

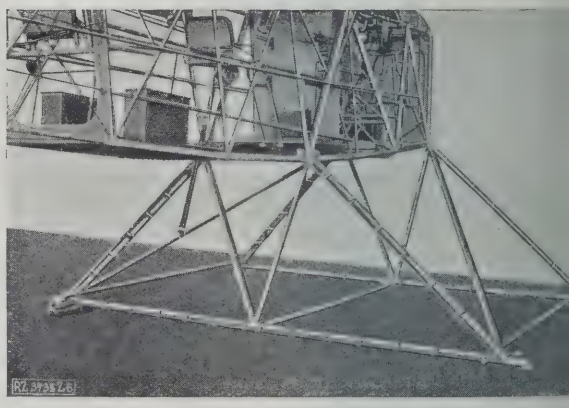


Abb. 6
Schwimmergestell eines Eindeckers, am Rumpf angeschlossen.

Abb. 7 bis 9
Mikroaufnahmen von Schweißungen.

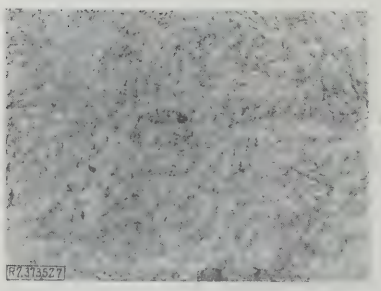


Abb. 7
Schlechte Schweißung, höher gekohlter Rohrwerkstoff.

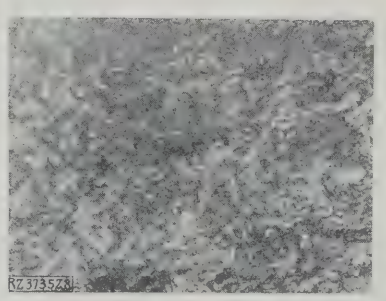


Abb. 8
Gute Schweißung des Rohrwerkstoffes, Abb. 7.

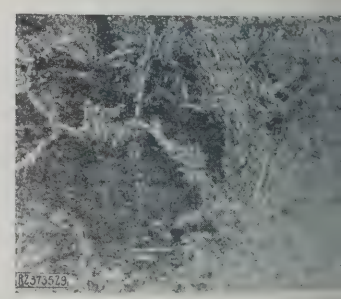


Abb. 9
Übergang des Rohrwerkstoffs i die Schweißung nach Abb. 7.

ges in die Schweißstelle bei schlechter Schwei- — deutlich ist die scharfe Grenze zwischen dem nstoffreichen und dem kohlenstoffarmen Gefüge nbar. Für bestimmte Konstruktionsanforderungen sich die in Abb. 7 bis 9 sichtbare Überhitzung h geeignete Wärmebehandlung wieder rückgängig hen und eine Verfeinerung des Kornes erreichen, die Zustand des ungeschweißten Rohres nahekommt. ist besonders wichtig für Konstruktionsteile, in n die Sprödigkeit eines groben Kornes Ermüdungs- he begünstigen kann.

Für Sonderzwecke oder bei sehr leicht zu bauenden en benutzt man die dritte Sorte von Rohren, deren ndstoff legierter Stahl ist und bei guter Schweiß- keit Festigkeitswerte bis zu 90 kg/mm² als obere nze erreichbar macht. Die Erfahrungen mit diesen hren sind noch zu vereinzelt, als daß hierüber Ge- ueres gesagt werden könnte.

### Schweißen von Blechen

Bei den im Flugzeugbau verwendeten Blechen be- tzt man ähnliche Werkstoffe, nur daß in mancher Hin- ht die gestellten Anforderungen noch schärfer sind als den Rohren. So müssen z. B. die Festigkeitswerte im schweißten und ungeschweißten Zustand bei den nie- gekohlten Sorten einander gleich sein. Ferner muß die Schweißung einer scharfen Biegeprobe unter- rfen lassen, ohne irgendwelche Anrisse zu zeigen. e höhergekohlten Bleche eignen sich im allgemeinen ht sonderlich zu Schweißungen, obwohl es bei sorg- tiger Arbeit gelingt, auch aus Stählen mit 0,5 vH hlenstoff Bauteile zu schweißen, die den Anforderun- n genügen. Es bedarf allerdings dazu einer gesonder- n Wärmebehandlung. Sind die Gütewerte des ange- ferten Werkstoffes erfüllt, bietet die Schweißung ibst noch weitgehend Möglichkeiten, das Auftreten von hlern zu begünstigen. Bei der Anwendung der Azety- n-Sauerstoff-Schweißung ist vor allen Dingen auf die chtige Einstellung des Brenners, die Durchführung ner günstigen Schweißgeschwindigkeit und auf guten uß der zu schweißenden Naht zu achten. Die zu ver- ndenden Teile werden in der richtigen Entfernung von nander festgehalten, mit einzelnen Schweißpunkten zu- mmengeheftet und dann die Naht unter Zugabe des hweißdrahtes hergestellt. Durch Auswahl eines geeig- ten legierten Schweißdrahtes hat man noch ein Mittel der Hand, auf die Güte einer Schweißung einzuwirken; dessen bedarf die Auswahl bestimmter Sorten einer ein- henden Überprüfung im Verein mit einer gut beob- chtenden Betriebsüberwachung. Es ist das Kennzeichen ner guten Schweißung, daß sie die einzelnen Schuppen s eingeschmolzenen Metalls noch deutlich erkennen ßt, ohne den Querschnitt der verbundenen Teile wesent- h zu ändern und auf der Gegenseite allzustark durch- fließen. Gut geschweißte Nähte zeigt Abb. 10 an dem uflager eines Motors bei größeren Wanddicken der ver- hweißten Teile. An dünneren Blechen und Rohren ist nicht immer möglich, die Durchschmelzerscheinung unterbinden. Die zum Schmelzen kommenden Men- en des Werkstoffes sind infolge der geringen Wand- icken sehr klein, und die Wärmefortpflanzung oder -ab- itung unterliegt wesentlich ungünstigeren Bedingun- en als bei dickeren Querschnitten.

### Konstruktionseinzelheiten

Besondere Sorgfalt ist der Schweißung von Knoten- unkten in Fachwerkverbänden und der Ausbildung von nschlußenden zuzuwenden. An Knotenpunkten können is zu sieben und noch mehr Rohre zusammenlaufen, wo- ei darauf zu achten ist, die Schweißungen so vorzu- hmen, daß keine Überdeckung der Schweißnähte auf- tritt. Eine Doppelschweißung bringt für die Festigkeit s Werkstoffes starke Gefahren mit sich, da das schon berhitzte Gefüge leichter zu Verbrennungen und damit u schweren Schäden neigt. Bei den geschweißten Be- chlägen und Knotenpunkten hat der Konstrukteur vor llen Dingen auf gute Durchdringung und Verschweiß- öglichkeit der verschiedenen Anschlußbleche und Rohre u achten, damit eine ungünstige Lage der Schweißnähte

Abb. 10
Knotenpunkt eines Motoreinbaues.

gegeneinander vermieden wird. Bildet man die Schweißnähte nicht sorgfältig aus, so können die beim Schweißen auftretenden starken Formänderungen an nahe benachbarten Schweißstellen Risse verursachen. Ebenso kann eine zu große Ungleichmäßigkeit in den Dickenabmessungen der miteinander verbundenen Bleche unregelmäßige Schweißungen und damit starkes Verziehen und Rißbildung verursachen. Diese Eigenarten der Schweißung führen dazu, ganz bestimmte Arbeitsverfahren anzuwenden, bei denen zwecks Vermeidung allzustarker Formänderungen bereits vor Beginn der Arbeit eine Gesamtform innerhalb gewisser Grenzen festgelegt werden muß. Damit ergibt sich für einzelne Baugruppen eine Verschiedenheit der Herstellverfahren.

Der Rumpf, in Stahlrohrkonstruktion ausgeführt, Abb. 3, wird getrennt in einzelnen Teilen hergestellt. Zuerst werden auf Schablonen die beiden Seitenwände für sich ausgebildet, dann die beiden Teile in die Rumpfhelling eingesetzt und die noch fehlenden Glieder hinzugefügt. Nach genauer Überprüfung der Abmessungen verschweißt man erst die Teile endgültig. Abb. 3 zeigt den Rumpf eines größeren Flugzeuges, bei dem die Felder der Seitenwände mit Drahtseilen verspannt sind. An andern Baumustern werden diese Felder meist mit einem Schrägenrohr versteift, ähnlich wie im vorderen Teil des Rumpfes. Bei den großen Längen der Rümpfe macht sich die Eigenschaft starker Formänderung des Rohrwerkstoffes beim Schweißen so stark bemerkbar, daß sich Längenänderungen bis zu mehreren Zentimetern ergeben.

Das Motorgerüst wird in zwei Formen ausgebildet, als Gerüst mit rundem Anschlußflansch für luftgekühlte Motoren, Abb. 2 und 3, und mit vier Lagerflächen für Reihenmotoren, Abb. 1. Abb. 2 zeigt den vorderen Teil eines Rumpfes mit vollständiger Ausbildung der Seitenwand in Stahlrohrkonstruktion, den vorderen Flügelanschlußpunkt und den geschweißten Anschluß des vorderen Schwimmergestells. Der für den luftgekühlten Sternmotor gebildete Einbau ist nur an den Rumpf angepaßt, während in Abb. 1 der fertige Anschluß mit genau geschliffenen Bolzen deutlich sichtbar ist. Der statische Aufbau der Konstruktion geht aus den Abbildungen genügend klar hervor.

Eine Sonderstellung nehmen die für die Steuerung des Flugzeuges notwendigen Flächen ein. Hierfür werden meist Röhrchen mit geringer Wanddicke benutzt, die eine sehr sorgfältige Vorbereitung und Durchführung der Schweißarbeiten fordern. Abb. 4 und 5 zeigen als Beispiele die außerordentliche Feingliedrigkeit eines Höhenleitwerks und eines Querruders. Die Konstruktionen sind mehrfach statisch unbestimmt, so daß zur richtigen Herstellung der Gebilde eine große Erfahrung über das Aufbringen der einzelnen Bauglieder notwendig wird, um trotz der geometrischen Überstimmtheit im Verein mit den starken Formänderungen der Schweißungen eine möglichst weitgehende Maßhaltigkeit des fertigen Stückes zu gewährleisten. Während das Querruder, mehrfach gelagert und auf der Verdrehungssteifigkeit des Hauptrohres aufgebaut, statisch einfacher durchgebildet ist, vereinigen die Leitwerkflächen oft mehrere Fachwerkverbände. So besteht die Höhenflosse, Abb. 4, aus dem beiderseits schrägen Vorderholm und dem hinteren gerade durchlaufenden Hauptholm, der die Lagerungen für das Höhenruder trägt. Beide Holme sind durch schräge Zwischenholme verbunden und liefern so das Gerüst, das die von den einzelnen Rippen aufgenommenen Luft-

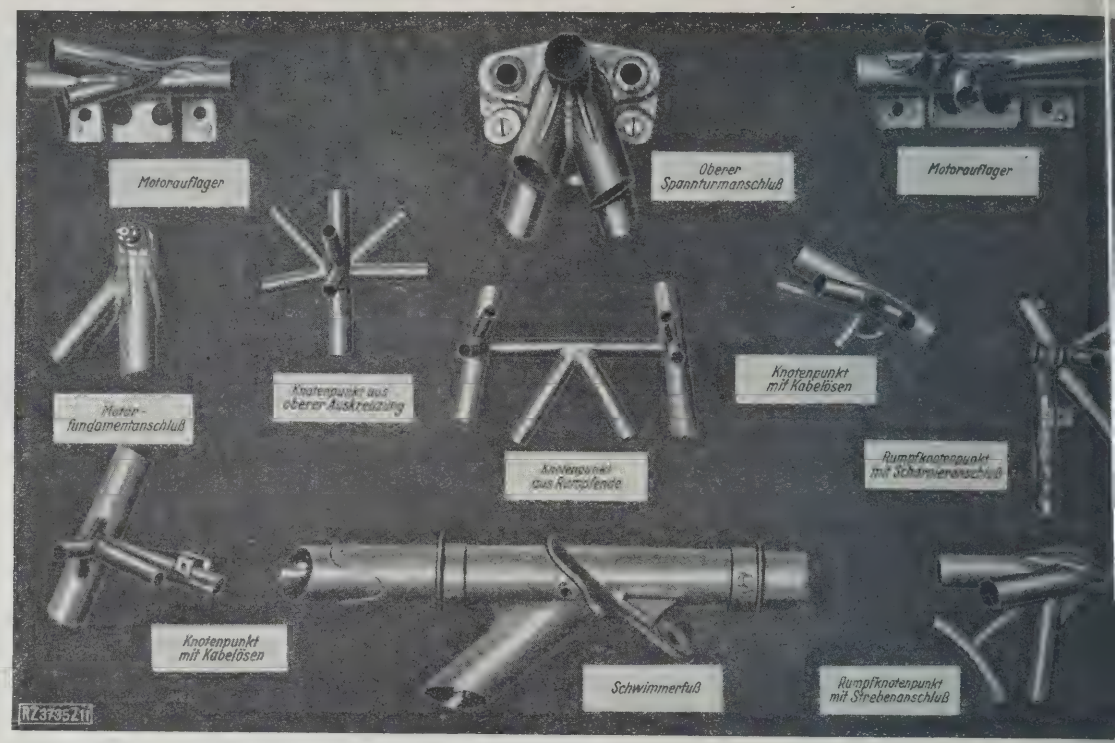



**Abb. 11** Geschweißte Konstruktionsteile.

kräfte an den Rumpf weiterleitet. Man stellt zuerst die Hauptträger her und schiebt dann auf diese die einzelnen Rippen zur Aufnahme der Luftkräfte auf, die mit dem schon bestehenden Gerüst verschweißt werden. Auf diese Weise gelingt es, die Änderungen in den Abmessungen der geschweißten Konstruktion in herstellungsmäßig engen Grenzen zu halten.

Das Fahr- oder Schwimmergestell, Abb. 6, enthält ebenfalls verschweißte Teile. Dies sind besonders die Strebenköpfe, die mit den Knotenpunkten gelenkig verbunden werden, und der Schwimmerfuß, dessen Konstruktion Abb. 11 zeigt. Die bei den neueren Flugzeugen verwendeten Rohre sind im Profil gezogen und ihre Enden werden, je nach Anforderung, als Bolzenkopf, Abb. 12, oder als Gabelkopf ausgebildet. Abb. 12 zeigt die äußere Konstruktion eines solchen Kopfes nach einer Belastungsprüfung. Die rechnerische Bruchlast von 7600 kg konnte bis auf 10 500 kg tatsächliche Last gesteigert werden, ohne daß der Strebenkopf merkliche Formänderungen zeigte. Abb. 11 bietet einen guten Überblick über die verschiedenartigsten Schweißverbindungen an Flugzeugteilen.

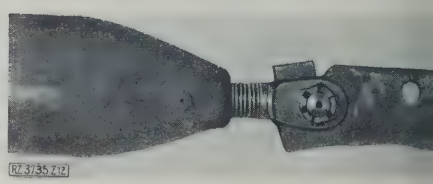



**Abb. 12** Strebenkopf $P_{max}$ = 10 500 kg.

Zusammenfassend kann über die geschweißte K struktion gesagt werden, daß sie sich besonders für Bau von Typenflugzeugen eignet, denn sie bietet Vorteil, die verschiedensten Abmessungen und For fest und sicher ohne kostspielige Vorrichtungen zu binden, und damit den Vorzug, dem Konstrukteur in Wahl seiner Mittel keine zu engen Grenzen vorzusch ben. Anderseits muß aber gesagt werden, daß für Herstellung von Flugzeugen in Reihen, bei denen nach einer steigenden Verbilligung des Einzelflugzeu streben muß, die geschweißte Konstruktion Nachteile sich birgt, infolge der Schwierigkeit genaue Paßm einzuhalten, und der Behinderung, arbeitsparende V richtungen weitgehend auszunutzen. [B 3735

## Geschweißte Rohrleitungen in Hochhäusern

In dem neu erbauten Carbide & Carbon Building[1]) in Chikago sind alle Dampfleitungen von mehr als 64 mm Dmr. und die Druckwasserleitungen für den Feuerschutz sowie die Hauptleitungen der Sprinkleranlagen durch Gasschmelzschweißungen hergestellt. Das Hauptsammelrohr für Dampf im Keller ist völlig geschweißt. Die Anschlüsse der acht Zuleitungsrohre von rd. 50 bis 250 mm Dmr. sind ebenfalls verschweißt, indem sie in ein ausgeschnittenes Loch des Sammelrohres gesteckt und rundherum angeschweißt wurden. Die vom Kesselraum ausgehenden Steigleitungen von rd. 200 und 250 mm Dmr. sind bis zum 13. Stock, wo Ausdehnungsstücke vorgesehen sind, durchgehend geschweißt. Das nächste Ausdehnungsstück liegt im 23. Stock, wo die Rohre in Schlangenform verlegt sind. Im Kesselraum sind auch alle Hilfsleitungen geschweißt, was sich bei der verwickelten Führung der einzelnen Rohrstränge als sehr vorteilhaft erwies.

Grundsätzlich wurden anstatt der an Ort und Stelle durch Zerschneiden und Wiederverschweißen vom Schweißer selbst angefertigten Umlenkstücke fertige Fo stücke benutzt, die um einen Dorn auf den entsprechen Winkel gebogen wurden. Hierdurch setzte man den Wi stand der Rohrleitungen wesentlich herab. Ventile sonstige Ausrüstungsstücke wurden ebenfalls in die tungen eingeschweißt. Zu diesem Zweck wurden sie den Erzeugerfirmen mit für die Schweißung vorbereite Anschlußstücken geliefert.

Bei dieser Art, die Leitungen zu verlegen, hat sich zeigt, daß das Schweißen bedeutende Vorteile gegenüber bisherigen Verlegungsarten mit sich bringt. Die Verb dungen sind vollkommen dicht, die bei Flanschen häu vorkommenden Leckschäden treten nicht auf. Außerd können die Leitungen in ihrer ganzen Länge gleichmä isoliert werden. Isolierkappen usw. fallen fort. Die Kos der Isolierungen sind infolgedessen beträchtlich gering.

Die Leitungen für den Feuerschutz, ausgehend von Feuerschutzpumpen im Keller, sind ebenfalls ausschließl durch Gasschmelzschweißung hergestellt, ebenso die Hau leitungen für die Sprinkler-Anlagen. Die Versicherun gesellschaften erkennen die Gasschmelzschweißungen vollwertiges Herstellverfahren an. [N 3853] *Hö*

[1]) „The Iron Age" Bd. 124 (1929) Nr. 15 S. 966.

# ie Kupferschweißung
## besondere an
## Komotivfeuerbüchsen

RICHARD SAMESREUTHER, Butzbach

*Gegenüberstellung von genieteten zu allseitig geschweißten kupfernen Feuerbüchsen. Wahl des günstigen Umbugs bei einer geschweißten Feuerbüchse. Werkstoffeigenschaften und Verhalten des Kupfers während der Schweißung. Zusammenbau und Vorrichten der Schweißnähte. Arbeitsausführung und Durchführung der Schweißung an kupfernen Feuerbüchsen. Nachbehandeln der Schweißung.*

Schweißung einer Feuerbüchse.

upferne Feuerbüchsen für Lokomotivkessel wurden früher ausschließlich mittels Eisennieten zusammenaut und durch Überlappungen ausgebessert, die mit ennieten oder Nietkopfschrauben verbunden wurden. Jahre 1913 wurde die erste Feuerbüchse durch weißen wiederhergestellt und in Betrieb genommen. Lokomotive mit der geschweißten Feuerbüchse ist Monate gefahren; dann mußte ein Teil der Schweißht der Feuerbüchse nachgeschweißt werden. Seit dieser it ist die Kupferschweißung nach und nach in den rkstätten der Reichsbahn und der Privatbahnen einführt worden[1]). Seit rd. sieben Jahren werden auch ae kupferne Feuerbüchsen durch Schweißung unter rmeidung irgendeiner Nietverbindung hergestellt.

Die genieteten kupfernen Feuerbüchsen haben außerentlich große Nachteile; der Eisenniet führt immer eder zu Undichtigkeiten. Hat das Speisewasser anssende Eigenschaften, so werden die Nietköpfe an der asserseite der Feuerbüchse abgezehrt, Abb. 1. Wiederlt sind in der Wasserspülzone in jeder Ecke der Feuerchse bis zu zehn übereinanderliegende Nietköpfe vollmmen zerfressen worden. Die Nietnaht wird, da auf er Seite der Nietkopf fehlt, locker und infolge des arm- und Kaltwerdens der Feuerbüchse undicht. Für triebstellen mit schlechtem Speisewasser sind geetete Feuerbüchsen unvorteilhaft, da sie vorzeitig zerirt werden.

Als weiterer ungünstiger Umstand der Nietung ist Werkstoffanhäufung infolge der Überlappung anzuhen. Die Überlappung läßt eine gute Abkühlung der uerseite nicht zu, so daß das Kupfer an diesen Stellen zulässig erwärmt wird. Außer dem Nachlassen der stigkeit werden hierdurch starke Wärmespannungen genüber der kühleren wasserseitigen Überlappung herrgerufen, so daß die Nietnaht locker werden muß. rner ergeben die Nietnähte eine zu starke Versteiung, die hemmend auf den Ausgleich der Wandschubannungen durch das Gelenk wirkt und infolge Überanspruchung im Gelenk zu Ermüdungserscheinungen d Brüchen des Kupfers führt.

Bei der einreihigen Nietnaht, die für das Nieten n Feuerbüchsen in Frage kommt, wird die Überlappung hmal und der Halbmesser des umgebogenen Kupfers öglichst klein gewählt, damit das Rohrfeld groß gehalen wird. Das Kupfer aber wird durch das scharfe Umicken stark überanstrengt; oft treten Krempenanbrüche i neuen Feuerbüchsen schon vor Ablauf eines Jahres n. Wollte man aber einen größeren Krempenhalbmesser ählen, so könnte dies nur auf Kosten der Unterbringung r Rauch- und Siederohre geschehen.

[1]) Z. Bd. 65 (1921) S. 945, Bd. 70 (1926) S. 594.

Ein weiterer Nachteil der Nietung ist die Stemmkante selber. Auch bei ganz vorsichtigem Stemmen, wobei der Stemmspan vor die gegenüberliegende Wand gedrückt wird, gibt es harte Stellen, die einer Ankerbung gleichkommen. Um wieviel mehr wird der Werkstoff beschädigt, wenn unsachgemäß gestemmt und durch scharfe Stemmer die Wand an der Stemmkante angeritzt wird.

Die Kupferverbindung durch Schweißen bringt besonders bei der Lokomotivfeuerbüchse außerordentliche Vorteile. Die Schweißnaht hat eine glatte, sauber bearbeitete Fläche, die weder Ankerbungen noch Werkstoffanhäufungen aufweist, noch die Elastizität in der Umbiegung behindert.

Eine Gegenüberstellung der verschiedenen Krempenhalbmesser bei genieteter und geschweißter Ausführung an den Wänden der Feuerbüchse zeigt Abb. 2. Bei der Schweißung kann man die günstigste Bauform wählen. Der groß gewählte Umbiegungshalbmesser ist deshalb von Vorteil, weil bei der Herstellung der Wand der Werkstoff nicht überanstrengt wird. Auch weist der große Halbmesser größere Dehnung und Elastizität im Betrieb auf. Ein Bruch ist deshalb auch bei langer Betriebsdauer nicht zu befürchten. Z. Z. laufen bis zu 4000 kg schwere Feuerbüchsen viele Jahre ohne jeden Krempenbruch. Das Titelbild zeigt den Zusammenbau und das Schweißen der Feuerbüchse.

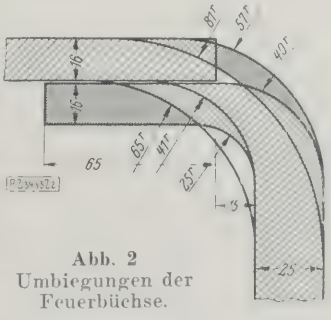



**Abb. 2**
Umbiegungen der Feuerbüchse.

Für Nietung: Umbughalbmesser innen $r = 25$ mm, außen $r = 40$ mm; für Schweißung: Umbughalbmesser innen $r = 41$ mm, außen $r = 57$ mm oder innen $r = 65$ mm, außen $r = 81$ mm.

Die groß gewählten Umbughalbmesser sind in Bezug auf Werkstoffbeanspruchung am günstigsten.

**Abb. 1**
Niet einer Lokomotivfeuerbüchse, an der Wasserseite abgefressen, an der Feuerseite erhalten.

Reines Kupfer neigt sehr zur Aufnahme der Gase und infolgedessen zur Blasenbildung. Daher eignet sich als Zusatzwerkstoff Elektrolytkupfer wenig. Legierte Zusatzdrähte hingegen vermindern die Porösität der Schweißnaht und gewährleisten eine dichte, haltbare Verbindung. Beimengungen, wie Arsen, Blei, Antimon, Zinn, Schwefel, Eisen, stören die Schweißung; jedenfalls sind Beigaben der angeführten Metalle bei der Legierung der Drähte zu vermeiden. Vor allem hat Arsen in der Schweißung sehr schlechte Eigenschaften.

*Canzler*-Draht eine Legierung aus annähernd 98,8 vH Kupfer, rd. 1 vH Silber und geringen Beimengungen andrer für die Schweißung günstiger Zusätze sowie Phosphor, ist als bester Schweißzusatzstoff für Kupferschweißungen bekannt[2]).

Zahlentafel 1 zeigt, daß erwärmtes Kupfer an Zugfestigkeit erheblich verliert. Zur Beurteilung des im folgenden Absatz behandelten Vorganges des Hämmerns nach dem Schweißen sind diese Zahlen von Wert.

**Zahlentafel 1.** Zugfestigkeitswerte von Kupfer bei verschiedenen Temperaturen nach *Heyn* und *Bauer*.

| Temperatur °C | Zugfestigkeit kg mm² |
|---|---|
| 20 | 22,8 |
| 160 | 18,4 |
| 300 | 13,2 |
| 410 | 8,5 |
| 555 | 4,85 |
| 650 | 3,3 |
| 793 | 1,9 |
| 970 | 0,8 |

Die Schweißung selbst hat Kennzeichen gegossenen Werkstoffes. Vorteilhaft wird die Schweißung in dicker Wulst aufgetragen und in warmem Zustand mit balligen Hämmern bearbeitet. Der Einfluß des Hämmerns wirkt nicht nur auf die Festigkeit, sondern auch auf das Arbeitsvermögen der Schweißstelle.

In der Blechherstellung wird dem Dampfkesselblech vom Walzwerk eine Vorzugsstellung eingeräumt. So muß es auch mit den Schweißdrähten sein. Nur das Beste ist gut genug für den Dampfkessel. Darum wähle man für die Schweißung von kupfernen Feuerbüchsen, Dampf- und Druckgefäßen nur Schweißdrähte, die sich bewährt haben; denn der Schweißzusatzstoff stellt nur einen geringen Anteil der Herstellungskosten einer Feuerbüchse dar.

Die Schweißungen an Lokomotivfeuerbüchsen und Behälterteilen von mehr als 6 mm Blechdicke führt man, soweit angängig, doppelseitig durch, Abb. 3. Je nach Dicke des Bleches beträgt der Abstand zwischen den Blechkanten 4 bis 6 mm. Vorteilhaft wird die Schweißnaht durch Bo und Laschen zusammengehalten.

Die Schweißer arbeiten doppelseitig gleichzeitig den Brennern in gleicher Höhe senkrecht von unten oben. Das Schweißgut wird von der Mitte der Wandfl aus in breiter Wulst aufgetragen. Der Zusatzstoff sol Flammenwirbel der beiden Schweißbrenner zugeführt den. Die Schweißstelle wird noch rotwarm durch kl ballige Hämmer bearbeitet. Bei der Schweiß von Feuerbüchsen ist es vorteilhaft, zuerst die Nähte der Decke der Feuerbüchse zu schweißen und dann Seitenwände. Bei großen Feuerbüchsen wird man mit z Schweißergruppen gleichzeitig arbeiten, s. Titelbild.

Bei Kupferschweißungen, bei denen eine doppelsei Schweißung nicht möglich ist, z. B. beim Einsetzen Rohr- und Türwänden, Seitenwandflicken bei unaus bauter Feuerbüchse, baut man in den Stehkessel einen A boß ein, Abb. 4. Die Schweißränder der Bleche *a*, *b* s V-förmig ausgemeißelt. Der Abstand der Ränder betr rd 6 mm. Unter der Schweißfuge wird ein Kupferstreife 40 mm breit, 2 mm dick, untergelegt und mit einem A boß *d* festgehalten. Der Amboß wird mit der Schraub vom Stehkessel aus durch das Stehbolzenloch gegengepre Auch diese Schweißung führen zwei Schweißer durch. I eine Schweißer trägt die Schweiße vom Grund der Schw ßung in breiter Wulst auf, der zweite Schweißer wärmt v schweißt später den Grund der Naht vor und hämm während der Schweißung den eingeschmolzenen Werks mit balligem Hammer durch. Während des Hämmerns m ein Hilfsarbeiter die Spannschrauben des Ambosses na ziehen, ähnlich wie beim Nieten mit der Stockwinde. V teilhaft ist es, die Schweißung in einem Arbeitsgang dur zuführen, um Wärmeverluste zu vermeiden.

Es ist darauf zu achten, daß der weiße Flammenkeg nicht in das Schmelzbad eintaucht, da dann das Metall ve brannt wird. Nur der vordere reduzierende Teil d Flamme soll die Schweißung durchführen. Der Zusat stoff soll in dem Augenblick der Schweißfuge zugeset werden, wo das Kupferblech flüssig wird. Der Brenn soll mit möglichst niedrigem Druck arbeiten, um ein Au rühren und Fortblasen des Zusatzstoffes zu vermeide Der Durchmesser des Zusatzdrahtes soll gleich der Blec dicke oder etwas größer sein. Er beträgt auch bei g ringerer Blechdicke nicht weniger als 2 mm. Die Flamm muß in schräger Richtung auf die Schweißstelle geführ werden. Das zur Schweißung verwendete Azetyleng muß gut gereinigt sein.

Am vorteilhaftesten verwendet man Druckazetylen, w bei das Gas in einer Anlage mit 0,5 at Druck erzeugt od mittels eines Azetylenkompressors verdichtet wird. D Kupfer große Wärmemengen braucht, gilt die Faus regel: die doppelte Menge Azetylen als bei der Eise schweißung.

Das Behämmern und nachherige sorgfältige Ausglühe ist für eine hochwertige Schweißstelle unerläßlich. Durc gutes Abhämmern erhöht sich die Dehnung und Festigke in der Schweißstelle ganz beträchtlich. Der *Canzle* Kupferschweißdraht verträgt auch ein Hämmern der Nah in glühendem Zustande.

Bei Blechen von über 6 mm Dicke ist vor allem darau zu achten, daß die Zugspannung, die beim Erkalten de Schweißnaht auftritt, durch das Hämmern in eine Druck spannung umgewandelt wird. Sowohl bei der doppelseitige als auch bei der einseitigen Schweißung ist das Hämmern für die Vergütung des Werkstoffes von großem Wert un auch für die Auslösung der Zugspannung unbedingt er forderlich.

Zu beachten ist ferner, daß die Schweißränder nich fest aneinander liegen, da dies ein Einschrumpfen de Schweißnaht verhindert. [B 3433]

[2]) Z. Bd. 65 (1921) S. 945.

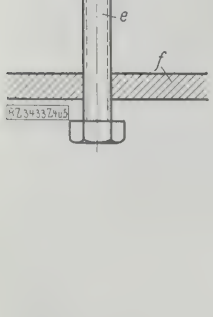
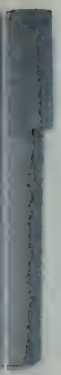



**Abb. 3**
Doppelseitige Schweißnaht, Xförmig.

**Abb. 4**
Schweißung einer unausgebauten Feuerbüchse mittels eines zwischen den Wänden des Stehkessels und der Feuerbüchse eingebauten Ambosses.
*a*, *b* Bleche mit V-förmigen Schweißrändern
*c* Kupferstreifen
*d* Amboß
*e* Schraube
*f* Stehkesselblech



b. 1
rag-
ißung
inem
ben-
gen-
zel.

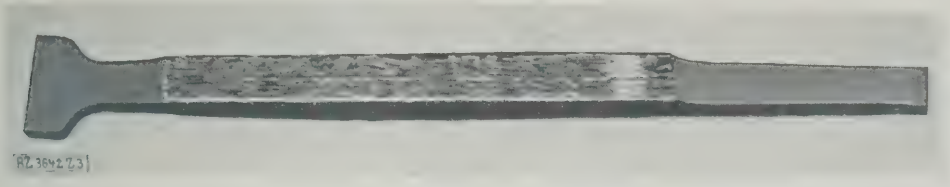


Abb. 3. Verschleißfeste Auftragschweißung an einem Schlittenbalken.

Abb. 2 Auftragschweißung an einem Kurbelzapfen.

# Schweißen im Eisenbahnwesen

*Von Oberregierungsbaurat BARDTKE, Wittenberge*

***Gerade im Eisenbahnbau findet die Schweißtechnik eines der vielseitigsten Anwendungsgebiete, da hier alle Zweige dieses Arbeitsverfahrens zum Ausbessern alter Teile und Konstruktionen und zur Neuanfertigung wirtschaftlich angewendet werden können. Angaben und Bilder von Ausführungsbeispielen zeigen die Wege, die man bisher gegangen ist und welche Möglichkeiten die Schweißtechnik hier bietet.***

Im Ausbesserwesen hat sich die Schweißtechnik ihre ersten großen Erfolge geholt, auf Grund deren man mehr dazu übergegangen ist, auch Neukonstruktionen statt zu nieten, löten, schmieden oder zu gießen durch Schweißungen herzustellen; dadurch wurden die besten wirtschaftlichen und wirtschaftlichen Ergebnisse erreicht. Trotz der überragenden Bedeutung, die dieser neuen Richtung zukommt, stellt das Ausbesserwesen auch heute noch eine der wichtigsten und bedeutendsten Anwendungsgebiete für die Schweißtechnik dar. Diese ist nach wie vor ein unentbehrliches Mittel bei der Wiederherstellung gebrochener und abgenutzter Teile aus Eisen, Kupfer und Aluminium geblieben.

Nirgends dürfte wohl eine größere Menge solcher Teile anfallen als im Eisenbahnbetriebe. Da man aber auch im Eisenbahnwesen in immer steigendem Umfange die Schweißung auch bei der Neuanfertigung anwendet, gibt es sich, daß das Eisenbahnwesen eine Stelle ist, in der alle Verfahren, Geräte, Maschinen, Zusatzstoffe usw. der Schweißtechnik in weitestem Maße benutzt werden.

### Auftragschweißung

Einen großen Umfang unter den immer wiederkehrenden Schweißarbeiten nimmt die Auftragschweißung ein. Sie dient hierbei zur Wiederherstellung der ursprünglichen Abmessungen durch Verschleiß abgenutzter Teile oder zur Ausfüllung von Rostanfressungen und Rostnarben, zur Verstärkung schwacher Teile, ferner zur Erneuerung alter Bestände und zur Herstellung verschleißfester Oberflächen an Stelle der Einsatzhärtung.

Eine sehr häufig wiederkehrende Arbeit ist z. B. das Auftragschweißen abgenutzter Kolbenkegel und Kurbelzapfen, Abb. 1 und 2. Hierbei muß man sehr vorsichtig vorgehen, da sich leicht infolge der Erwärmung beim Schweißen kleine Haarrisse bilden, die dann im Betriebe zu verhängnisvollen Brüchen führen können. Deshalb hat die Schweißtechnische Versuchsabteilung der Deutschen Reichsbahn, A.-G., in Wittenberge genaue Richtlinien aufgestellt, um eine sachrichtige Ausführung dieser Arbeit sicherzustellen. Die Schweißraupen sollen nicht rund um den Kegel herum, sondern parallel der Achse aufgetragen werden; auch darf nie in unmittelbarer Folge eine Raupe neben die andre gelegt werden, sondern es muß abgesetzt möglichst an einer größeren Anzahl solcher Kegel geschweißt werden.

Ein andres Beispiel solcher Auftragschweißungen ist die Kreuzkopfgleitbahnen und Kulissensteine der Lokomotiven. Hier wird beim Schweißen gleichzeitig der Zweck der Härtung verfolgt. Bisher wurden diese Teile im Einsatz gehärtet. Hierbei verzogen sie sich jedoch stark. Bei dem darauffolgenden Geradeschleifen wurden sie oft allzu selten die nur geringeren Härtungen mit weggeschliffen. Durch das Auftragen einer Schweißschicht mit Hartschweißdraht erreicht man den angestrebten Zweck viel besser, jedoch muß auch hier große Vorsicht beobachtet werden, damit keine Härterisse auftreten oder ein Werfen des Schlittenbalkens stattfindet. Die Raupen werden deshalb nicht quer sondern längs des Schlittenbalkens aufgetragen, Abb. 3, und dieser zur Abführung der Wärme in Wasser gelegt, was noch den Vorteil mit sich bringt, daß die Schweißraupe infolge schneller Abkühlung eine besondere Härte erhält.

Große wirtschaftliche Vorteile werden mit dem Aufschweißen abgelaufener Radbandagen erreicht. Man hat besondere Maschinen gebaut, die die Schweißung mittels eines durch ein Relais oder andre geeignete Vorrichtung gesteuerten Schweißkopfes selbsttätig ausführen[1]). Nach Auftragen von etwa 4 bis 6 Schweißraupen an der abgenutzten Stelle der Bandage kann das vorgeschriebene Radreifenprofil durch Abnahme eines schwachen Drehspanes wiederhergestellt werden, während man früher einen erheblichen Teil der Lauffläche der Bandage herunterdrehen mußte. Infolgedessen lassen sich scharfgelaufene Radbandagen heute etwa zehnmal durch Aufschweißen wieder gebrauchfähig machen, ehe sie so schwach durch das Überdrehen der Lauffläche geworden sind, daß sie durch neue ersetzt werden müssen, während dies früher bereits nach etwa dreimaligem Abdrehen erforderlich wurde. Es wird also ganz erheblich an Werkstoff für Bandagen gespart. Noch größer werden die Ersparnisse wenn ein Radsatz nur einseitig abgelaufen ist, weil bisher trotzdem auch die nicht abgenutzten Radbandagen ebenso weit herabgedreht werden mußten wie die abgelaufenen.

Es würde zu weit führen, auf die große Anzahl weiterer Gegenstände, bei denen ähnliche Arbeiten anfallen, einzugehen. Es sei nur noch in Abb. 4 ein besonders bemerkenswertes Beispiel gezeigt, bei dem der Radkranz einer Lokomotive, auf der die Bandage lose saß, durch Auftragschweißung verstärkt wurde.

Nicht nur bei den Fahrzeugen der Eisenbahn, auch im Eisenbahnoberbau benutzt man die Auftragschweißung. Hier sind es hauptsächlich die Übergangstellen der Schienenlaufbahn, die Schlagstellen erhalten. Deshalb hat man solche Stellen an Herzspitzen der Weichen, bei Drehscheibenstößen u. a. wohl auch hart aufgeschweißt, um sie verschleißfest zu machen.

Sehr viel Arbeit findet sich bei der Instandsetzung der Lokomotivkessel für die Auftragschweißung zur Beseitigung von Rostnarben, die hauptsächlich im unteren Teil des Langkessels, und von Rostfurchen, die fast immer an den Stemmkanten, an den Blechen des Stehkessels oberhalb des Bodenringes, an den Waschluken, am Bodenring selbst und andern besonders der Rostbildung ausgesetzten Teilen auftreten. Da diese Anfressungen oft eine sehr große Ausdehnung und Tiefe haben, sind

[1]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 7 S. 209.

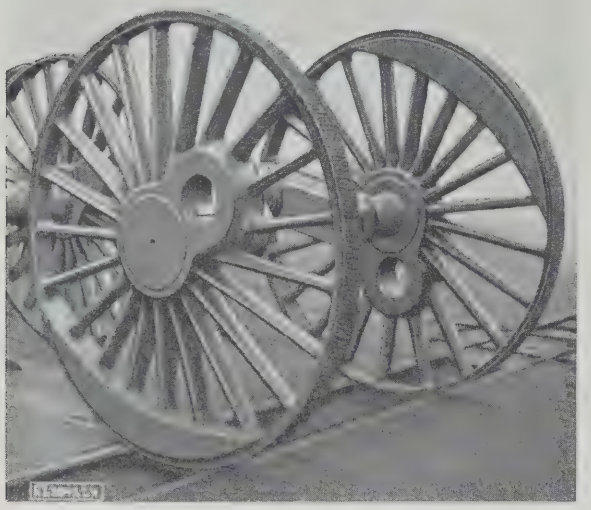


Abb. 4
Auftragschweißung an einem Lokomotivradkranz.

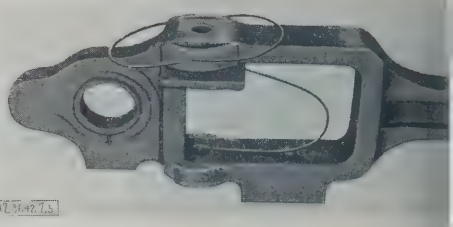


Abb. 5
Durch Auftragschweißung verstärkte Treibstange. Unten fertig geschweißt, oben zum Schweißen vorbereitet.

Abb. 6
Durch Auftragschweißung passend gemachte Achsbuchse.

besondere Anweisungen gegeben, in welchem Ausmaße ein Ausschweißen der Anfressungen zulässig ist, ohne daß die Sicherheit leidet; denn die Auftragschweiße füllt wohl die Fehlstelle wieder aus, nimmt aber keine Belastung auf.

Auftragschweißungen werden zumeist mit dem elektrischen Lichtbogen ausgeführt, da bei Azetylengasschweißung eine zu hohe Erwärmung des Werkstückes beim Auftragen des Zusatzstoffes zu befürchten ist. Eine Verstärkung eines Werkstückes durch Auftragschweißung zeigt Abb. 5. Hier wurde die Stelle um das Loch der Stellkeilschraube verstärkt. Infolge der vorgenommenen Normung der Fahrzeugteile fielen eine Menge Vorratteile an, die ohne Änderung auf die genannten Abmessungen nicht verwendbar waren. Abb. 6 zeigt eine Achsbuchse, die nicht lehrenhaltig war und durch Auftragschweißung passend gemacht wurde.

### Verbindungschweißung

Fast noch ausgedehnter als die Anwendung der Auftragschweißung ist im Eisenbahnwesen die der Verbindungschweißung. Hierfür findet sich nicht nur bei der Ausbesserung der Fahrzeuge, sondern auch bei der Unterhaltung der Werkstattanlagen und Geräte reiche Gelegenheit. Insbesondere ist dies wieder in der Kesselschmiede der Fall. Es handelt sich hierbei sowohl darum Risse auszuschweißen als auch abgenutzte Teile d neue zu ersetzen. Mit Rücksicht auf die Gefahren Betriebes sind auch hier strenge Anweisungen erla damit nicht Arbeiten ausgeführt werden, die die Si heit der Kessel gefährden. So ist nur das Verschwe kleiner Risse, z. B. von Stegrissen an den Nietlöch gestattet. Dabei ist vorgeschrieben, wann Azetyle schweißung und wann Lichtbogenschweißung anzu den ist. Erstere soll überall dort angewendet werden eine höhere Dehnung der Schweiße verlangt werden Die einzelnen Teile ersetzt man hauptsächlich beim längern der Seitenwände, der Rohr- und Türwände, Einschweißen von Flicken an den Waschluken, an Rauchkammer usw.

Neben diesen Verbindungschweißungen benutzt die Schweißung auch hier zum Zwecke der Norm indem Stiftschrauben- und Nietlöcher häufig ver werden müssen, wobei man dann die vorhandenen schweißt und an andrer Stelle neue bohrt. Eine ausgeführte Arbeit ist die Umänderung des *Webbs* Feuerloches auf Regelbauart durch Einschweißen Flicken. Schließlich werden häufig Stemmkanten Zwecke der Dichtung verschweißt. Diese Maßnahme man auch bei dem Bördeln der Rauch- und Siederohr der Rohrwand angewendet. Wie bei den dicken L motivblechen verlängert man auch im Wage schwächere Bleche durch Anschweißen neuer Bleche.

Die vielen Fälle von Schweißungen bei Wieder stellung gerissener Fahrzeugteile, aufzuführen, w zu weit führen. Daß man aber selbst bei schw Schäden nicht davor zurückschreckt, zur Schweißung greifen, zeigen Abb. 7, geschweißte Pufferbohle e Lokomotive, und Abb. 8, geschweißter Radkranz.

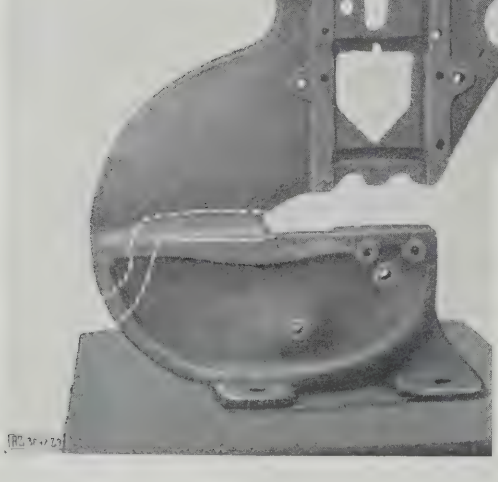


Abb. 9
Geschweißter Scherenkörper.

Abb. 10
Hammerbär, vorbereitet zum Schweißen.

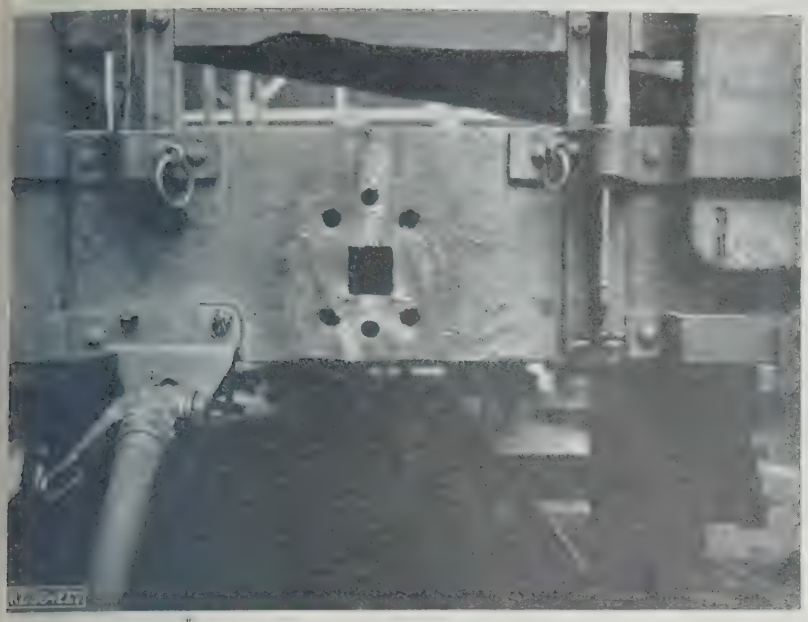


Abb. 7
Geschweißte Pufferbohle.

Abb. 8
Geschweißter Radkranz.

Manchmal nehmen allerdings die Schweißungen gerissener Teile, insbesondere an Werkstattanlagen wie Pressen, Stanzen, Scheren, Dampfkolben usw., aber auch bei den Barrenrahmen der Lokomotiven u. a. einen derartigen Umfang an, daß nicht alle Ausbesserungswerke mehr über die notwendige Erfahrung, vor allem aber nicht mehr über die erforderlichen größeren Schweißanlagen verfügen. In diesem Falle müssen die Teile nach besonders gut eingerichteten Werken gebracht werden. Solche Schweißungen stellen z. B. ein Scherenkörper, Abb. 9, und ein Dampfkolben mit Hammerbär, Abb. 10, dar. Eine Schweißung von ganz bedeutendem Ausmaße zeigt Abb. 11, die Schweißung des gebrochenen Schiffsstevens eines Eisenbahnfährschiffes. Ein noch größeres Werkstück stellt Abb. 12, das gebrochene Schiffsruder des gleichen Fährschiffes, dar. Beschädigte Gußstücke stellt man bei der Reichsbahn mittels der elektrischen Lichtbogen-Warmschweißung wieder her[2]).

**Schweißwerke der Deutschen Reichsbahn**

Die Reichsbahn verfügt z. Z. über sechs gut eingerichtete Großschweißwerke für elektrische Lichtbogenschweißung, nach Muster des bei dem Wittenberger Ausbesserungswerk befindlichen, von dem das Verfahren 1916 ausgegangen ist und wo jährlich mehrere 100 000 t gebrochener Gußstücke wiederhergestellt wer-

[2]) Z. Bd. 69 (1925) S. 1409, Bd. 72 (1928) S. 1671.

Abb. 13
Kolbenschieberkörper, ausgebrochene Ringnute warmgeschweißt.

Abb. 11
Schweißen des Schiffsstevens eines Eisenbahn-Fährschiffes.

Abb. 12
Gebrochenes Schiffsruder eines Eisenbahn-Fährschiffes.

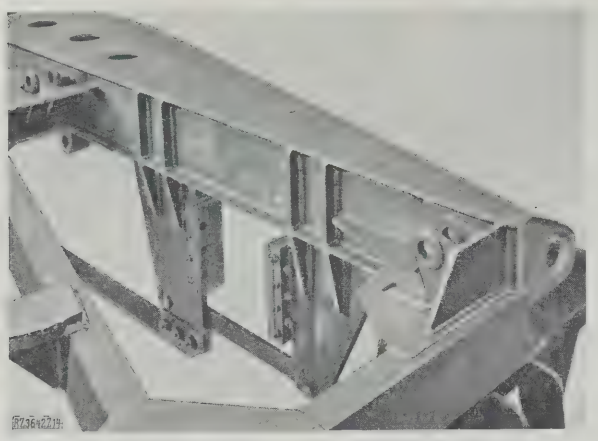


Abb. 14
Geschweißtes Drehgestell, hergestellt von der Waggon- und Maschinenbau-A.-G., Görlitz.

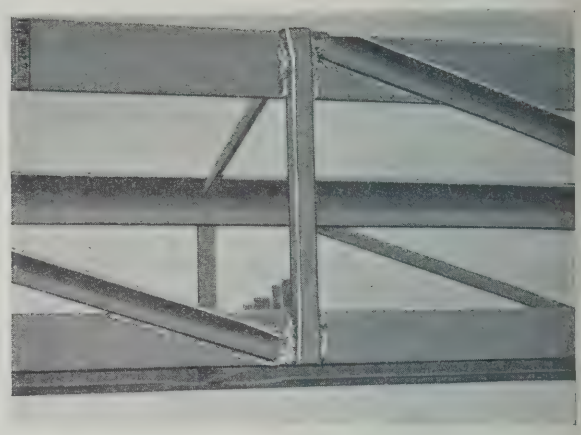


Abb. 15
Geschweißte Brückenkonstruktion für Rohrleitungen.

den. Daneben wird in andern hierfür besonders eingerichteten Werken auch die Warmschweißung mittels Azetylen benutzt, insbesondere bei kleineren Stücken, Abb. 13. Es würde nicht wirtschaftlich sein, solche Teile zu den elektrischen Warmschweißwerken zu überführen. Die elektrische Kaltschweißung tritt infolge der Tätigkeit der Warmschweißwerke bei der Reichsbahn in den Hintergrund und wird nur dort vereinzelt angewendet, wo es auf besondere Schnelligkeit der Wiederherstellung gebrochener Maschinenteile zur Aufrechterhaltung des Betriebes ankommt.

### Schweißen von Kupfer und Aluminium

Außer Stahl und Eisen wird im Eisenbahnwesen Kupfer[3]) in größerem Ausmaße geschweißt. Hier ist es wieder die Kesselschmiede, bei der der hauptsächlichste Anfall an Arbeit entsteht. Die kupfernen Feuerkisten der Lokomotiven sind ganz besonders der Abnutzung ausgesetzt. Einfachere Schweißarbeiten, die hier stetig vorkommen, sind das Aufschweißen von Stemmkanten und das Ausschweißen von Stemmfurchen an ihnen sowie das Zuschweißen von Nietlöchern an den Umbugen. Schwierigere Arbeiten, die nur von besonders ausgebildeten Arbeitern ausgeführt werden dürfen, sind das Schweißen von Stegrissen in der Rohrwand, das Anschweißen von Vorschuhen insbesondere an den Seitenwänden, das Einschweißen von Flicken an den Umbugen der Rohr- und der Rückwand, von Kümpelflicken oberhalb des Feuerloches, das Ausschweißen von Anrissen in den Kümpelungen u. a. Vorzugsweise findet hierbei die neue Rechtsschweißung Anwendung, die eine sehr gute Ausführung gewährleistet und geringere Wärmewirkungen, wie Spannungen und Verwerfungen, zur Folge hat als die Linksschweißung. Einem Werk ist es hierbei gelungen, vorgebohrte Anschuhe mit bereits fertiggebohrten Stehbolzenlöchern an die Seitenwände anzuschweißen, ohne daß sich die Flächen verzogen haben und ein Einziehen der Stehbolzen unmöglich wurde.

Ferner findet die Kupferschweißung auch beim Schweißen von Vorwärmedeckeln und Kupferrohren größere Anwendung.

Seltener ist dagegen die Schweißung bei Wiederherstellung von Teilen aus Kupferlegierungen und aus Aluminium, einem im Eisenbahnwesen noch wenig verwendeten Baustoff. Im ersteren Falle sind es hier Lagerschalen, im letzteren die Gehäuse der Triebwagenmotoren, die ab und zu Gelegenheit zum Schweißen bieten.

### Weitere Schweißarbeiten bei der Reichsbahn

Nicht unerwähnt sei schließlich, daß auch die Thermitschweißung in größerem Umfange kürzlich zur Verschweißung von Schienenstößen angewendet wurde, um die Eisenbahnzüge auf den Schnellzugstrecken ruhiger fahren zu lassen.

[3]) Vergl. dieses Heft S. 1731.

Wenn somit die Schweißung ein unentbehrliches Hilfsmittel bei der Unterhaltung im Eisenbahnbetriebe geworden ist, so beginnt sie hier auch im Neubau neuerdings eine Rolle zu spielen. Man geht dazu über, neue Wagenuntergestelle, sogar ganze Wagen, wie die aus Siliziumstahl hergestellten Großraum-Güterwagen, statt zu nieten nun auch versuchsweise zu schweißen. Die Wagen werden naturgemäß nicht in den Ausbesserwerken sondern in den Fahrzeug-Bauanstalten geschweißt. Abb. 14 zeigt z. B. ein von der „Wumag" geschweißtes Drehgestell.

Ferner hat man umfangreiche Versuche angestellt, um gute Schweißkonstruktionen für Eisenbahnbrücken zu finden[3a]). Im Eisenbahnoberbau ist man dazu übergegangen, an Stelle der umständlichen und sich stets lockernden Schraubenbefestigung der Schienenunterlagplatten auf den eisernen Schwellen eine neue einfache Schweißkonstruktion anzuwenden, bei der die Unterlagplatte durch Kehlschweißung mit der Schwelle verbunden wird, nachdem eingehende Versuche die unbedingte Sicherheit dieser Verbindung gezeigt haben[4]).

Aber auch in den Werken selbst bedient man sich vielfach heute bereits der Schweißung für die Neuherstellung von Anlagen. So findet man an vielen Stellen bereits Leitungen für Wasser und Leuchtgas[5]), Azetylengas und Sauerstoff verlegt, die durch Schweißung verbunden sind. An andern Orten sieht man geschweißte Gittermaste[6]), kleinere Trägerkonstruktionen geschweißt. Ein Ausführungsbeispiel dieser Art ist die Tragwerkkonstruktion zur Überführung von Rohrleitungen aus dem Ausbesserungswerk Leinhausen, Abb. 15. Über die Brücke gehen zwei Wasserleitungen, eine Druckluft-, eine Dampf- und eine Sauerstoffleitung, die gleichfalls geschweißt sind. Eine spätere Ausführung dieses Werkes ist nicht mehr wie die dargestellte aus Profileisen, sondern aus Rohren zusammengeschweißt, wodurch eine noch leichtere und trotzdem tragfähigere Konstruktion erreicht wurde. Die Knotenpunkte sind in der Weise gestaltet, wie man sie aus der Flugzeugtechnik kennt.

Die Schweißtechnik hat sich bereits zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel im Eisenbahnwesen herausgebildet. Es ist selbstverständlich, daß unter diesen Umständen alle Maßnahmen getroffen werden, die erforderlich sind, um gute Arbeit beim Schweißen zu gewährleisten. Hierzu gehören gute Schweißanlagen, gute Zusatzstoffe, gute zuverlässige Schweißer und Beamte, die die Arbeiten überwachen und beurteilen können.

Was die Anlagen anbetrifft, so wird keinem besonderen System der Vorzug gegeben. Man kann für Gasschmelzschweißung Einwurf-, wie Schubkasten-, Verdrängungs- oder Tauch-, Niederdruck-, Mitteldruck- und

[3a]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 47 S. 1675, s. a. dieses Heft S. 1747.
[4]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 7 S. 216.
[5]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 517, Nr. 40 S. 1437.
[6]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 24 S. 805

Hochdruckentwickler finden, bei Lichtbogenschweißung Umformer wie Transformatoren jeder Bauart. Heute wird aber keine Anlage mehr beschafft, die vorher nicht grundlich und längere Zeit bei der Schweißtechnischen Versuchsabteilung der Reichsbahn geprüft ist. Die Versuchsabteilung berät dann die Werke, welche Bauart für die örtlichen Zwecke die beste in technischer und wirtschaftlicher Beziehung ist. Ebenso werden auch die Brenner und sonstiges Zubehör erprobt. Und in gleicher Weise werden alle Zusatzstoffe schweißtechnisch geprüft, ehe eine Drahtlieferung freigegeben wird. Schließlich werden bei der Versuchsabteilung in längeren Lehrkursen Beamte und Schweißer theoretisch und praktisch in allen einschlägigen Fragen unterrichtet und beraten.

Dies hat viel dazu beigetragen, daß unter Vermeidung von Fehlschlägen die Verbreitung der Schweißtechnik im Eisenbahnwesen eine so schnelle und glückliche Entwicklung genommen hat. [B 3642]

## Englische Untersuchungen an geschweißten Druckgefäßen

In einer eingehenden Untersuchungsreihe hat die British Engine Boiler and Electrical Insurance Co., Manchester, zahlreiche Ausführungsformen von Schweißverbindungen vergleichsweise auf Festigkeit untersucht[1]). Als Vergleichsgrundlage wurde eine einfache V-Schweißung gewählt. Die Engländer gingen dabei von dem Gedanken aus, daß eine genaue Angabe der Festigkeit einer Schweißverbindung nicht zweckmäßig ist, wenn es gilt, die jeweils vorteilhafteste Verbindungsform festzustellen. Die Untersuchungen bezogen sich auf Schweißungen von Druckgefäßen für Gas und Druckluft. Geschweißt wurde in allen Fällen mit Elektroden ähnlicher Zusammensetzung und von demselben Arbeiter. Verschweißt wurden verschieden dicke Kesselbleche, das Schweißverfahren war elektrisch (umhüllte Elektroden) oder Azetylenschweißen. Die Schweißraupen wurden gehobelt. In der folgenden Übersichtstafel sind die einzelnen Konstruktionen und ihr Festigkeitsverhältnis angegeben. [M 3663] *A.*

[1]) „The Engineer" Bd. 148 (1929) S. 273.

Englische Untersuchungen über das Festigkeitsverhältnis $\eta$ verschiedenartiger Schweißverbindungen

| Verbindungsform | $\eta$ vH | Bemerkungen |
|---|---|---|
| Einfache V-Naht | 100 | |
| Überlappte Schweißung mit einfacher Kehlnaht (auf Biegung beansprucht) | 50 | für Rundnähte bis zu rd. 12 mm Blechdicke; für Längsnähte an Druckgefäßen völlig ungeeignet |
| Einfacher Stoß mit Lasche von gleicher Blechdicke | 50 | für Rundnähte bis zu rd. 12 mm Blechdicke; für Längsnähte an Druckgefäßen völlig ungeeignet |
| Überlappung (ohne Biegung) | 60 | |
| Einfache Überlappung mit zwei Schweißnähten (auf Biegung beanspr.) | 100 | $l > 3d$; nur für Längsnähte bei Druckgefäßen von weniger als rd. 9 mm Blechdicke |
| Halbüberlappte Verbindung mit zwei Schweißnähten (ohne Biegung) | 120 | |
| Einfacher Stoß mit zwei Laschen von gleicher Blechdicke | 120 | |
| Gebördelte Überlappung | 133 | $l > 2d$; nur brauchbar für Längsnähte an Kesseln unter rd. 9 mm Blechdicke |
| Gebördelte Überlappung | 133 | $l > 2d$; nur brauchbar für Längsnähte an Kesseln unter rd. 9 mm Blechdicke |
| V-Naht mit einfacher Lasche von halber Blechdicke | — | eine unbrauchbare Verbindung; Biegungsbeanspruchung und zusammengesetzte Beanspruchg. in der Schweißnaht, ohne daß die Festigkeit der ganzen Verbindung merklich erhöht wird |

| Verbindungsform | $\eta$ vH | Bemerkungen |
|---|---|---|
| V-Naht mit einfacher Lasche von ganzer Blechdicke | 120 | eine unbrauchbare Verbindung; Biegungsbeanspruchung und zusammengesetzte Beanspruchg. in der Schweißnaht, ohne daß die Festigkeit der ganzen Verbindung merklich erhöht wird |
| V-Naht mit Doppellaschen von halber Blechdicke | 160 | |
| Sonderform einer Lappenschweißung $d_1/2$ | 80 | wegen Herstellungsschwierigkeiten nur 70 vH zu rechnen |
| Querlaschen mit Seitennaht<br>Grundriß<br>a) Doppellaschen von halber Blechdicke<br>b) Einzellasche mit voller Blechdicke<br>c) Einzellasche mit halber Blechdicke | 90<br>75<br>45 | Bruch tritt im allgemeinen in der Schweißnaht auf |
| Querlaschen mit Schweißnaht an allen Kanten<br>Grundriß<br>a) Doppellaschen von halber Blechdicke<br>b) einfache Lasche von voller Blechdicke | 150<br>125 | |
| Geschweißte Flansche | — | |
| Abzweigungen u.a. Anschlüsse | — | |

RZ 3663 21

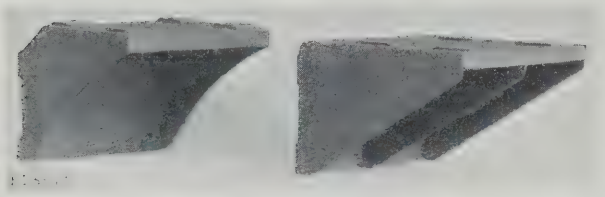


Abb. 1. Geschweißte Konsolen.

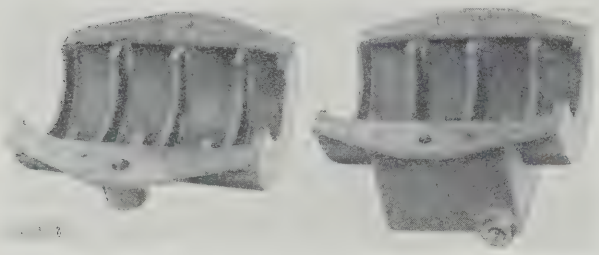


Abb. 2
Geschweißte Lager, einfach und formschön hergestellt.

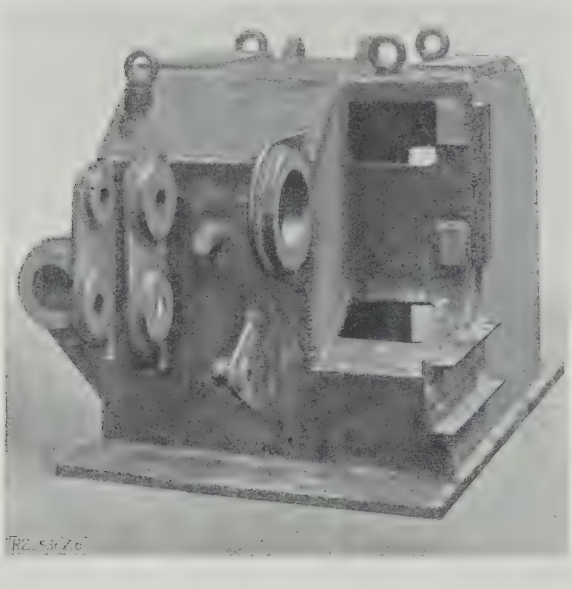


Abb. 3. Geschweißter Teil einer Werkzeugmaschine.

# Schweißen im

Die Anwendung der Schweißung im allgemeinen Maschinenbau ist noch verhältnismäßig jung. Der Elektromaschinenbau kann auf größere Erfahrungen zurückblicken[1]). Das allgemeine Mißtrauen gegen die Schweißung ist recht groß, so daß man nur an ganz wenigen Stellen über tastende Versuche hinausgekommen ist. Anderseits ist die vorhandene Zurückhaltung auch durch fehlende Einrichtungen bedingt und durch den Mangel an sachverständigem Personal aller Grade. Ein Umlernen des Konstrukteurs ist notwendig; er muß erst einmal dafür gewonnen werden, sich von seinen bisherigen Vorstellungen frei zu machen, wie eine Maschine oder ein Maschinenteil aussehen müßte.

Andre Baustoffe bedingen andre Verarbeitung, andre Verarbeitung bedingt andre Formen. Sicherlich muß man auch auf das äußere Aussehen einer Maschine Rücksicht nehmen. Ein richtiger Entwurf, der die Anwendung der Schweißung beachtet, braucht darum noch nicht unschön zu sein. Er soll und muß aber anders aussehen als ein Gußstück. Abgerundete Ecken, schräge Wände und ähnliches braucht eine geschweißte Grundplatte im Gegensatz zur gegossenen nicht mehr zu haben. Rücksichtnahme auf das Herstellverfahren schrieb Rundung und Schrägung vor; das neue Ziel: Anwendung der Schweißung bedingt Fortfall dieser Schönheitselemente. Beide Formen waren und sind dem Baustoff angepaßt, also zweckentsprechend und damit schön. Nur die Gewohnheit läßt uns Unterschiede machen in der Beurteilung.

Wie fehlende, so stehen auch vorhandene Einrichtungen der stärkeren Anwendung der Schweißung entgegen. Die Gießerei, die zur Lieferung geschweißter Konstruktionen überging, würde damit die bei ihr vorhandenen Einrichtungen selbst entwerten. Diese Entwertung würde jedoch nur teilweise eintreten, da man bei weitem nicht alle Gußstücke durch Walzstahlstücke ersetzen kann. Solange wir nicht zum größten Teil zur selbsttätigen Schweißung — mit Lichtbogen oder Widerstand — übergegangen sind, wird man massenhaft hergestellte Gußstücke auch weiterhin gießen und nicht durch Walzstahl zu ersetzen suchen. Wenn jedoch die geschweißten Werkstücke einen Fortschritt bedeuten, und das muß nach den bisherigen Ergebnissen angenommen werden, dann wird die Zurückhaltung einiger oder aller Gießereien den

[1]) s. Z. Bd. 71 (1927) S. 1073, 1449, 1760 sowie dieses Heft S. 1740.

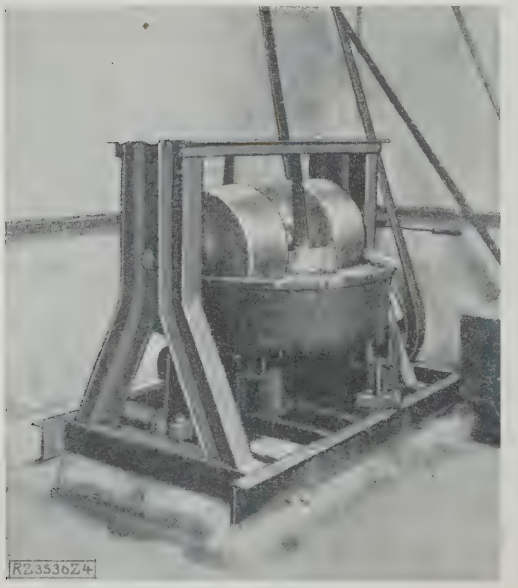



Abb. 4. Geschweißter Kollergang.

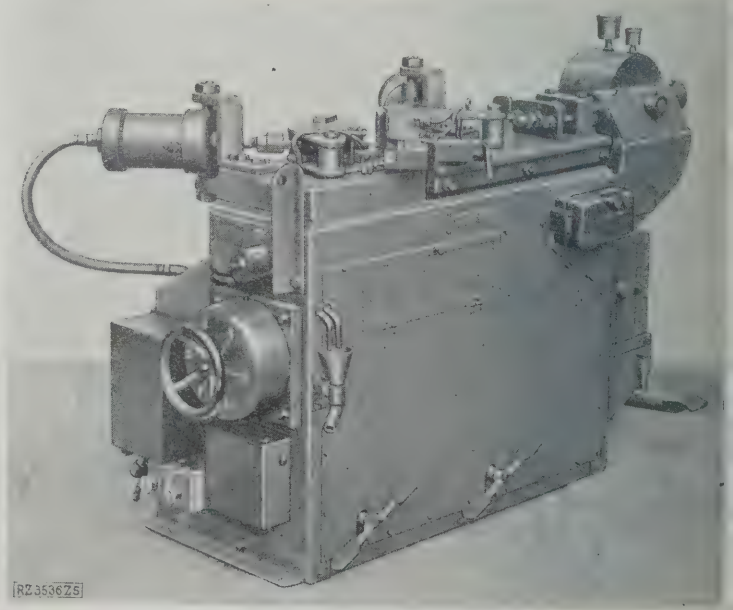



Abb. 5. Geschweißte Schweißmaschinen.

# Maschinenbau

*Von Dr.-Ing. H. NEESE, Moskau*

Fortschritt nicht aufhalten; sie könnte nur bewirken, daß wenige, aber fortschrittliche Werke das neue Herstellverfahren vorzugsweise entwickeln und die Gießereien die Verbraucher von Gußeisen verlieren, ohne dafür die Verbraucher von geschweißten Teilen zu gewinnen.

Ein großer Vorteil geschweißter Werkstücke liegt zunächst einmal in der Gewichtersparnis. Die Ersparnis gründet sich auf die höhere Wertigkeit des Flußstahles, die anscheinend den Konstrukteuren nicht genügend bekannt ist. Zug- und Biegefestigkeit des Gußeisens sind nur klein. Dasselbe gilt hinsichtlich des Elastizitätsmoduls. Bei gleicher Last und gleichem Querschnitt beträgt die Verlängerung eines gußeisernen Stabes das 2½fache des Flußstahlstabes. Wenn man also eine Durchbiegung verhindern oder möglichst klein halten will, so muß man Flußstahl statt Gußeisen wählen. Dabei kann man bedeutend geringere Wanddicken nehmen und auch u. U. zweckmäßigere Formen wählen, als sie bei Verwendung von Gußeisen möglich sind. Im allgemeinen kann man mit Gewichtersparnissen in Höhe von 40 bis 70 vH rechnen.

Stellt man geeignete Werkstücke mittels Schweißung her, so wird auch die Arbeitzeit erheblich verkürzt. Anfertigung der Modelle, Einformen, Gießen und Verputzen fallen fort. Man kommt mit einfacheren Zeichnungen aus; statt der Modellanfertigung beginnt man sofort mit der Herstellung des fertigen Stückes. Dieses stellt man in der gleichen Zeit und mit dem gleichen Aufwand an Leuten her wie sonst erst das Modell. Eine Ausschußgefahr besteht nicht mehr und Lieferzeiten sind eher innezuhalten. Diese werden erheblich verkürzt. Auch Sonderanfertigungen sind möglich im Gegensatz zu bisher, da Modelle fortfallen.

Stets sind jedoch gute Maschinen, gute Elektroden und eine gute Ausbildung und Überwachung der Leute unbedingte Voraussetzung.

Aus alledem ergibt sich auch ein geringerer Kapitalbedarf, da nur geringe Rohstoffmengen notwendig sind, wenn man die Vorräte an Formstahl und Blechen mit denen einer Gießerei vergleicht. Auch die Bearbeitungskosten verringern sich, desgl. die Kosten für die Fracht und im Falle der Ausfuhr die Höhe des Zolls. Auch kleinere Stücke lassen sich gut mittels Schweißung herstellen. Hierfür kommt die Widerstandschweißung sehr in Frage.

Am besten beginnen der Konstrukteur und die Werkstatt mit Einzelteilen geringeren Umfangs. Konsolen, Lagerarme, kleinere Ständer und Tische, kurze Säulen u. ähnl. Stücke lassen sich gut aus Formeisen und Blechen herstellen. Konstrukteur und Werkstatt lernen daran. Abb. 1 bis 6 zeigen einige Beispiele, Abb. 7 bis 12 die Gegenüberstellung eines gegossenen und eines geschweißten Maschinenteiles. [B 3536]

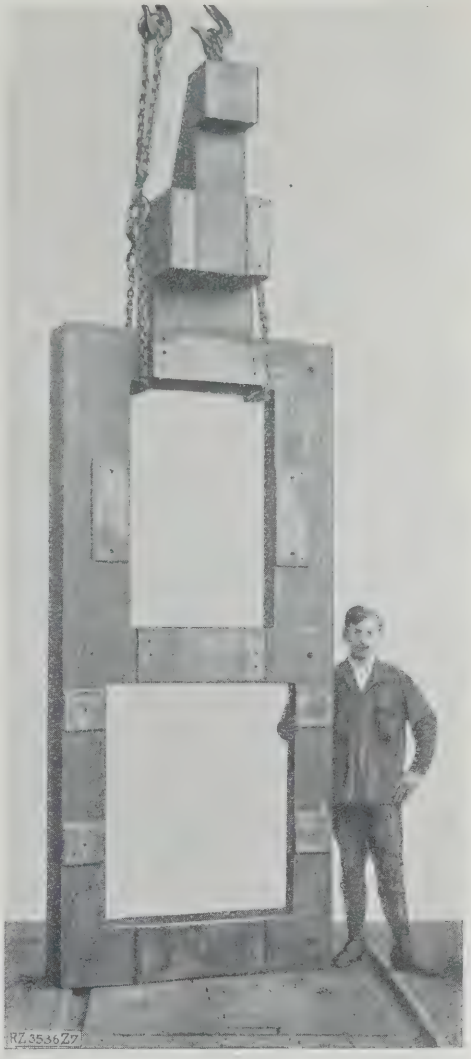



Abb. 6
Geschweißte Grundplatte.

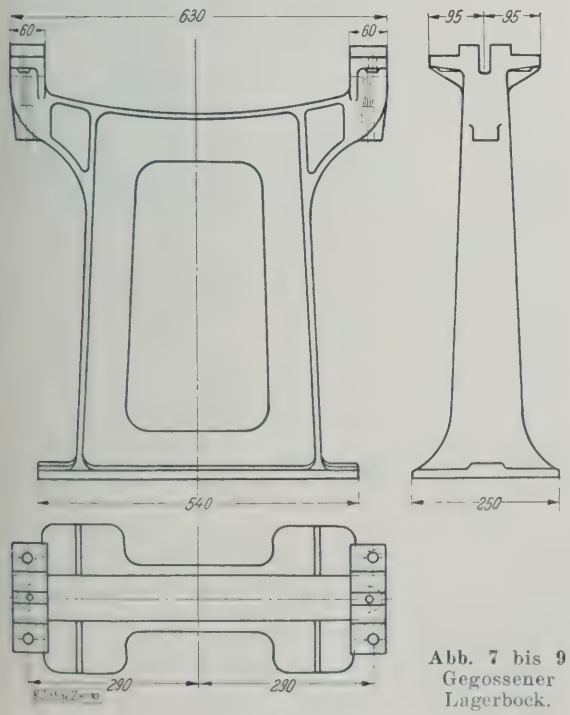



Abb. 7 bis 9
Gegossener Lagerbock.

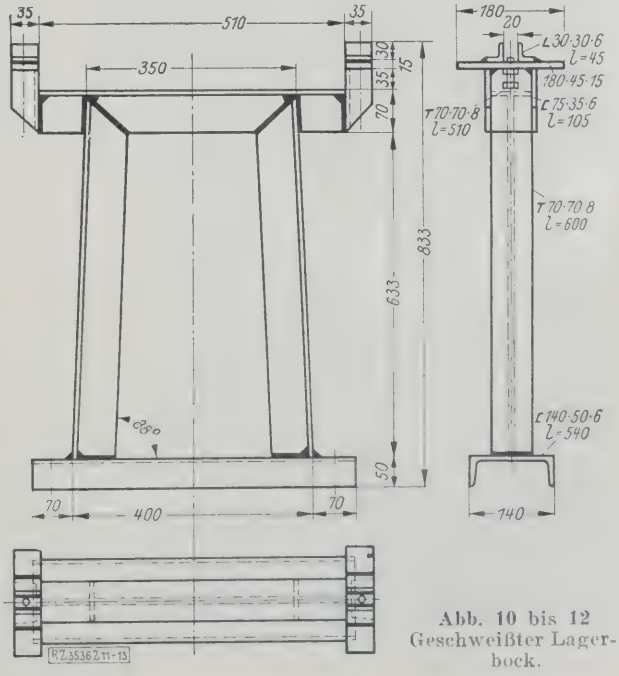



Abb. 10 bis 12
Geschweißter Lagerbock.

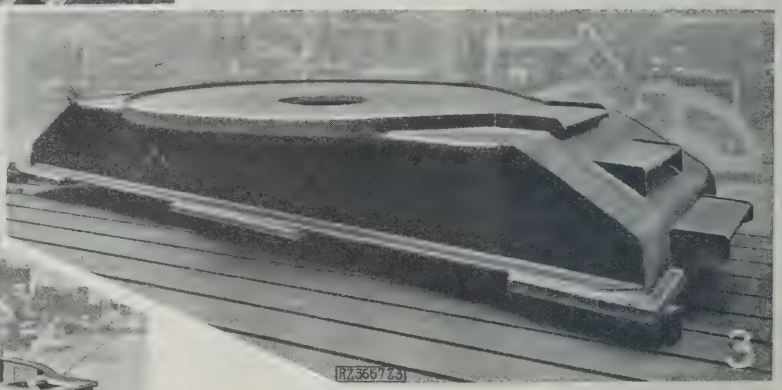
# Lichtbogenschweißung im Bau elektrischer Maschinen

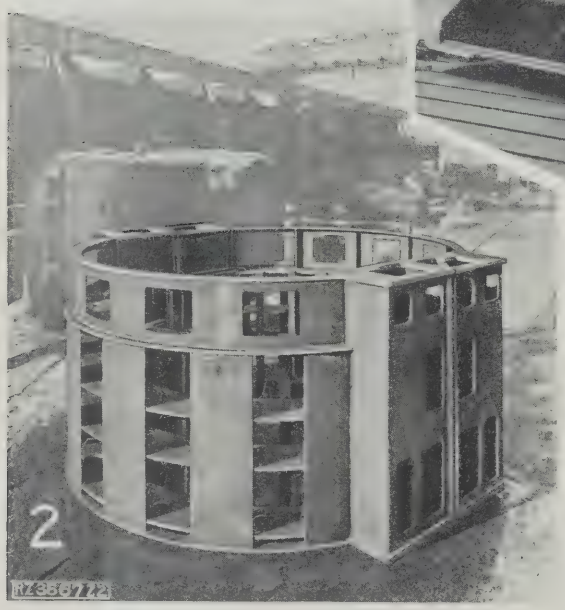
*Von Dipl.-Ing. CARL RITZ, Berlin-Charlottenburg*

Noch ist vielfach die Meinung verbreitet, die Anwendung der Lichtbogenschweißung beschränke sich in der Hauptsache auf die Ausführung von Instandsetzungsarbeiten, denn aus den ersten Jahren der Entwicklung dieses Arbeitverfahrens ist man gewohnt, vornehmlich Kalt- und Warmschweißungen an gebrochenen gußeisernen Werkstücken als Beispiele erfolgreich ausgeführter Schweißungen erwähnt zu sehen.

Inzwischen hat sich die Lichtbogenschweißung weite Gebiete der Fertigung erobert und ist für den zeitgemäß eingestellten Konstrukteur eines der wichtigsten Arbeitsverfahren geworden. Sie gibt ihm die Möglichkeit, bei seinen Entwürfen durch ihre Anwendung den Werkstoff besser auszunutzen, an Gewicht zu sparen und die Herstellkosten wesentlich zu vermindern.

Schiff- und Behälterbau haben sich zuerst die Lichtbogenschweißung zunutze gemacht, und zwar hauptsächlich als Ersatz für die Nietung, aber auch der Maschinenbau hat im Laufe der Zeit die Bedeutung des Schweißens für die wirtschaftliche Herstellung seiner Erzeugnisse erkannt und hat an Stelle der bisher üblichen gußeisernen




Ausführung in sehr vielen Fällen die geschweißte Bauart eingeführt.

Die Elektroindustrie ist hier bahnbrechend vorangegangen[1]). Durch die in jahrelanger Arbeit von ihr geförderte Entwicklung der elektrischen Schweißmaschinen[2]) verfügte sie von Haus aus über ausreichende Erfahrungen auf schweißtechnischem Gebiet und war vertraut mit dem zum Schweißen notwendigen Gerät und seiner zweckmäßigen Verwendung.

In der richtigen Erkenntnis, daß die für genietete und gegossene Werkstücke herkömmliche Formgebung sich nicht ohne weiteres auf die geschweißte Ausführung übertragen läßt, wurden auch hier neue Wege beschritten und die Bauart den Bedingungen des neuen Arbeitsverfahrens angepaßt. Daß diese Umstellung mit Erfolg durchgeführt wurde, zeigen Abb. 1 bis 9, die eine kleine Auswahl von Beispielen praktischer Anwendung der

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1073 und S. 1760.
[2]) Z. Bd. 72 (1928) S. 305; Bd. 73 (1929) S. 209.

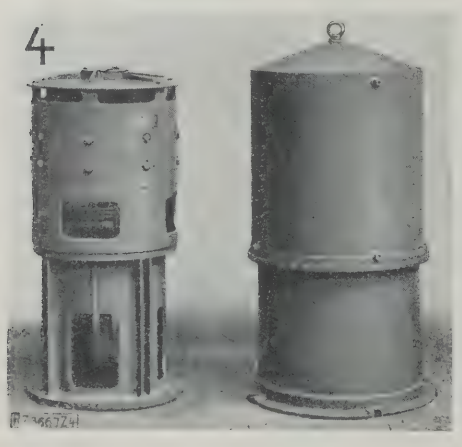



**Abb. 1.** Vierteiliges Gehäuse eines 5000 kVA-Drehstromerzeugers, 94 U/min, 10 m Dmr.

Größter in Deutschland geschweißter Stromerzeuger, aus Blechen und Profilen zusammengesetzt. Die Auflagen für die Ständerbleche dienen als Versteifungen für das Gehäuse.

**Abb. 2.** Zweiteiliges Gehäuse eines 27 000 kVA-Drehstromerzeugers mit senkrechter Welle, 15 500 V, 430 U/min.

**Abb. 3.** Obere Brücke.

Beim Entwurf des Werkstückes wurden die vielseitigen Gestaltungsmöglichkeiten, die das Schweißen bietet, dazu benutzt, um in einfacher Weise die Treppenstufen und den Umgang zur Bedienung der Maschine zweckmäßig anzuordnen.

**Abb. 4.** Geschweißter 14,5 kW-Gleichstrommotor mit senkrechter Welle und Taucherglocke.

Gehäuse aus Blechen und Formeisen zusammengeschweißt. Die Schweißnaht am Mantelblech ist so gelegt, daß sie so kurz wie möglich gehalten werden konnte.

Lichtbogenschweißung im Maschinenbau, und zwar in erster Linie aus dem Gebiet des Baues elektrischer Maschinen geben.

Da man durch langjährige Gewöhnung auf die abgerundeten Formen der Maschinen aus Gußeisen eingestellt war, wurden die ersten Ausführungen geschweißter Maschinen ihrer strengen Linienführung wegen vielfach als weniger schön im Aussehen empfunden, und es bedurfte einer gewissen Zeit, bis sich ein neuer Stil der geschweißten Ausführungen herausgebildet hatte, der allen Geschmack allgemein befriedigte, Abb. 6.

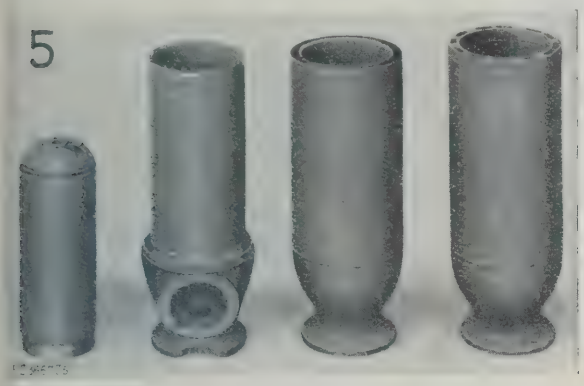



**Abb. 5.** Geschweißter Oberteil eines Drehstrom-Tauchmotors.
Eine Ausführung mit derartig geringen Wanddicken und dem geringen Abstand zwischen innerem und äußerem Rohr ist nur mittels der Schweißung möglich.

**Abb. 6.** Geschweißter 9 kW-Kaskadenumformer für 750 U/min.
Lager und Gehäuse des Maschinensatzes, geschweißt und zu einem einheitlich wirkenden Ganzen vereinigt. Für solche Maschinen hat man heute schon die Form gefunden, die ansprechend wirkt und doch die Eigenart der geschweißten Ausführung deutlich erkennen läßt.

**Abb. 7.** Geschweißter Doppellüfter, 3,5 m Dmr.
Aus 8 mm dicken Blechen mittels Lichtbogens geschweißt. Verziehungen im Werkstück mußten bei der Herstellung vermieden werden, weil der Lüfter seitlich nicht schlagen durfte.

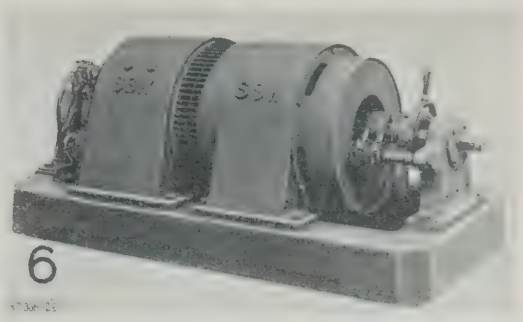
**Abb. 8.** Kessel von Freiluft-Ölschaltern für 200 kV, 600 A, 2,7 m Dmr. und 5 m Höhe des zylindrischen Teils.
Öldichte Längs- und Rundnähte sowie Sockel und Deckel sind elektrisch geschweißt.

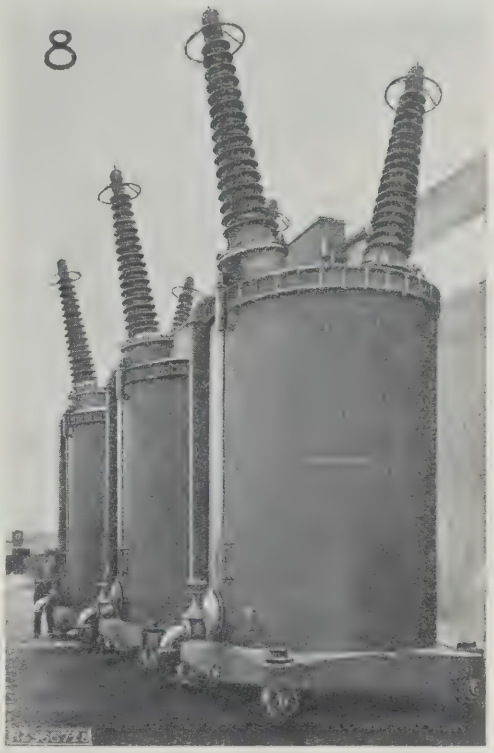
**Abb. 9.** Quecksilberdampf-Großgleichrichter für 2000 A, 850 V.
Die mittels Lichtbogenschweißung hergestellten Nähte sind vakuumdicht.

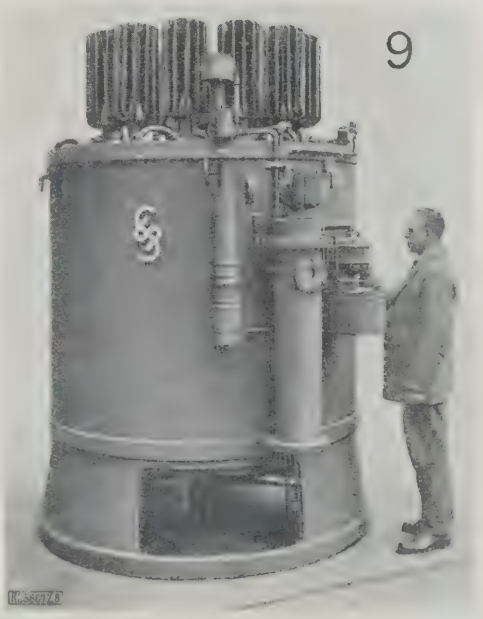
Die Beispiele zeigen, daß das elektrische Schweißen im Maschinenbau schon ausgedehnte Anwendung gefunden hat, und zwar bei Erzeugnissen, die ihrer Größe, ihrer Bauart und ihrem Verwendungszweck nach besondere Beachtung zu finden verdienen. Die Ausführung der Arbeiten war nur dadurch möglich,

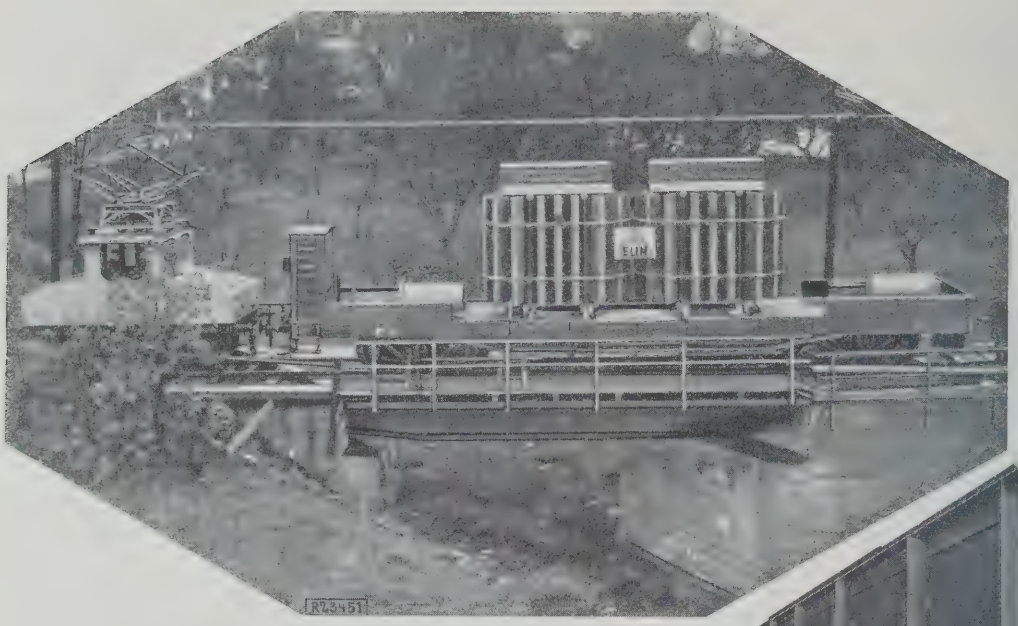
daß sich der Konstrukteur beim Entwurf auf die Eigenart des Schweißverfahrens einstellte,
daß der Betrieb die Ausführung nur gut ausgebildeten Schweißern anvertraute und diese ständig überwachte und
daß man geeignete Schweißmaschinen, Werkstoffe und Elektroden benutzte.

Sind diese Voraussetzungen erfüllt, dann bringt die Anwendung der Lichtbogenschweißung die technischen und wirtschaftlichen Vorteile, die man auf einer Reihe von Gebieten schon erfahren hat und die man auf sehr vielen andern noch erhofft. [B 3667]

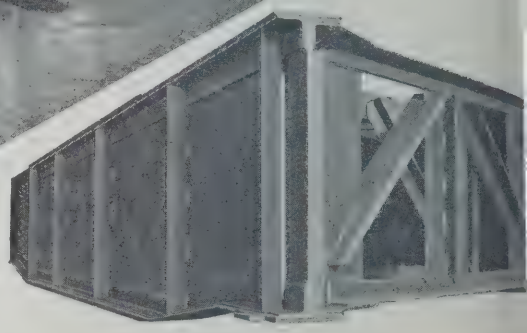





**Eine elektrisch geschweißte Eisenbahnbrücke in Österreich**



# Elektrisch geschweißte Eisenkonstruktionen

*Von Dr. E. ROSENBERG, Weiz*

*Vorversuche für die Ausführung einer elektrisch geschweißten Eisenbahnbrücke — Von den Gutachtern empfohlene Berechnungsgrundlagen — Konstruktive Ausbildung der Eisenbahnbrücke — Vorschläge zur Vereinfachung der Bauart unter voller Ausnutzung der Vorteile der elektrischen Schweißung — Zuverlässigkeit von Schweißnähten — Beschreibung der elektrisch geschweißten Dachkonstruktion einer 100 m langen und 12 m breiten Halle für Lichtbogenschweißung — Gewaltproben*

## Eisenbahnbrücke

Bei einer Fabrikerweiterung der „Elin", A.-G. für elektrische Industrie, Weiz, die unter anderm eine große Halle für Lichtbogenschweißung umfaßt, waren neue Gleise der normalspurigen, elektrisch betriebenen Werkbahn und auch eine neue Eisenbahnbrücke erforderlich. Die Schienen für die neuen Gleise, ebenso wie die Krane und die Dachkonstruktion der neuen Halle wurden elektrisch geschweißt. Begreiflicherweise entstand der Wunsch, auch die Eisenbahnbrücke zu schweißen, und die Behörden wurden um die Genehmigung dieser Bauweise ersucht. Der Genehmigung begegneten Schwierigkeiten, weil weder in Österreich noch in Deutschland ein Vorbild bestand[1]) und weil auch in beiden Ländern keine Vorschriften für die Berechnung solcher Bauwerke bestehen.

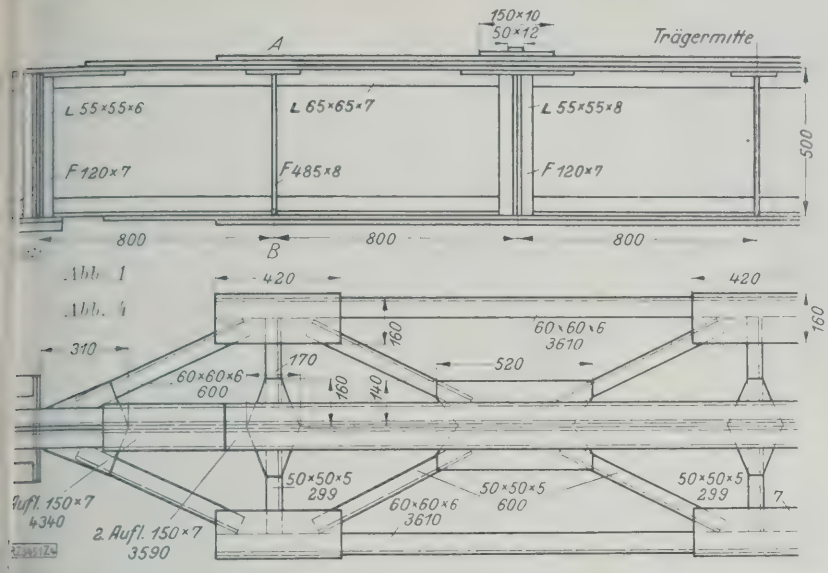
Die Erlaubnis für das Schweißen von Kranbahnen und Kranbrücken, dann für das Eisengerüst des Glasdaches für die neue Halle konnte die Landesregierung aus dem Grund erteilen, weil bei industriellen Bauten der Bauherr eine wesentliche Verantwortung trägt und weil den amtlichen Sachverständigen neben Versuchsreihen, die von Prof. Dr. *A. Leon*, Grazer Technische Hochschule, aufgenommen waren, auch viele seit Jahren bewährte Konstruktionen und eine Kranbahn in den Elinwerken gezeigt werden konnte, die mittels Schweißung für das Doppelte der ursprünglichen Nutzlast verstärkt worden war und seit mehreren Jahren in Betrieb ist. Es konnte auch auf eine Zahl von Hochspannungsmasten verwiesen werden, die die „Elin" geschweißt und im In- und Ausland aufgestellt hatte.

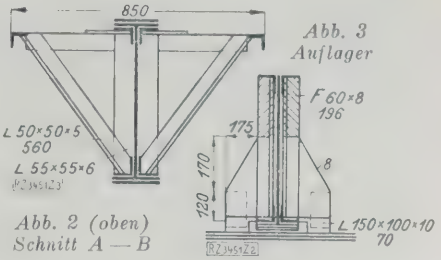
Bevor das Bundesministerium die Bewilligung zum Schweißen einer Eisenbahnbrücke erteilte, hätte es aber gern die Verwendung der Schweißung bei einer Straßenbrücke gesehen. Doch ist heute bei kleineren Straßenbrücken der Eisenbetonbau üblich, so daß auf eine solche Probeausführung nicht gewartet werden konnte. Daher verlangte das Bundesministerium für Handel und Verkehr ein Gutachten von Professoren beider technischer Hochschulen in Österreich, und sowohl Dr. *Georg Kapsch*, bis Herbst 1928 Professor des Brückenbaues an der Grazer, jetzt an der Münchner Technischen Hochschule, als auch Prof. Dr. *Friedrich Hartmann*, Wien, wurden befragt.

Prof. *Kapsch* ordnete vor Abgabe seines Gutachtens einen Versuch mit einem geschweißten Träger an, der ähnlich wie ein vollwandiger genieteter Träger zusammengebaut war, Abb. 1 bis 5. An ein Stehblech wurden oben und unten Gurtwinkel angeschweißt und an diesen oben und unten je zwei waagerechte Gurtplatten durch volle Längsschweißnähte befestigt. Die beiden Gurtplatten wurden miteinander durch volle Längsnähte verschweißt. Eine weitere Befestigung der Platten untereinander, etwa durch einzelne nietartig geschweißte Punkte, wurde nicht vorgenommen, damit man beim Zerstörungsversuch die Erscheinungen ohne solche Zusatzschweißung genau beobachten konnte. Der Träger wurde in der Brückenbauanstalt der Waagner-Biró-A.-G., Graz, aus handelsüblichem Walzstahl geschnitten und durch eine Arbeiter der „Elin" geschweißt. In der Brückenbauanstalt fand dann eine Belastungsprobe des Trägers statt, die bis zur Zerstörung fortgesetzt wurde.

Abb. 6 bis 8 zeigen die Anordnung für den von Oberingenieur *Stadler* geleiteten Belastungsversuch. Vier I-Träger des österreichischen Normalprofils 45 wurden waagerecht gelagert; unter ihnen wurde der Versuchsträger mittels zweier Zangen aufgehängt, und es wurden zwei miteinandergekuppelte Druckwasserpressen für je 100 t Druck zwischen Versuchs- und Hilfsträger angebracht, so daß eine symmetrische Belastung in zwei Punkten mit einem Abstand von 1600 mm auftrat. Um eine seitliche Ausknickung des Versuch

[1]) Demnächst erscheint: *Bondy*: Schweißen im Stahlbau, I. Teil der „Mustergültigen Schweißkonstruktionen", herausgegeben vom Fachausschuß für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure, Berlin NW 7, VDI-Verlag, 1930.



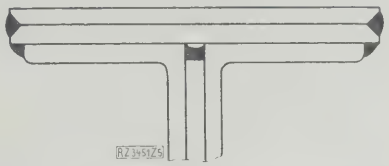



Abb. 5. Anordnung der Schweißnähte.

**Abb. 1 bis 5.** Elektrisch geschweißter Versuchsträger.

Stehblech 500 × 8, Winkel 65 × 65 × 7, Gurtbleche 150 × 7, Widerstandsmoment 2375 cm³, Stützweite 4800, Versteifung des Obergurtes durch waagerechten Verband.

igers zu verhindern, waren am Obergurt des Versuchs-igers Versteifungsstützen angeschweißt worden, b. 1, 2 und 4. Der Versuchsträger wurde mit Kalkmilch spritzt, so daß Streckungen und Stauchungen durch s Abspringen der weißen Farbteilchen kenntlich rden.

Zuerst wurde die Belastung von 15 t in jeder Druck-asserpresse hergestellt, die eine Beanspruchung des rägers von 1011 kg/cm² ergab. Dann wurde die Be-stung auf mehr als das Vierfache, bis zu einer er-chneten Beanspruchung von 4300 kg/cm² gesteigert, ne daß irgendwo ein Nachlassen der Schweißnähte be-erkbar wurde. Die Kalkstäubchen fielen vom gesun-n Werkstoff ab und zeigten dort Dehnungen und ins-esondere Stauchungen, während die Schweißnähte völlig nverändert blieben. Der Werkstoff war schon über die renze beansprucht, die als Zerreißfestigkeit für den blichen Walzstahl gewährleistet wird. Die Durchbie-ung in der Trägermitte wurde im Obergurt mittels ines eingebauten Schubers[2]) gemessen, im Untergurt

[2]) An einem von Versuchs- und Hilfsträger unabhängigen Holz-erbalken wurde eine Zunge befestigt; diese konnte in einer Führung eiten, die mit dem Obergurt des Versuchsträgers fest verbunden war nd eine Millimeterteilung trug. Marken auf Zunge und Führung zeigten e Anfangslage an. Die jeweilige Durchbiegung konnte dann als Ab-and dieser Marken unmittelbar abgelesen werden.

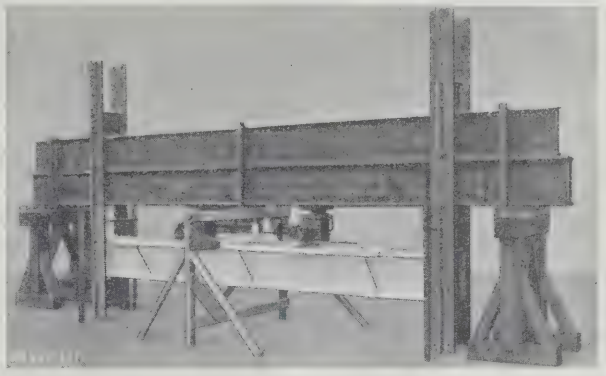


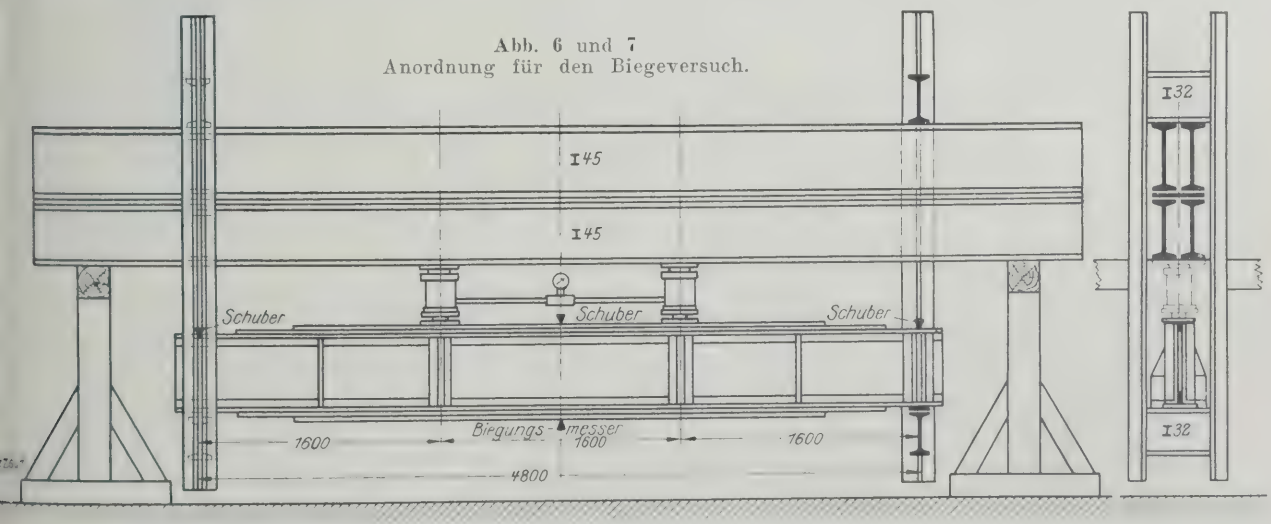
**Abb. 8**
Anordnung für den Biegeversuch.

Zwischen Versuchsträger (unten) und Hilfsträger (oben) sind zwei kommunizierende Druckwasserpressen eingebaut.

mittels eines Durchbiegungsmessers, Bauart H. Sartorius, Düsseldorf. Ferner wurden die Höhenlagen der Auflagerquerschnitte durch angebrachte Schuber überwacht. Die Ergebnisse der durchgeführten Belastungsproben sind in Zahlentafel 1 eingetragen.

An der Gurtoberfläche des mit Kalkmilch bestrichenen Trägers konnte deutlich die eintretende plastische Verformung des Werkstoffes beobachtet werden.

**Abb. 6 und 7**
Anordnung für den Biegeversuch.




Zwischen Versuchsträger (unten) und Hilfsträger (oben) sind zwei kommunizierende Druckwasserpressen eingebaut.

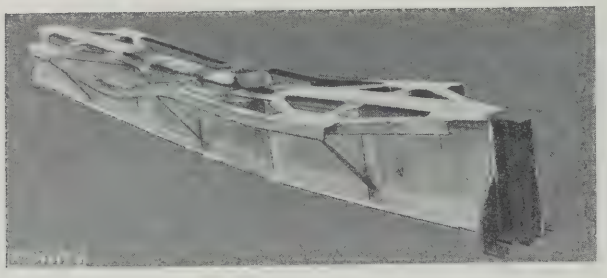


**Abb. 9**
Träger nach der Zerstörungsprobe.

Eine der Streben des waagerechten Verbandes wurde absichtlich losgeschlagen.

Irgendwelche Veränderungen an den Schweißnähten wurden bis zur Belastung von $2 \times 64$ t nicht festgestellt.

Die Durchbiegungen wurden dann noch weiter gesteigert; bei einer Durchbiegung von 60 mm zeigte sich ein Aufsteigen der Gurtplatten des Obergurtes neben der rechts angeordneten Presse, wobei die waagerechten Winkelschenkel der Gurtwinkel durch die Schweißnähte mitgenommen wurden. Abb. 9 zeigt die Art der Verformung. Bei einer fortschreitenden Vergrößerung der Durchbiegung traten bei einer Durchbiegung von 125 mm die ersten Risse in der Schweißnaht zwischen Oberg... winkel und Lamellen an jener Stelle ein, an der das A... steigen der Obergurtlamellen stattfand. Am Träg... untergurt konnte auch bei einer Durchbiegung ... 158 mm noch keine unmittelbare Zerstörung von We... stoff und Schweißnähten beobachtet werden. Nach ... Biegeprobe wurde eine der Streben, die den waa... rechten Verband des Obergurtes gegen den Träger ... stützte, durch einen Hammerschlag mit dem Vorschl... hammer losgeschlagen, Abb. 9.

**Zahlentafel 1**
Versuchsergebnisse des belasteten Trägers

| Belastung | Berechnete Beanspruchung | Schubkraft | | Durchbiegung der Trägermitte | | | Bleibende Durchbiegung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | berechnet | gemessen | | |
| | | | | | Biegungsmesser | Schuber | |
| t | kg/cm² | $t_w$ kg/cm | $t_f$ kg/cm | mm | mm | mm | mm |
| $2 \times 15$ | 1011 | 225 | 129 | 4,35 | 3,5 | 4 | — |
| $2 \times 27{,}5$ | 1853 | 413 | 237 | 7,98 | 8 | 9 | 1 |
| $2 \times 37{,}5$ | 2526 | 562 | 323 | 10,88 | 11,5 | 12,2 | 3 |
| $2 \times 52{,}5$ | 3537 | 788 | 452 | — | 19 | 20 | 7,5 |
| $2 \times 60$ | 4042 | 900 | 517 | — | 27 | 28 | nicht beobachtet |
| $2 \times 64$ | 4312 | 960 | 550 | — | — | 48 | nicht beobachtet |

$t_w$ Schubkraft zwischen Stehblech und Gurtwinkel
$t_f$ „ „ erster Gurtplatte und Gurtwinkel

Die höchste aufgebrachte Belastung, bei der ein Druckabfall im Prüfmanometer noch nicht beobachtet wurde, betrug $2 \times 64$ t.

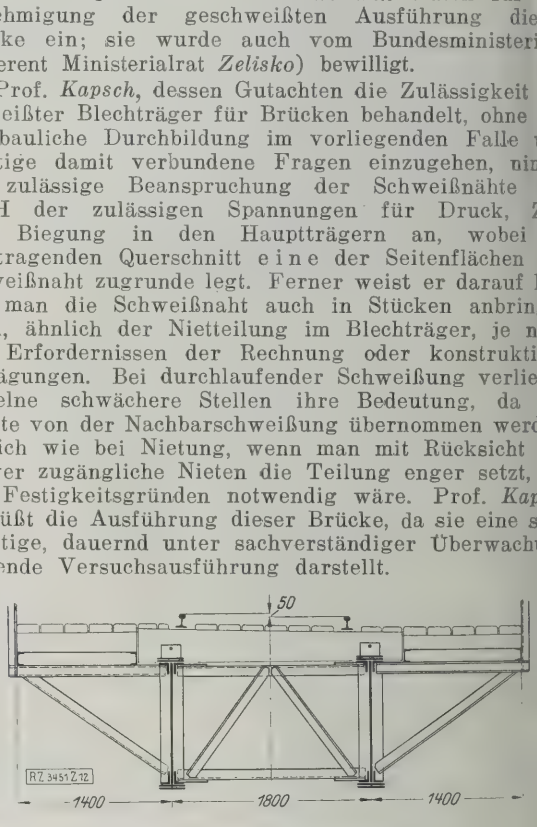
Es zeigte sich während der ganzen Belastung bis ... f... den vierfachen Wert der üblichen die Naht stärker als ... s... ursprüngliche Blech, ein Beweis, daß es nicht notwen... g... wäre, eine Vollnaht herzustellen, sondern daß es ... nügen würde, kurze Nahtstücke mit Zwischenräumen ... verwenden. Die Brückenträger wurden aber wegen ... r... Neuheit des Gegenstandes mit vollen Nähten ausgefüh... Abb. 10 bis 12.

Prof. *Kapsch* und Prof. *Hartmann* traten für ... Genehmigung der geschweißten Ausführung dies... Brücke ein; sie wurde auch vom Bundesministeri... (Referent Ministerialrat *Zelisko*) bewilligt.

Prof. *Kapsch*, dessen Gutachten die Zulässigkeit ... schweißter Blechträger für Brücken behandelt, ohne a... die bauliche Durchbildung im vorliegenden Falle u... sonstige damit verbundene Fragen einzugehen, nim... die zulässige Beanspruchung der Schweißnähte ... 80 vH der zulässigen Spannungen für Druck, Z... und Biegung in den Hauptträgern an, wobei ... als tragenden Querschnitt e i n e der Seitenflächen d... Schweißnaht zugrunde legt. Ferner weist er darauf hi... daß man die Schweißnaht auch in Stücken anbring... kann, ähnlich der Nietteilung im Blechträger, je na... den Erfordernissen der Rechnung oder konstruktiv... Erwägungen. Bei durchlaufender Schweißung verlier... einzelne schwächere Stellen ihre Bedeutung, da d... Kräfte von der Nachbarschweißung übernommen werde... ähnlich wie bei Nietung, wenn man mit Rücksicht a... schwer zugängliche Nieten die Teilung enger setzt, a... aus Festigkeitsgründen notwendig wäre. Prof. *Kaps*... begrüßt die Ausführung dieser Brücke, da sie eine se... günstige, dauernd unter sachverständiger Überwachu... stehende Versuchsausführung darstellt.

**Abb. 10 bis 12**
Elektrisch geschweißte Eisenbahnbrücke über den Weizbach.

Schiefe Stützweite 8,86 m, schief unter $54^1/_2$ Grad
Gleissteigung 30 vT
Gleiskrümmung $R = 90$ m
Schienenüberhöhung 50 mm
Normalspur—Verkehrslast Lastenzug
6 Achsen je 25 t bei 1,50 m Achsabstand
Höchste Zuggeschwindigkeit 36 km/h



Prof. *Hartmann* empfiehlt mit Rücksicht auf die heit der Ausführung eine Beanspruchung der weißnaht mit höchstens 70 vH des vollen Werkstoffes. den Vorversuchen wurde eine Mindestfestigkeit von H ermittelt. Die Schweißnähte sollen durchlaufend geführt werden und als tragender Querschnitt gegen erung der schmalste der Rechnung zugrunde gelegt rden, das ist Länge mal 4,2 mm bei 6 mm breiter weißnaht, Abb. 13. Durch das Einbrennen werde ar die abzuscherende Fläche größer, dies sei jedoch der fertigen Naht äußerlich nicht feststellbar und es me wohl auch kein Mindestmaß dafür gewährleistet rden. Es wird ein Vergleich gezogen mit doppelnittigen Halsnieten, wobei die Scherkraft für eine te von 24 mm Dmr. mit 27 t angenommen wurde, wogen sich die Schubfestigkeit der auf eine Nietteilung fallenden Schweißnaht zu 55 t errechnet. Prof. *Hartann* folgert, daß die Sicherheit der geschweißten Trär bei guter, durchlaufender Schweißung viel größer als die der genieteten.

Bei der praktischen Ausführung war es leicht, die n den Gutachtern empfohlenen Sicherheitswerte einhalten und die Schweißnähte reichlich stark zu machen. e Brücke ist für eine im Verhältnis zum Eigengewicht ar große Verkehrslast bemessen, da ein Achsdruck n 25 t zugrunde gelegt ist, der später für die schwern Lokomotiven der österreichischen Bundesbahnen lässig sein wird. Gegenwärtig verkehren nur leichre Fahrzeuge auf der Bahn.

Die erste Ausführung lehnt sich naturgemäß an die onstruktion der bisher üblichen, genieteten Brücken . Es ist aber anzunehmen, daß man bei späteren Ausrungen von den Vorteilen der Schweißung vollen Geauch machen und zu einfacheren Konstruktionen überhen wird. Eine Schweißnaht ist, auf Zug und Druck anspruchtt, dem gesunden Werkstoff annähernd gleichertig. Es ist daher richtig, stumpfe Nähte herzustellen, e selbst auf Zug oder Druck beansprucht werden und n allen Überlappungen abzusehen, Abb. 14 bis 16. Winkel zwischen dem Stehblech und den Flanschen sind ei Schweißung nicht erforderlich. Auch ist es nicht notendig, zur Herstellung eines Körpers annähernd gleier Festigkeit die Gurtplatten durch Übereinanderchichten gleich starker und verschieden langer Bleche bilden. Man kann ohne weiteres den mittleren Teil us dickerem Blech herstellen und immer schwächere lanschbleche gegen die Enden zu stumpf anschweißen.

Die Gurtdicke kann man dabei ohne Schwierigkeiten uch in vielen kleinen Stufen abstufen, wodurch der Verkstoffaufwand noch verringert wird. Die Länge der

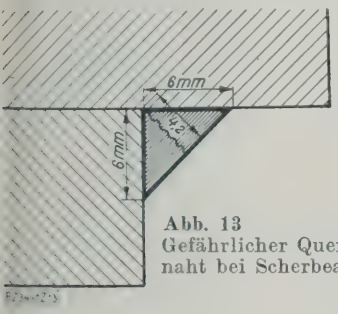



**Abb. 13**
Gefährlicher Querschnitt einer Schweißnaht bei Scherbeanspruchung.

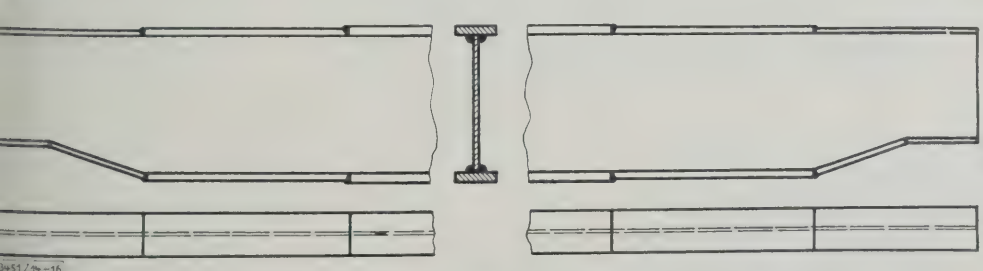


**Abb. 14 bis 16.** Vorschlag für einen elektrisch geschweißten Brückenträger mit verschieden starken Gurtblechen.
Keine Winkeleisen, geringster Materialaufwand, geringste Schweißnahtlänge.

**Abb. 19**
Schweißung der Brückenträger in der Werkstatt.

Schweißnähte wird bei Aneinanderreihung verschieden dicker Gurtbleche selbst bei vielen Stufen noch wesentlich geringer als bei Übereinanderschichtung. An einem Hauptträger der Brücke sind bei Ausführung nach Abb. 10 bis 12 z. B. 99 m Gurtschweißnaht erforderlich, bei Ausführung nach Abb. 14 bis 16 nur 38 m. Zur Versteifung der Gurtbleche gegen die Stehbleche können, wenn besonders breite Gurte dies erfordern, schräg gestellte Stäbe, Abb. 17 und 18, oder eingeschweißte Blechdreiecke verwendet werden, deren Befestigung einfach und verläßlich herzustellen ist. Bei genieteten Trägern ist dies wegen der schwierigen Nietung solcher Streben unerwünscht. Der Anschluß von Querverbänden, Windstreben usw. ist bei Schweißung stets leichter auszuführen als bei Nietung.

Eine wesentliche Werkstoffersparnis wird bei geschweißten Trägern dadurch erzielt, daß keine Schwächung durch Nietlöcher eintritt, also mit dem vollen Blechquerschnitt gerechnet werden kann. Die Baustoffersparnis bei der beschriebenen Schleppbahnbrücke beträgt in der Ausführung nach Abb. 10 bis 12 rd. 10 vH gegenüber der genieteten Ausführung, bei Ausführung nach Abb. 14 bis 16 rd. 15 vH. Bei Brücken, deren Eigengewicht groß im Verhältnis zur Verkehrsbelastung ist, wirkt die durch Schweißung erzielte Gewichtersparnis nach Art einer geometrischen Reihe fort, so daß die Ersparnisse an Baustoffen im Endergebnis weit größer werden.

Abb. 19 zeigt die Durchführung der Schweißung in der Werkstatt der Waagner-Biró-A.-G., Brückenbauanstalt. Die Nähte wurden mit Eisendraht-Elektroden mit der Hand geschweißt; der fahrbare Schweißumformer ist auf dem Bilde ersichtlich. Solche Umformer können auf jeder Baustelle verwendet werden, die einen elektrischen Anschluß hat. Der mit der *Rosenberg*-Schweißdynamo[3]) zusammengebaute Antrieb-

[3]) Z. Bd. 73 (1929) S. 212.

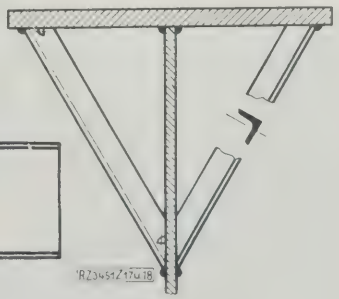


**Abb. 17 und 18**
Versteifung des Gurtes durch schräg eingeschweißte Streben.

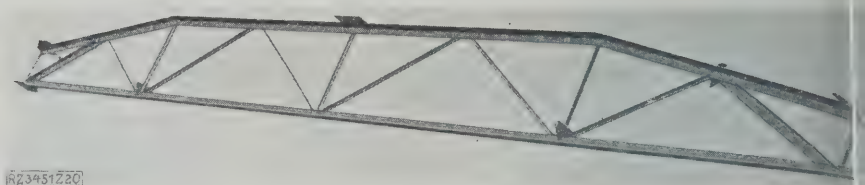


Abb. 20
Dachbinder.

Abb. 22
In der Fertigungswerkstatt zerstörter Dachbinder, mit heilgebliebenen Schweißnähten.

Abb. 21
Zusammenbau geschweißter Dachbinder.

motor ist mit 8 kW reichlich bemessen; wo elektris Leitungen nicht vorhanden sind, wird ein Benzinm zum Antrieb der Schweißdynamo benutzt. Die T bilder zeigen die fertiggestellte Brücke.

Vor Erteilung der Bewilligung wurde von den m gebenden Stellen das Bedenken geäußert, daß die Schw ßung viel mehr als die Nietung von der Tüchtigkeit der Gewissenhaftigkeit des Schweißers abhängig Dagegen konnte aber ins Treffen geführt werden, daß einer Fabrik, die Hunderte von Schweißern ausge det hat und Dutzende von Schweißern gleichze verwendet, der Schweißer nicht eine unüberwachb Persönlichkeit ist, sondern daß seine Arbeit und Verl lichkeit genau so gut bekannt ist, wie die eines Dreh oder Schlossers. In einer großen Werkstatt weiß n Anfänger und Leute mit geringer Erfahrung oder V läßlichkeit sehr wohl zu unterscheiden von denen, schwierige und genaue Arbeit ausgeführt haben. E Brückenbauanstalt, die sich auf das Schweißen einrich hat in ihrer Werkstatt so viele Schweißarbeiten von leichtesten bis zur schwierigsten Art, daß die Schwei von ihrer Ausbildung an fortwährend zu schwierige Arbeiten verwendet und ihre Verläßlichkeit im pr tischen Betrieb leicht festgestellt werden kann. Auswahl verläßlicher Schweißer für die Arbeit b Zusammenbau ist nicht schwieriger als die Auswahl anderm Personal.

### Eisendach-Konstruktion

Die Binder des Hallendaches wurden durch einfa Stumpfschweißung der Profileisen verbunden, Abb. und 21. Auch bei solchen Bindern wurde ein Zerstörun versuch vorgenommen, allerdings nicht auf Anordnu von Sachverständigen, sondern durch einen ungewoll Zufall. Die Binder wurden in der Werkstätte der Wie Brückenbau- und Eisen-Konstruktion-A.-G., vorm Teudloff & Dittrich, angefertigt und waren zur Abs dung bereitgestellt, durch falsche Bedien eines Kranführers mehr Binder durch eine gro schwingende Last um worfen und schwer besc digt wurden. Abb. 22 z einen arg verbogenen B der, dessen Streben g gewunden und zusamm geknickt sind, ohne daß zugehörigen Schweißnä gerissen wären, Abb. und 24. Ein solch unbe sichtigter Versuch z mehr als jedes absicht angefertigte Ausstellun stück, daß Eisenkonstr tionswerke imstande s durch Verwendung Elektroschweißung ihre zeugnisse nicht nur le ter zu machen und zu billigen, sondern sie a gleichzeitig ganz bedeut zu verstärken. [B 345

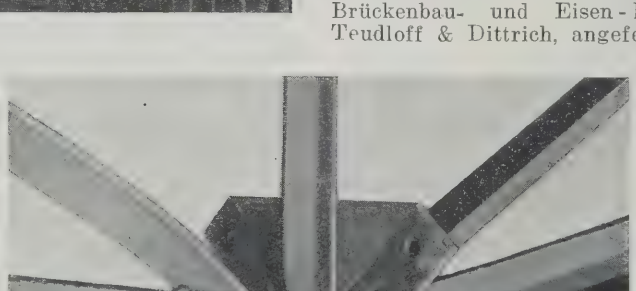


Abb. 23
Knotenpunkt mit unverletzten Schweißnähten.

Abb. 24
Abgeknickte Strebe, unverletzte Schweißnaht.

# Versuche mit geschweißten Fachwerkträgern

## Anwendung der Elektroschweißung im Brückenbau

*Von Prof. Dr.-Ing. W. GEHLER, Dresden*

*Die Einführung der Elektroschweißung im Stahlbau hängt hauptsächlich von der Einstellung zur Zuverlässigkeitsfrage, von den Fortschritten in der Baustofffrage und den Erfahrungen bei dynamischen Versuchen ab. Einige neuere Versuche des Deutschen Stahlbau-Verbandes mit geschweißten Fachwerkträgern von 9 m Stützweite, die im Staatl. Versuchs- und Materialprüfungsamt Dresden bis zum Bruch belastet wurden, brachten vor allem beachtenswerte Aufschlüsse über die Nebenspannungen derartiger Stabverbindungen. Die Bruchlasten entsprachen im allgemeinen den Werten, die auf Grund der früheren Dresdener Versuche mit einfacheren Stabverbindungen berechnet worden waren. Die Spannungsberechnung in den Stabanschlüssen bildet dagegen ein verwickeltes Problem, das erst durch weitere Untersuchungen geklärt werden muß. Ein Anwendungsfall der Elektroschweißung im Brückenbau zur Verstärkung von Walzträgern durch aufgeschweißte Gurtplatten und einige Verstärkungen von Eisenbahnbrücken im Betriebe ergänzen die Beweise dafür, daß die Elektroschweißung im Stahlbau auch heute schon in einzelnen Fällen ohne Bedenken und mit wirtschaftlichem Erfolg angewendet werden kann.*

### Die Beurteilung der Elektroschweißung im Stahlbau

Im Stahlbau ist die Elektroschweißung trotz der im letzten Jahrzehnt erreichten Fortschritte des Schweißverfahrens doch nur sehr wenig ausgeführt worden. Die Anwendungen beschränken sich auf wenige Einzelfälle von Stahlbauten und die Durchführung von Versuchen mit einzelnen Stäben, Blechträgern und Fachwerkträgern. Die Gründe dafür, daß die Schweißung im Stahlbau bisher nur verhältnismäßig wenig benutzt worden ist, wurden in meinem Bericht auf der Schweißtagung in Hamburg im Juni 1926 eingehend erörtert[1]).

Die hauptsächlichsten Bedenken sind:

1. die im Vergleich zu den Nietverbindungen geringere Zuverlässigkeit der Ausführung und damit der Tragfähigkeit, sowie der Mangel eines einfachen Nachprüfverfahrens (Zuverlässigkeitsfrage),
2. das bisher noch nicht hinreichend geklärte statische Zusammenwirken der durch Schweißung verbundenen Stäbe, insbesondere der grundsätzliche Unterschied der Baustoffe des Baustahles und der Schweiße (statische und Baustoffrage),
3. das Verhalten solcher Schweißverbindungen bei Erschütterungen, Stößen und Schwingungen (dynamische Frage).

Ein hauptsächlicher Vorzug der Nietverbindungen ist neben der Einfachheit der Ausführung das plastische Verhalten des Baustahles bei örtlichen Überbeanspruchungen. Durch die Einführung der hochwertigen Baustähle ist die Tragfähigkeit der Nietverbindungen in den letzten Jahren noch wesentlich vergrößert worden. Als zulässige Schubspannung der Niete darf bekanntlich $\tau = 0{,}8\,\sigma_{zul}$ angenommen werden, wie auch aus den neueren Versuchen der Reichsbahn in Dresden, Karlsruhe und München hervorgeht. Bei den Baustählen St 37, St 48 und St 52 verhalten sich somit die zulässigen Beanspruchungen der Niete wie die Werte $\sigma_{zul}$ oder wie die Streckgrenzen dieser Baustoffe, also wie 1 : 1,3 : 1,5, so daß z. B. ein Flußstahlniet (St 37) von 20 mm Dmr. $3{,}14 \cdot 0{,}8 \cdot 1400 = 3500$ kg auf Abscherung trägt, ein Siliziumstahlniet (St 52) dagegen $1{,}5 \cdot 3500 = 5300$ kg. Die Wettbewerbfähigkeit des Schweißens gegenüber dem Nieten ist dadurch wesentlich erschwert worden, trotz der anerkennenswerten Fortschritte, die in der Schweißtechnik und damit in der Erhöhung der Zuverlässigkeit erreicht worden ist.

In der Frage der Zuverlässigkeit wird erst dann ein wesentlicher Fortschritt erreicht werden, wenn ein einfaches, zweckmäßiges Nachprüfverfahren gefunden worden ist. Z. Zt. bildet das einzige praktische Hilfsmittel nur die Prüfung der Fähigkeit des Arbeiters und der Güte des Schweißverfahrens (also nicht des Erzeugnisses selber) durch die Ausführung von Probestücken, die dem Kaltbiegeversuch unterzogen werden, wobei die Größe des Biegewinkels den Gütemaßstab bildet. Dieses Prüfverfahren gleicht also durchaus der Herstellung und Prüfung von Probewürfeln im Beton- und Eisenbetonbau. Trotz der Unzulänglichkeit solcher Vergleichsproben hat sich der Eisenbetonbau zu seiner heutigen Ausdehnung entwickelt. Nur dann, wenn man sich von den scharfen Prüfungsbedingungen unserer Stahlbauten frei macht und höchstens den bei Eisenbetonbauten üblichen Maßstab hinsichtlich der Zuverlässigkeit der einzelnen Bauteile anwendet, können die bisherigen Bedenken in der Zuverlässigkeitsfrage geschweißter Stahlbauten zur Seite gedrängt werden. Hiernach wird sich notwendigerweise eine gewisse Auswahl von Aufgaben des Stahlbaues ergeben, für die die Schweißung heute schon angewendet werden kann, während für gewisse Bauglieder voraussichtlich die zuverlässige Nietung beibehalten wird.

In den statischen und Baustoff-Fragen sind durch die Versuche der letzten zehn Jahre bereits gewisse Grundlagen gegeben. Einen Beitrag hierfür liefern die im Dresdner Materialprüfungsamt durchgeführten Versuche des Deutschen Stahlbau-Verbandes in den Jahren 1920 bis 1925, über die ich auf der Hauptversammlung des Verbandes 1925 ausführlich berichtet habe[2]). Über eine neue, vor kurzem abgeschlossene Versuchsreihe soll im folgenden berichtet werden.

Die dynamischen Fragen sind naturgemäß bisher am wenigsten geklärt worden. Bemerkt sei, daß die neuerdings in Dresden geprüften vier Fachwerkträger nach dem Bruche unter Leitung des Reichsbahnzentralamtes nochmals zugeschweißt und unter Verwendung von Erschütterungsmaschinen (System Späth-Losenhausen)[3]), dynamisch zum Bruch gebracht worden sind.

### Neuere Versuche des Deutschen Stahlbau-Verbandes

#### Die Versuchsträger

Die neueren Dresdner Versuche des Stahlbau-Verbandes umfassen vier geschweißte Fachwerkträger von 9 m Spannweite und einen ähnlichen genieteten Vergleichsträger. Am 16. Februar 1928 beschloß der Schweißausschuß des Deutschen Stahlbau-Verbandes unter der Obmannschaft von Reichsbahndirektor Dr. *Schaper*, diese Versuchsträger nach einem Entwurf des Reichsbahnzentralamtes vom 4. Januar 1928 im Lauchhammerwerk Riesa herstellen und im Materialprüfungsamt Dresden[4]) prüfen und bis zum Bruche belasten zu lassen. Abb. 1 bis 10.

Als Baustoff war St 37 gewählt, ferner für die Schweiße Blankschweißdraht nach den Lieferbedingungen der Deutschen Reichsbahn. Die Prüfung von nickellegierten Schweißdrähten bleibt späteren Versuchen vorbehalten.

---

[1]) s. Schweißtechnik, Sonderheft der VDI-Zeitschrift. Berlin 1926. S. 38.

[2]) Ein Teil der von mir aus diesen Versuchen gezogenen Folgerungen ist in dem Aufsatz von Dr. *Neese*, „Bautechnik" Bd. 7 (1929) Nr. 30 S. 161 wiedergegeben.

[3]) s. a. *R. Bernhard*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 47 S. 1675.

[4]) Diese Versuche wurden unter meiner Oberleitung von Reg.-Baurat Dr.-Ing. *Findeisen* und unter Mitwirkung von Dr.-Ing. *Friedmann* durchgeführt. Ein ausführlicher Bericht wird demnächst in einem Versuchsheft des Deutschen Stahlbau-Verbandes erscheinen.

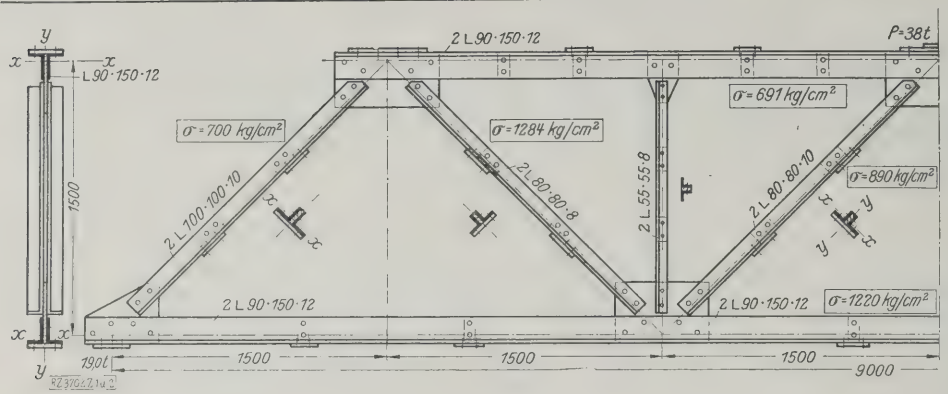



**Abb. 1 und 2**
Genieteter Träger, erster Versuchsträger.

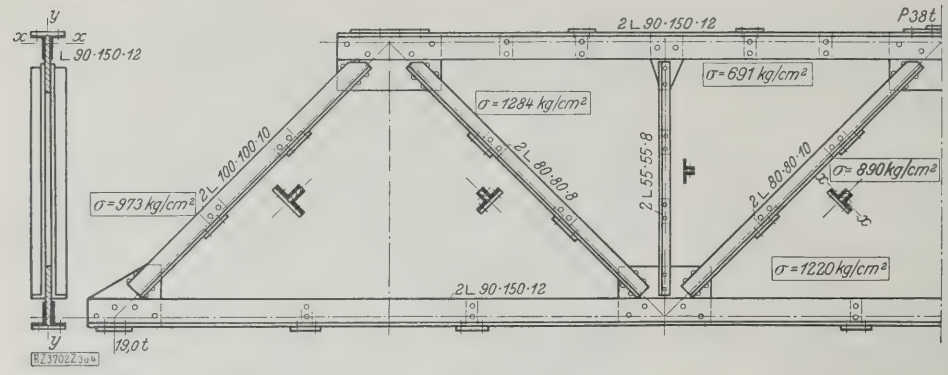



**Abb. 3 bis 10**
Geschweißte Träger.

**Abb. 3 und 4**
Zweiter Versuchsträger.
Doppelwinkel durch Flankenschweißung an Knotenbleche angeschlossen; alles andre genietet.

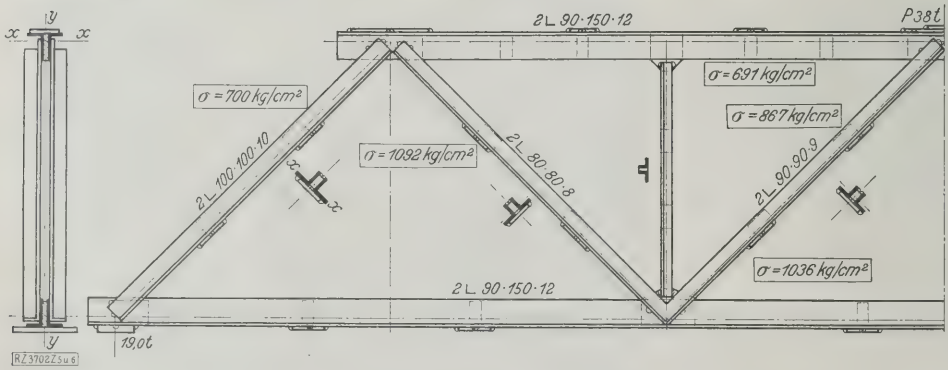



**Abb. 5 und 6**
Dritter Versuchsträger.
Gurte wie Abb. 3; Anschluß der Wandglieder durch Flanken- und Stirnnähte.

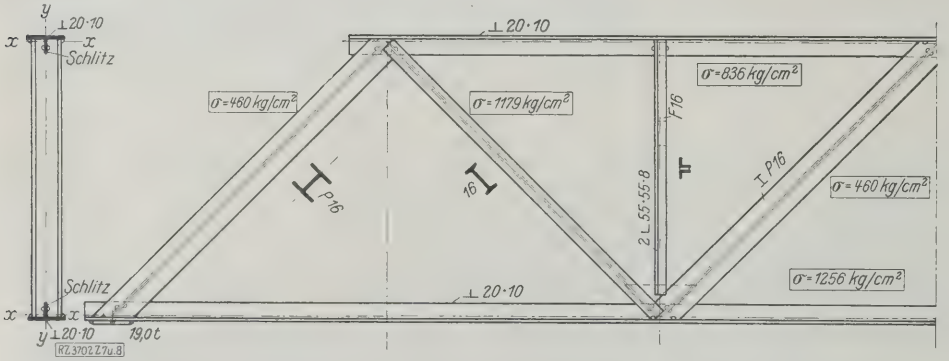



**Abb. 7 und 8**
Vierter Versuchsträger.
Keine Knotenbleche.

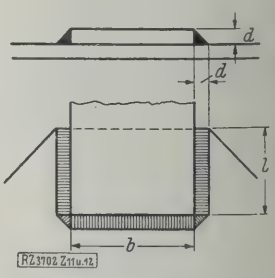



**Abb. 11 und 12**
Abmessungen der Schweißnähte.

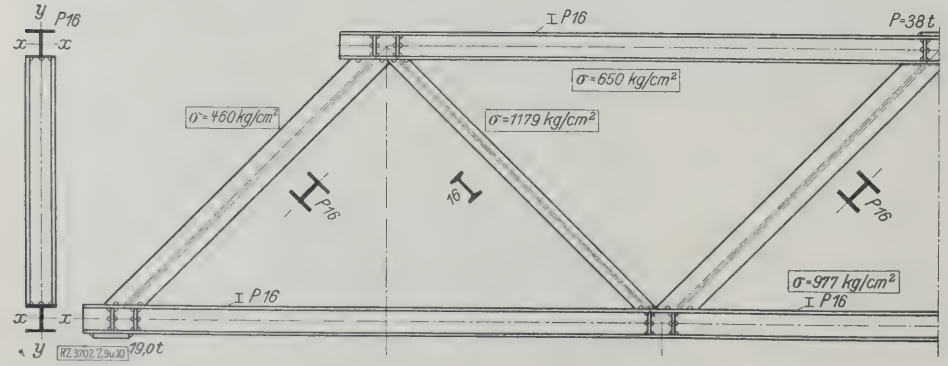



**Abb. 9 und 10**
Fünfter Versuchsträger.
Keine Knotenbleche.

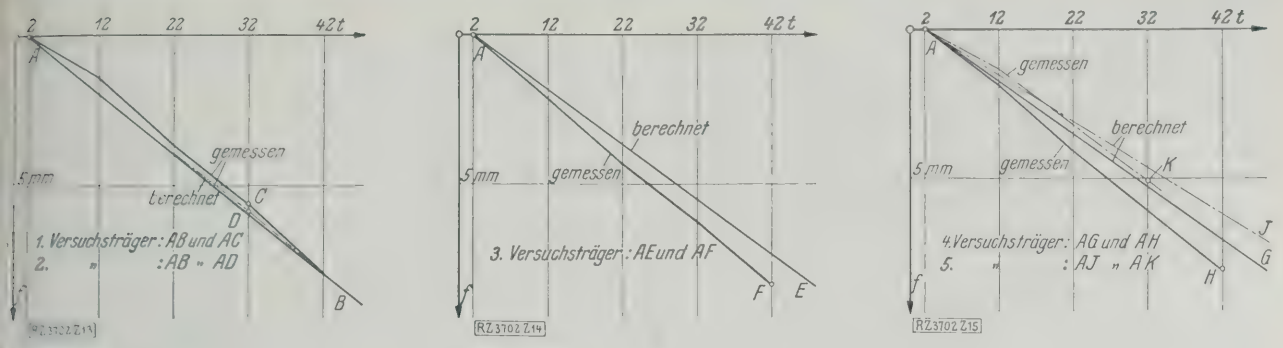



**Abb. 13 bis 15.** Durchbiegungen $f$ im mittleren Knoten des Obergurtes der Versuchsträger als Funktion der Belastung.

Als Grundform wurde ein Trapezträger mit Strebenfachwerk gewählt, der durch eine Einzellast in der Mitte des Obergurtes beansprucht wird, Abb. 1 und 2. Als erster Versuchsträger wurde zum Vergleich ein genieteter Fachwerkträger untersucht. Der erste geschweißte Träger, Abb. 3 und 4, gleicht äußerlich fast vollkommen dem genieteten Fachwerkträger. Er unterscheidet sich von ihm dadurch, daß die Doppelwinkel durch Flankenschweißung anstatt durch Niete an die Knotenbleche angeschlossen sind. Beim dritten Versuchsträger, Abb. 5 und 6, wurden die Gurte des zweiten Versuchsträgers beibehalten, dagegen wurde der Anschluß der Wandglieder durch Flanken- und Stirnnähte erzeugt. Hierbei ergibt sich der bauliche Vorteil, daß die Knotenbleche fast vollständig verschwinden.

Beim vierten Versuchsträger, Abb. 7 und 8, bestehen die Gurte aus I-Eisen, die Wandglieder aus I-Trägern, teils Breitflanschträgern, teils Normalprofilen. Die Streben stoßen stumpf an die waagerechten Flansche der Gurte an, wobei die Stege der Streben aufgeschlitzt sind. Knotenbleche sind hier, wie bei dem folgenden Beispiel, nicht vorhanden. Beim fünften Versuchsträger, Abb. 9 und 10, sind alle Stäbe, also sowohl die Gurte, wie die Streben, aus I-Profilen gebildet. Die Obergurte sind hier auf die doppelte Feldweite knicksicher ausgebildet worden, so daß die bei den andern Versuchsträgern vorhandenen aussteifenden Pfosten wegfallen.

Für eine Einzellast von 38 t in der Mitte des Obergurtes ergaben sich die in Abb. 1 bis 10 eingeschriebenen Stabspannungen. Diese Laststufe wurde als die den zulässigen Spannungen entsprechende angesehen, die wir als Nutzlast bezeichnen wollen.

Für den zweiten und dritten Versuchsträger wurden die Bemessungsformeln von Dr. *Neese* zugrundegelegt[5]):

$$\left.\begin{aligned} &1.\ \text{bei Längsnaht}\quad P_{l\,\text{Bruch}} = d\,l\,1500 \\ &2.\ \text{„ Quernaht}\quad P_{b\,\text{Bruch}} = d\,b\,2000 \end{aligned}\right\} \quad . \ . \ . \quad (1),$$

worin $P$ die Tragfähigkeit in kg,
$d$ die Dicke der Schweißnaht in cm,
$l$ die Länge der Flankennaht in cm,
$b$ die Länge der Stirnnaht in cm
bedeuten, Abb. 11 und 12.

Bei einem früheren Versuch mit einem geschweißten Fachwerkträger (und zwar der Gutehoffnungshütte, Sterkrade 1921) knickte eine Endstrebe aus, während bei einem Bruchversuch mit einem geschweißten Fachwerkträger des Lauchhammerwerkes Riesa 1925 im Dresdner Materialprüfungsamt die Fließgrenze im mittleren Untergurtstab überwunden wurde, ohne daß die Schweißverbindungen rissen. Um nun in unserem Falle unbedingt einen Bruch der Schweißverbindungen herbeizuführen, wurden die Schweißlängen nicht so bemessen, wie die Rechnung nach Gl. (1) ergab, sondern es wurde die rechnerische Beanspruchung 57 vH höher als die zulässige Spannung gewählt.

Damit ergibt sich nach Gl. (1) bei einer mittleren Stabspannung von 1280 kg/cm² und einer Zugfestigkeit von 4000 kg/cm² die zulässige Tragkraft der Schweißverbindung (in kg)

$$\left.\begin{aligned} P_{l\,\text{zul}} &= d\,l\,1500 \cdot 1{,}57 \cdot \frac{1280}{4000} = d\,l\,750 \\ \text{und}\qquad P_{b\,\text{zul}} &= d\,b\,2000 \cdot 1{,}57 \cdot \frac{1280}{4000} = d\,b\,1000 \end{aligned}\right\} \quad . \ . \quad (2)$$

Beim vierten und fünften Versuchsträger wurde nach einer vorgeschlagenen Formel[6]) gerechnet und die rechnerische Beanspruchung ebenfalls 57 vH höher als die zulässige gewählt. Diese Formel lautet

$$\varrho_{\text{Bruch}} = \frac{\varrho_L - 700}{2}\,.$$

Für $\varrho_{L\,\text{Bruch}} = 4000$ kg/cm² wird $\varrho_{\text{Bruch}} = \frac{4000 - 700}{2} =$ 1650 kg/cm² und damit

$$\left.\begin{aligned} P_{l\,\text{zul}} &= d\,l\,1650 \cdot 1{,}57 \cdot \frac{1280}{4000} \\ P_{b\,\text{zul}} &= d\,l\,830 \end{aligned}\right\} \quad . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \ . \quad (3).$$

Man erhält dann bei einer Querkraft von $\frac{38}{2}$ t für die unter 45° geneigten Streben als Stabkraft $19\sqrt{2} = 27$ t.

Bei einer Gesamtlänge der Schweißnähte von $b = 32{,}5$ cm errechnet sich nach Gl. (3) die zulässige Stabkraft, mit der eine Strebe durch Schweißung angeschlossen werden kann, für $d = 1$ cm zu

$$P_{\text{zul}} = 1 \cdot 32{,}5 \cdot 830 = \text{rd. } 27\,000 \text{ kg}.$$

### Ergebnisse der Formänderungsmessungen

Für die Laststufen der Einzellast in der Mitte des Obergurtes von 2, 12, 22, 32 und 42 t wurden nicht nur die Senkungen sämtlicher Knotenpunkte, sondern auch die Verdrehungen der Knoten, die Knotendrehwinkel, gemessen, deren Verarbeitung einer weiteren Veröffentlichung vorbehalten werden soll. Hier mögen nur die Durchbiegungen im Lastknoten und die Drehwinkel der mittleren Untergurtknoten kurz erörtert werden. Die Träger wurden mittels einer Druckwasserpresse belastet, so daß nach jeder Laststufe entlastet werden konnte.

a) Die gemessenen Durchbiegungen $f$ im mittleren Knoten des Obergurtes, in dem die Einzellast angreift, sind als Funktion der Belastung in Abb. 13 bis 15 für die beobachteten fünf Laststufen aufgetragen, ferner die zugehörigen rechnerischen Durchbiegungen unter Annahme gelenkiger Knoten. Für den ersten Versuch (mit dem genieteten Fachwerkträger) und den zweiten Versuch (mit dem ganz ähnlichen Fachwerkträger, bei dem nur die Wandstäbe an die Knotenbleche angeschweißt sind) ist die Linie $AB$ der errechneten Durchbiegungen die gleiche, Abb. 13. Bemerkenswert ist, daß die Linie $AC$ der gemessenen Durchbiegungen für den genieteten Träger etwas kleinere Durchbiegungen im Anfang, und zwar unterhalb der Laststufe der Nutzlast aufweist als die berechneten der Linie $AB$. Ob diese Erscheinung darin begründet ist, daß bei niedrigen Beanspruchungen die Reibung in den Nietverbindungen mitwirkt und dadurch die Steifigkeit der Anschlüsse an den Knotenblechen erhöht, kann erst durch weitere Versuche geklärt werden. Die Linie $AD$ des

[5]) s. Anm. [2]).

[6]) s Anm. [2]).

zweiten Versuchsträgers, Abb. 3, fällt überraschend genau mit der errechneten Linie $AB$ zusammen, wie bei keinem der weiteren Versuche. Die bei diesem Träger vorhandenen Knotenbleche bilden zweifellos einen wertvollen Ausgleich im Spannungsverlauf, was durch den beinahe geraden Verlauf des Linienzuges $AD$ gekennzeichnet wird.

Beim dritten Versuch, Abb. 14, sowie beim vierten und fünften Versuch, Abb. 15, liegen die beobachteten Durchbiegungslinien der geschweißten Träger etwas unter den errechneten; die Durchbiegungen sind etwa 12 vH größer. Diese geschweißten Träger erscheinen nach diesen Versuchen also etwas weicher, als die Rechnung unter Annahme gelenkiger Knoten und des üblichen Elastizitätsmaßes ergibt. Wollte man diese Feststellung durch eine Abänderung des Elastizitätsmaßes berücksichtigen, so müßte bei den Formänderungen dieser geschweißten Träger ohne Knotenbleche mit $E = 1800$ t/cm² anstatt 2100 t/cm² gerechnet werden. Eine Bestätigung dieser vorläufigen Schlußfolgerungen durch die weiter zu verarbeitenden Meßergebnisse bleibt vorbehalten.

Abgesehen von diesen an sich bedeutsamen Feststellungen, die sich aus dem Vergleich der Formänderungsmessungen bei den fünf Versuchen ergeben, zeigen die Durchbiegungslinien von Abb. 13 bis 15 durchweg einen befriedigenden, gesetzmäßigen Verlauf, der auf ein einwandfreies elastisches Verhalten dieser Träger schließen läßt.

b) Die Messung der Knotendrehwinkel ermöglicht eine Ermittlung der Einspannungsmomente an den Stabenden, also der Nebenspannungen infolge der bei der Formänderung eintretenden Verbiegung der Stäbe. Nach dem *Mohrschen* Verfahren zur Berechnung der Nebenspannungen[7]) ergibt sich z. B. das Einspannungsmoment der Stäbe 3, 6 im Punkte 3 (vgl. auch Abb. 17) zu:

$$M_{3,6} = \frac{2\,E\,J}{s}\,(2\,\varphi_3 + \varphi_6 - 3\,\psi_{3,6}) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (4),$$

worin $s$ die Stablänge, $J$ das Trägheitsmoment des Stabes, $\varphi$ den jeweiligen Knotendrehwinkel und $\psi$ den Stabdrehwinkel bedeuten. Bezeichnet man mit $y_6$ und $y_3$ die beobachteten lotrechten Verschiebungen der Knoten 6 und 3, so berechnet sich hieraus der Stabdrehwinkel nach Abb. 16 zu

$$\psi_{3,6} = \frac{6\bar{6}}{6\bar{3}} = \frac{y_6 - y_3}{s\,\sqrt{2}}\,.$$

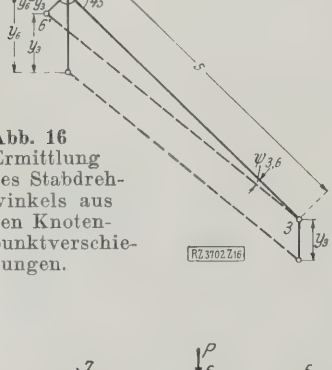



**Abb. 16** Ermittlung des Stabdrehwinkels aus den Knotenpunktverschiebungen.

Damit sind sämtliche Formänderungsgrößen von Gl. (4) durch die Beobachtung bestimmt, so daß hieraus das Stabmoment $M_{3,6}$ für die fünf Versuche berechnet werden kann. Man erhält:

[7]) *W. Gehler*, Die Ermittlung der Nebenspannungen eiserner Fachwerkbrücken, S. 15. Berlin 1910.

| beim Versuch | | I | II | III | IV | V |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $1000\,(2\,\varphi_3 + \varphi_6 - 3\,\psi_{3,6})$ | = | 1,10 | 1,95 | 2,82 | 3,94 | 3,9 |
| $J$ | cm⁴ | 175 | 175 | 232 | 958 | 95 |
| $M_{3,6}$ | tcm | 3,81 | 6,75 | 12,93 | 74,7 | 74, |

Hieraus erkennt man, daß nicht nur die durch de Klammerausdruck gekennzeichneten Formänderungsgröße vom genieteten Träger, Abb. 2 bis zum geschweißten Trä ger, Abb. 10, auf das 3,5fache wachsen, sondern auch di Trägheitsmomente von 175 auf 958 cm⁴, also auf das 5,5 fache, so daß das Einspannungmoment $M_{3,6}$ auf den 2( fachen Wert ansteigt. Damit ergibt sich, daß die Schweißnah bei den letzten beiden Versuchen infolge der außerordent lich steifen Ausbildung der Druckstreben, für die de gleiche Querschnitt wie für die Gurte gewählt wurde wesentlich ungünstiger beansprucht wird, als bei den Ver suchsträgern 1 und 2, bei denen das Verhältnis des Träg heitsmomentes der Strebe zu dem des Gurtes 175 : 1252 = 1 : 7 beträgt, während es bei unseren üblichen Fachwerk brücken im Mittel etwa 1 : 10 ist.

Für die bauliche Ausbildung geschweißter Fachwerkbauten führt diese Versuchserkenntnis dazu, grundsätzlich derartig viel zu steife Ausbildung der Wandglieder zu vermeiden und die Erfahrungen der Nebenspannungslehre genieteter Fachwerkträger sich zunutze zu machen.

### Die Ergebnisse der Bruchbelastungen

Bruchversuche derartiger einwandiger Fachwerkträge bilden deshalb eine besondere Aufgabe des Versuchswesens weil die Gefahr des Ausknickens oder Auskippens quer zu Tragwandebene besteht; auch kann mitunter ein solche Versuch dadurch nicht planmäßig zum Abschluß gebrach werden, daß eine Strebe in der Tragwandebene ausknickt Trotz dieser Befürchtungen, deren Berechtigung durch di Versuche bestätigt worden ist, wurde von einem zwei wandigen Träger wegen der Höhe der Kosten und de zu verwendenden Lasten abgesehen, ebenso von einer Ver kleinerung des Formates, weil die üblichen Querschnitt formen und -größen zugrunde gelegt und nicht etwa Modellversuche im kleinen durchgeführt werden sollten

Erster Versuchsträger, Abb. 1 und 2, Fachwerkträger, vollständig genietet.

a) Beim ersten Bruchversuch wich der Obergurt trotz der von Anfang an vorgesehenen Führung auf seine ganze Länge nach der Seite aus, s. die Biegelinie im Grundriß Abb. 18, und zwar bei einer Einzellast in Trägermitte von 66 t, also der 1,75-fachen Nutzlast, Abb. 17 bis 20. Berechnet man die waagerechte Kraft, die ein solches Ausweichen und Verbiegen des Knotenbleches, Abb. 21 und 22, bewirkt so erhält man dafür $^1/_{600}$ der Gurtstabkraft.

b) Nach Durchführung des ersten Bruchversuches wurde der genietete Versuchsträger, so weit wie irgend möglich, in seine senkrechte Tragwandebene wieder zurückgebracht. Außerdem wurde, wie aus Abb. 23 hervorgeht in den Querschnittsebenen der Obergurtknoten 5 und 7 Abb. 17, ein steifer Bock eingebaut, an dessen oberem Riegel senkrecht stehende U-Eisen angebracht wurden, so daß der Träger sich zwar unbehindert in senkrechter Richtung verformen konnte, einem waagerechten Ausweichen dagegen vorgebeugt war. Der Erfolg dieser Maßnahme zeigte sich beim zweiten Bruchversuch dadurch, daß die Knotenbleche

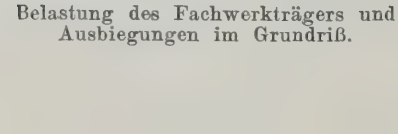



**Abb. 17 und 18** Belastung des Fachwerkträgers und Ausbiegungen im Grundriß.

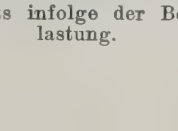



**Abb. 19 und 20** Ausweichen des Obergurts infolge der Belastung.

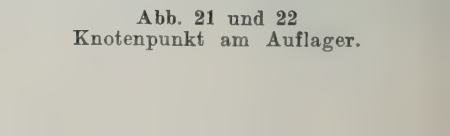



**Abb. 21 und 22** Knotenpunkt am Auflager.

Abb. 23 bis 25
Erster genieteter Versuchsträger.

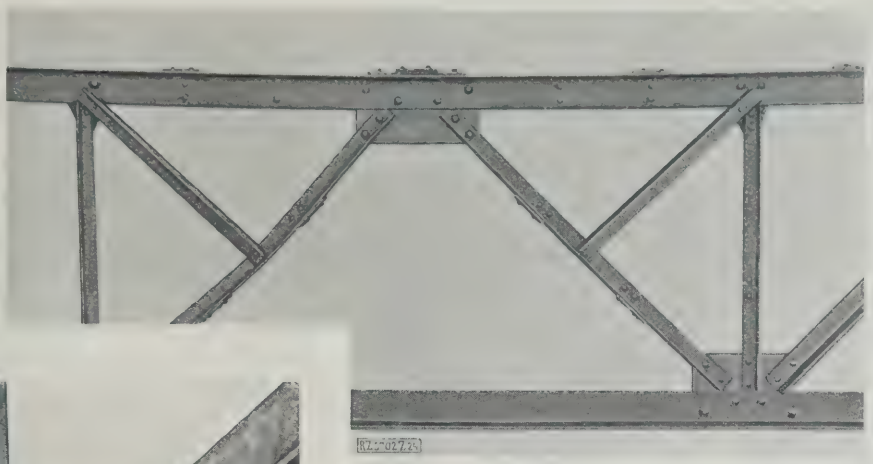
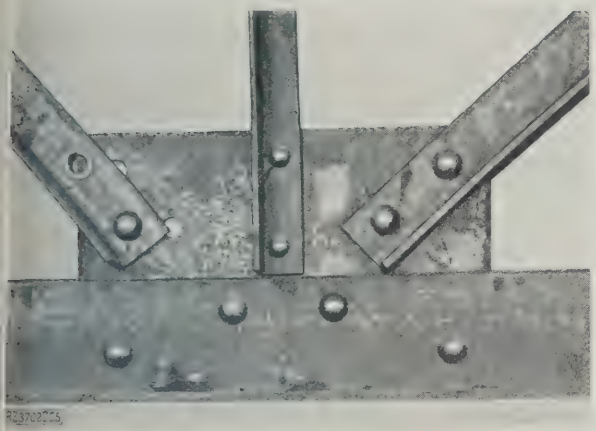


Abb. 24
Erster Versuchsträger nach der Belastung.

Abb. 25
Niete im Knotenpunkt abgeschert.



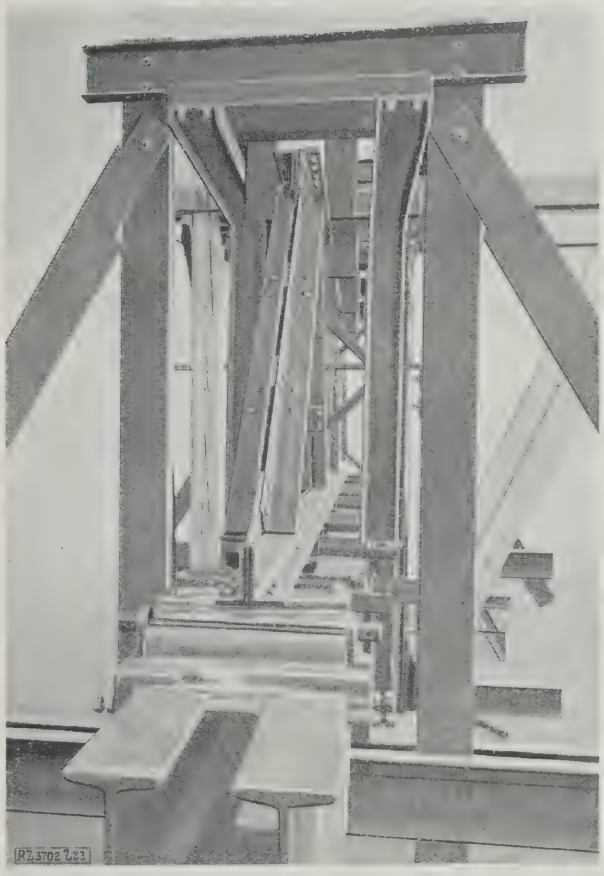


Abb. 23
Versuchsanordnung; Einbau eines steifen Bockes, so daß sich der Träger nur in senkrechter Richtung verformen konnte.

in den Auflagerpunkten nicht wieder auswichen und daß nunmehr an Stelle der Bruchlast des ersten Bruchversuches von $P = 66$ t eine solche von $P = 72{,}5$ t erreicht wurde. Dabei knickte die Strebe $D_{2,6}$ in der Trägerwandebene aus, Abb. 24 und 25.

c) Da im vorliegenden Falle das Ausknicken eines Wandstabes als Bruchursache nicht beabsichtigt war, wurde dieser Stab durch einen unter 45° geneigten Hilfswinkel in Stabmitte mit dem benachbarten Knotenpunkt verbunden, so daß ein Ausknicken nicht mehr stattfinden konnte. Der dritte Bruchversuch führte endlich zum Ziel und ergab den beabsichtigten Bruch der Niete, Abb. 25, durch Überwindung der Scherfestigkeit. Die Bruchlast stieg von 72,5 t beim zweiten Bruchversuch auf 75,5 t, also das 1,9fache der Nutzlast, und die Stabkraft der Strebe auf $D = 53{,}4$ t. Da die beiden Niete bei 23 mm Dmr. zusammen 16,6 cm² Scherfläche und $2 \cdot 2{,}3 \cdot 1{,}4 = 6{,}44$ m² Lochwandfläche hatten, errechnet sich für den Zustand des Bruches und für $\sigma_{zul} = 1400$ kg/cm²

$$\tau_{Bruch} = \frac{53{,}4}{16{,}6} = 3{,}22 \text{ t/cm}^2 = 2{,}3\ \sigma_{zul}$$

und

$$\sigma_{l\,Bruch} = \frac{53{,}4}{6{,}44} = 8{,}3 \text{ t/cm}^2 = 5{,}92\ \sigma_{zul}\,.$$

Da $\tau_{zul} = 0{,}8\ \sigma_{zul}$[8]) und $\sigma_{l\,zul} = 2{,}5\ \sigma_{zul}$ ist, erhält man für Abscherung die Sicherheit

$$\nu = \frac{\tau_{Bruch}}{\sigma_{l\,zul}} = \frac{2{,}3\ \sigma_{zul}}{0{,}8\ \sigma_{zul}} = 2{,}88$$

und für den Lochleibungsdruck die Sicherheit

$$\nu = \frac{\sigma_{l\,Bruch}}{\sigma_{l\,zul}} = \frac{5{,}92\ \sigma_{zul}}{2{,}5\ \sigma_{zul}} = 2{,}37.$$

**Die hier festgestellten Bruchsicherheiten der Nietverbindungen entsprechen den bisherigen Erwartungen und sind als völlig ausreichend zu bezeichnen.**

Zweiter Versuchsträger, Abb. 3, Fachwerkträger mit genieteten Gurten und eingeschweißten Streben.

Während sich die früheren Dresdner Versuche des Deutschen Stahlbauverbandes nur auf den Anschluß von in der Mitte beanspruchten Flach- und Winkeleisen an Knotenbleche durch Stirn- oder Flankenschweißung erstreckten, ergeben die hier vorliegenden Fachwerkknoten wesentlich verwickeltere Spannungsbilder, die vor allem durch das Hinzutreten der Einspannungsmomente stark beeinflußt werden. Im folgenden wird daher jeweils nur die an den gebrochenen Knoten gemessene Bruchfläche $F$ der Schweißnaht angegeben und als erste Annäherung zur Beurteilung der Größenordnung der Spannung $\varrho$ der Quotient zwischen der Stabkraft und dieser Fläche gebildet[9]).

[8]) Nach den Berechnungsgrundlagen für eiserne Brücken der Reichsbahn.

[9]) Der Vergleich mit den Ergebnissen der früheren Dresdner Versuche muß weiteren Erörterungen vorbehalten bleiben.

Abb. 26. Zweiter Versuchsträger.
Knotenblech ausgewichen.

Abb. 27. Dritter Versuchsträger.
Strebe am Obergurt abgerissen.

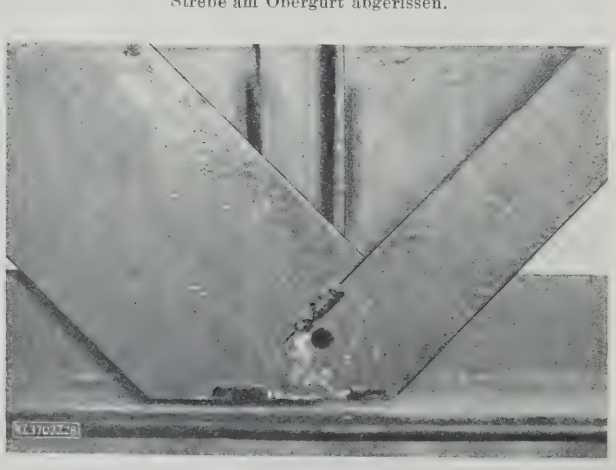


Abb. 28. Vierter Versuchsträger.
Strebenanschluß am Untergurt waagerecht abgeschoben.

Der zweite Versuchsträger ließ bei seiner Bauwe und der Durchbildung der geschweißten Anschlüsse ei hohe Tragfähigkeit der Schweißverbindungen erwart Leider konnten die Schweißverbindungen deshalb nicht zu Bruch gebracht werden, weil nach Abb. 26 (ähnlich w beim ersten Bruchversuch des genieteten Trägers) d Knotenblech im ersten Knoten des Obergurtes seitlich au wich. Diese Ausweichung war so stark, daß sie mit d einfachen, der Versuchsanstalt zu Gebote stehenden Mitte nicht beseitigt werden konnte.

Aus der dabei erreichten Belastung des Trägers dur die Einzellast von $P = 93{,}6$ t kann man die Spannung l rechnen, die die schwächste Schweißna noch einwandfrei getragen hat. Für d Strebe $D_{3,5}$, Abb. 17, ergibt sich die Stabkraft f $P = 93{,}6$ t zu

$$S = \frac{93{,}6}{2}\sqrt{2} = 66{,}1 \text{ t}.$$

Die Bruchfläche der Schweißverbindung beträgt

$$F = 33 \text{ cm}^2,$$

also die Spannung bei dieser Laststufe

$$\varrho = \frac{66\,100}{33} = 2003 \text{ kg/cm}^2.$$

Da der verschwächte Querschnitt der beiden Winkel dies Strebe $2 \cdot (12{,}3 - 0{,}8 \cdot 1{,}7) = 21{,}88 \text{ cm}^2$ betrug, errechn sich die Spannung bei dieser Laststufe in dem Querschni in dem die Bindebleche durch Niete angeschlossen sind,

$$\sigma = \frac{66\,100}{21{,}88} = 3020 \text{ kg/cm}^2.$$

Man darf somit annehmen, daß hier die Streckgrenze d Baustoffes (St 37) bereits überschritten war.

Die Schweißnähte des zweiten Versuchsträg haben bei der Laststufe, bei der das Ausweichen d Knotenbleches an dem Endknoten des Obergurtes eintr bereits eine rechnerische Spannung von rd. 2000 kg/c ausgehalten, ohne daß Brucherscheinungen an dies Schweißnähten festzustellen waren. Die größte Sta spannung betrug bei der erreichten Laststufe 3000 kg/cm².

Dritter Versuchsträger, Abb. 5, Fachwer träger vollständig geschweißt (Gurte un Streben aus Winkeleisen)

Nach Abb. 27 wurde die Strebe $D_{3,5}$ am Obergurt einer Einzellast in Trägermitte von $P = 70{,}0$ t abgeriss wobei sich zeigte, daß die Naht auf 20 vH ihrer Länge der Blechseite nicht gebunden hatte. Hieraus errechn sich die Strebenkraft beim Bruch zu

$$D = \frac{70}{2}\sqrt{2} = 49{,}5 \text{ t}.$$

Die Schweißverbindung besteht hier zeichnungsgem aus einer Stirnschweißung von 80 mm Länge und zw

Abb. 29. Fünfter Versuchsträger.
Zugstrebe abgerissen.

nkenschweißungen von 80 und 70 mm Länge, so daß h die gesamte Schweißfläche nach der Zeichnung zu

$$(8 + 8 + 7) \cdot 1 = 23 \text{ cm}^2$$

ibt, während die Bruchfläche zu 24,6 cm² gemessen rde. Somit beträgt die Bruchspannung

$$\varrho = \frac{49\,500}{24{,}6} = 2009 \text{ kg/cm}^2.$$

f Grund der früheren Dresdner Versuche war folgende uchlast der Schweißverbindung zu erwarten:

a) für die Stirnschweißung $8 \cdot 1 \cdot 2400 = 19\,200$ kg
b) „ „ Flankenschweißung $(8 + 7) \cdot 1 \cdot 1900 = 28\,500$ „
$47\,700$ kg

Die beim dritten Versuch gebrochene Schweißverbindung hat etwas mehr getragen, als nach den früheren Dresdner Versuchen des Deutschen Stahlbau-Verbandes zu erwarten war, nämlich 49,5 anstatt 47,7 t, also um 4 vH mehr. Die Verbindung würde eine noch größere Belastung vertragen haben, wenn die Schweißnaht auf ganzer Länge die vorschriftsmäßige Einbrenntiefe gehabt hätte.

ierter Versuchsträger, Abb. 7, geschweißter Träger (Gurte aus I-Profilen, Streben aus I-Profilen, alles geschweißt)

Der Bruch dieses Trägers trat bei einer Belastung urch eine Einzellast in Trägermitte von 66,7 t ein, und war durch Überwindung des Scherwiderstandes des Streenanschlusses im Knoten 3, Abb. 17. Das hier zwischen ie beiden Streben eingefügte Knotenblech, Abb. 7 und bb. 28, ist mit diesen verbunden geblieben, während sich iese ganze Verbindung gegenüber dem Untergurt waageecht verschoben hat. Die hier gemessene Bruchfläche eträgt

$$F = 18{,}1 \text{ cm}^2$$

Die Scherkraft $S$ errechnet sich zu

$$S = \frac{66{,}7}{2} \sqrt{2} \cdot \sqrt{2} = 66{,}7 \text{ t},$$

also

$$\varrho = \frac{66\,700}{18{,}1} = 3690 \text{ kg/cm}^2,$$

wobei nochmals darauf hingewiesen wird, daß $F = 18{,}1$ cm² die gemessene Bruchfläche bedeutet.

Auch hier sind zweifellos die Verdrehungen der Strebenenden der Wandglieder für das an sich günstige aber noch steigerbare Ergebnis mit verantwortlich. Einige Arbeitsfehler traten bei der reichsbahnseitigen Prüfung der Bruchstücke zutage. Auch hier hatte die Schweißnaht etwa auf 20 vH ihrer Länge an der Blechseite nicht gebunden (unrichtige Elektrodenhaltung). Die absichtlich verkürzte Naht hatte ein Atmen der Diagonale gegen den Untergurt ermöglicht, insofern als der Anfang der Berührungslinie zwischen beiden Stäben unverschweißt war. Die Schweißverbindung Diagonale-Gurt mit ihrer kerbartigen Unterbrechung am Nahtende stand somit beim Atmen ihrer Glieder unter Hebelwirkung. Der Versuch, die Diagonale an ihrem Platz wieder anzurichten, zeigte, daß ihr erstmaliges Verschweißen unter Spannung nach Beiholen mit Schraubzwinge erfolgt war. Alle drei Arbeitsfehler können im Wiederholungsfall vermieden werden.

Fünfter Versuchsträger, Abb. 9, geschweißter Träger (ganz aus I-Profilen geschweißt)

Der Bruch erfolgte bei einer Belastung des Trägers durch eine Einzellast von 39,2 t, und zwar durch Abreißen der Zugstrebe $D_{3,5}$ im Knoten 5, Abb. 17. Die Anordnung der Schweißstellen an diesem Knoten ist aus Abb. 9, 10 und 29 zu ersehen. Die gemessene Bruchfläche beträgt $F = 13{,}55$ cm², die Strebenkraft $D = 39{,}2 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 27{,}7$ t. Die Beanspruchung der Schweiße berechnet sich demnach zu

$$\varrho = \frac{27\,700}{13{,}55} = 2040 \text{ kg/cm}^2.$$

Betrachtet man die vorliegende Schweißnaht als Stirnschweißung, so müßte nach den Ergebnissen der Dresdner Versuche des Deutschen Stahlbau-Verbandes mit einer Bruchspannung $\varrho = 2400$ kg/cm² gerechnet werden und nach den Versuchen von Dr. *Neese* mit $\varrho = 2000$ kg/cm², während sich hier $\varrho = 2040$ kg/cm² ergab. Das Spannungsbild in diesen Stabausschüssen ist jedoch so verwickelt, daß es erst durch weitere Untersuchungen geklärt werden kann.

Zur Zeit der Inangriffnahme der Schweißarbeiten waren die Bearbeiter des Entwurfs und der Ausführung in der Wahl der Profile nicht frei. Die Absicht, eine Flankenkehlnaht zu beiden Seiten der Diagonale auf den oberen Flansch des Untergurts zu legen (gleich-

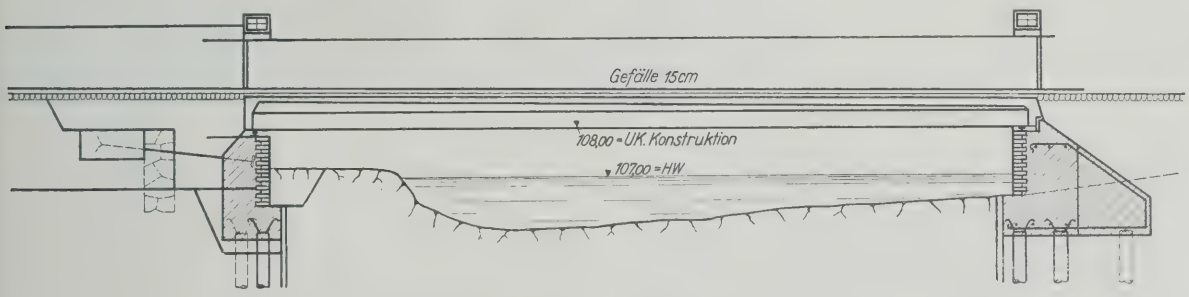



**Abb. 30.** Zugangsbrücke über die Luppe in Leipzig, Spannweite 15,5 m.

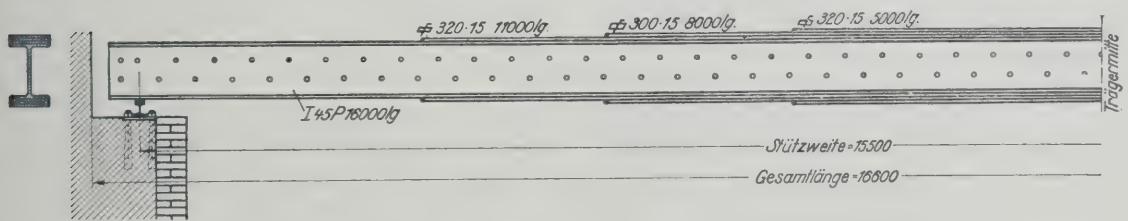



**Abb. 31 und 32.** Geschweißter Randträger der Brücke, Abb. 30.

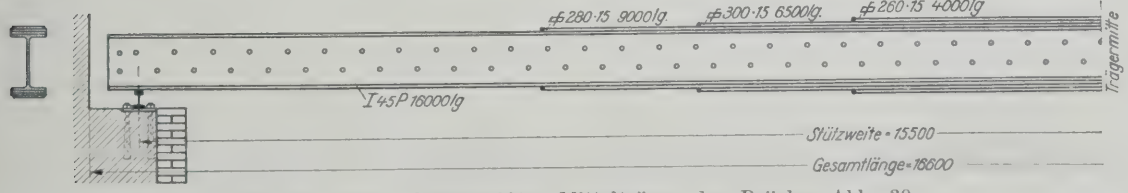



**Abb. 33 und 34.** Geschweißter Mittelträger der Brücke, Abb. 30.

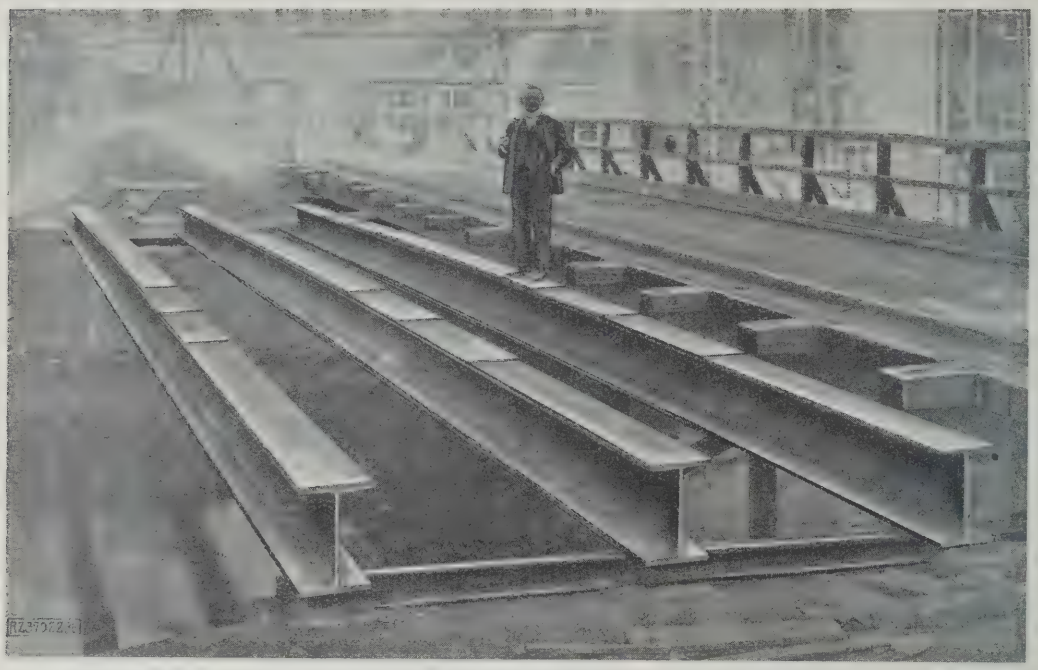


Abb. 35
Die verlegten Träger der Brücke, Abb. 30.

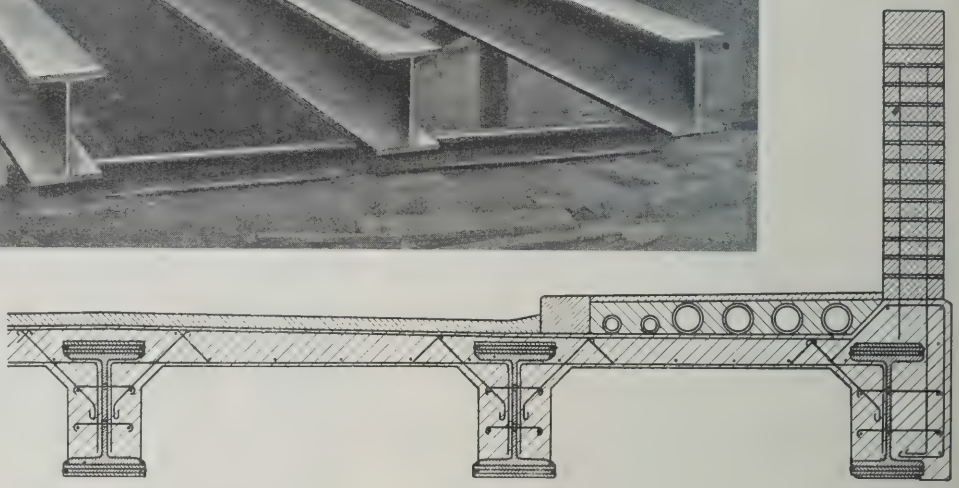


Abb. 36
Querschnitt durch das rechte Widerlager der Brücke, Abb. 30.

laufend mit der Gurtrichtung), mußte aufgegeben werden, weil I-Profile verschiedener Flanschbreite und Steghöhe nicht zur Verfügung standen. Bei günstig bemessenem Verhältnis der Widerstandmomente und bei planmäßiger Flankennaht am Stoß Diagonale-Gurt würde dem Verdrehen beider Stäbe gegeneinander und dem vorzeitigen Aufreißen der Naht ein beträchtlich größerer Widerstand entgegengesetzt worden sein.

### Neuere Ausführungen von Elektroschweißungen bei Brückenträgern

#### Geschweißte Brückenträger

Die Firma Hummel & Merkel, Leipzig-Plagwitz, hat im September d. J. für die 15,5 m weit gespannte Zugangsbrücke über die Luppe zur 4. Höheren Leipziger Mädchenschule die fünf Hauptträger aus Baustahl mit Elektroschweißung hergestellt unter der Oberleitung von Stadtbaurat *Ritter* und Baurat *Doorentz*, dem Vorstand der statischen Abteilung des Hochbauamtes, Abb. 30 bis 36. Bei der geringen Lichthöhe über dem Wasserspiegel und der tiefen Gründung hätte die Herstellung und Beseitigung des Brückengerüstes erhebliche Kosten verursacht. Man wählte daher als Hauptträger Peiner I-Träger 45 mit drei aufgeschweißten Gurtplatten von je 15 mm Dicke in Verbindung mit einer Eisenbetontafel, Abb. 36, wobei nur die Trägerunterflächen sichtbar bleiben.

Die Belastung besteht in 500 kg/m² gleichmäßig verteilter Last und einem 10 t schweren Kohlenkraftwagen. Das größte Biegungsmoment aus Eigengewicht beträgt 45 tm und aus der Verkehrslast 37,5 tm, so daß sich ein sogenannter Wirkungsgrad von $37{,}5 : 45 = 0{,}835$ ergibt. In den vier Teilstrecken des Trägers belaufen sich die Widerstandsmomente auf 3740, 5740, 7800 und 9900 cm³, woraus sich die größte Biegungsspannung in Trägermitte zu

$$\sigma = 8250 : 9900 = 0{,}833 \text{ t/cm}^2$$

berechnet. Gegenüber dem stärksten üblichen Peiner Profil von 65 cm Höhe mit $W = 6670$ cm³ ist hier durch die aufgeschweißten Gurtplatten das Widerstandmoment von 9900 cm³, also eine Verstärkung um nahezu 50 vH erreicht worden bei einer Trägerhöhe von nur $45 + 2 \cdot 4{,}5 = 54$ cm. Hätte man einen Differdinger B-Träger ohne Verstärkung wählen wollen, so hätte sich die Höhe von 85 cm mit $W = 10\,444$ cm³ ergeben.

Die Schubspannung in den Schweißnähten errechnet sich am Ende der inneren Gurtplatten für $Q = 14{,}38$ t, $J = 137\,823$ cm⁴ und $S = 1150$ cm³ für 1 cm Länge zu

$$t = \frac{1}{2} Q \frac{S}{J} = 60 \text{ kg/cm}.$$

Am Ende der mittleren Gurtplatte betragen die berechneten Spannungen 65,5 kg/cm und am Ende der äußeren Gurtplatte 53 kg/cm. Da die Dicke der Schweißnaht 1,5 cm beträgt, ergeben sich somit hier die sehr niedrigen Beanspruchungen von 40, 44 und 35 kg/cm² (gegenüber den aus den Versuchen gefundenen Bruchspannungen von 1900 und 2400 kg/cm²), so daß keinerlei Bedenken hinsichtlich der Beanspruchungen zu erheben sind.

Zunächst wurden in Abständen von etwa 30 cm kurze Heftnähte angeschweißt, während die Zwischenstrecken erst nachträglich ausgefüllt wurden. Wie aus dem Querschnitt, Abb. 36, hervorgeht, sind die Gurtplatten beim mittleren Träger abwechselnd 320 und 300 mm breit (beim Randträger 280 und 300 mm), um die erforderliche Rille zum Schweißen zu erhalten. Bei der Abnahme der Träger wurde durch Abschleifen der Naht an einigen Stellen mittels Schmirgelscheibe festgestellt, ob die Schweißraupen einwandfrei aneinanderlagen.

Bei einem in meinem Beisein auf dem Werkplatze der bauausführenden Firma mit einfachen Mitteln durchgeführten Belastungsversuch wurde bei einer Einzellast in Balkenmitte von 4720 kg eine Durchbiegung des Trägers von etwa 5 mm gemessen, während sich rechnerisch 6,5 mm ergeben. Bei einem zweiten Versuch fiel diese Last bei einer Fallhöhe von 50 cm auf den Träger herab, wobei als größte Durchbiegung etwa 5,5 mm beobachtet wurden. Abb. 35 zeigt die fertig verlegten Träger.

Hätte man die Gurtplatten durch Nieten mit den gewalzten Trägern verbinden wollen, so hätten bei einem Nietdurchmesser von 20 mm die Bohrlöcher in den als Gurte dienenden Flanschen und in den Gurtplatten einen

'erlust an Gurtbreite von 40 mm, also bei 300 mm Gurtreite einen Querschnittverlust von 13 vH ergeben, der ier durch die Anwendung der Schweißung vermieden :orden ist. Durch die Ausführung als Elektroschweißung urden hier rd. 10 vH am Eisengewicht und 14 vH an isenkosten gespart.

Dieses ausgeführte Beispiel zeigt einwandfrei, daß die :lektroschweißung in gewissen Fällen gegenüber der Nieung zweifellos Vorteile bietet und daß bei derartigen iedrigen Beanspruchungen auf Grund der Versuche Belenken gegen ihre Anwendung in solchen Fällen nicht :u erheben sind. Zu diesen besonderen Fällen gehört auch ler Ersatz der in der Regel äußerst wenig beanspruchten vaagerechten Niete (Halsniete) in den Gurten der Blechräger durch Schweißung, wie ich bereits 1926 in meinem lamburger Vortrag dargetan habe.

Verstärken von Brücken durch Schweißen

Da sich bei den stählernen Balkenbrücken unter Eisenbahngleisen die waagerechten Niete am Anschluß der Längsträger an die Querträger leicht lockern, empfiehlt es sich, an diesen Konsolstücke zur Stützung anzuschweißen. Auf diese Weise wurden vier stählerne Überbauten der Reichsbahndirektion Halle unter Leitung von Reichsbahnoberrat Dr. *Schrader* auf den Strecken Leipzig – Eilenburg und Wahren – Schönefeld (bei km 3,448 und 9,464) im Oktober 1929 von der Firma Hummel & Merkel, Leipzig-Plagwitz, in durchaus zweckmäßiger Weise unter Aufrechterhaltung des Betriebes verstärkt.

Allgemein sei jedoch bemerkt, daß die Ausführbarkeit und Zweckmäßigkeit der Verstärkung genieteter Bauwerke durch Schweißungen eingehender Prüfung des Einzelfalles vorbehalten bleiben sollte. Genietete und geschweißte Verbindungen verhalten sich elastisch verschieden. Daher muß klargestellt sein, ob der der einen Verbindungsart zugeschobene Anteil der Verantwortung für den Sicherheitsgrad bestehen bleibt, wenn die Betriebsbeanspruchung zum Überschreiten der Streckgrenze einer Verbindungsart führt — und umgekehrt. [B 3702]

# Geschweißte Drehlaufkatzen

*Von Regierungsbaurat L. SCHULZE, Emden*

***Die aus Oberwagen mit Tragring sowie drehbarem Maschinenhaus mit Lagerringhaube und Ausleger bestehenden Katzen für 12,5 t sind aus Union-Baustahl geschweißt, um möglichst geringes Gewicht zu erhalten. — Gestaltung; Ausführung der Schweißung; Vorversuche.***

Abb. 1
Neue geschweißte 12,5 t-Katze vor dem Einbau.

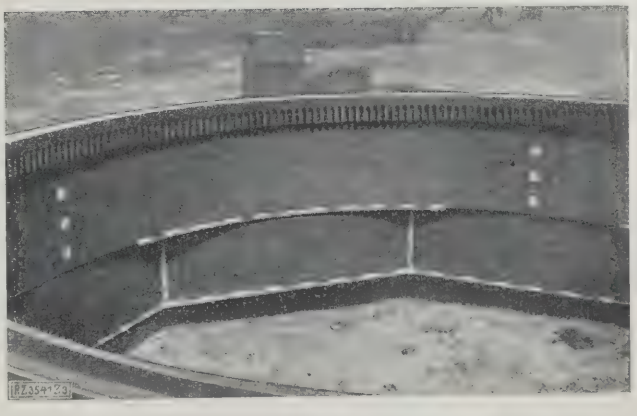


Abb. 2
Innere Aussteifung des Tragringes und Anschluß an den Oberwagen mit übereinanderliegenden voll ausgeschweißten Löchern.

Auf dem Erz- und Eisenkai im Emdener Hafen stehen dreizehn Verladebrücken, von denen die neun neueren Brücken mit Drehstrom arbeiten, die vier älteren aber bis vor kurzem noch mit Gleichstrom betrieben wurden[1]).

Bei der Umstellung der vier älteren Brücken von je 12,5 t Tragfähigkeit auch auf Drehstrom entschloß man sich, gleich neue Drehlaufkatzen mit leistungsfähigerer Maschinenanlage zu beschaffen. Für den inneren Aufbau war auf Betriebsicherheit der ganzen Katze, auf leichteste Zugänglichkeit aller Teile der eingebauten Maschinen, auf geringstes Gewicht und endlich auf kleinste Grundfläche und geringste Bauhöhe Wert zu legen.

Die Lösung dieser Aufgabe wurde in der Verwendung einer geschweißten Eisenkonstruktion für das Gehäuse der Katze[2]) gleichzeitig mit dem Ersatz des Drehzapfens durch ein großes Kugellager gefunden, Abb. 1.

Die neuen Katzen sind wie sämtliche Verladebrücken am Kai von der Demag, Duisburg, geliefert und mit ihrem Windwerk ausgerüstet. Die grundlegenden allgemeinen Entwürfe stammen von dem Auftraggeber, der Emdener Hafenumschlagsgesellschaft m. b. H., Emden, während die Demag die Ausarbeitung im einzelnen übernahm und eine Reihe für die Ausführung der geschweißten Eisenkonstruktion erforderlichen Vorversuche zur Festlegung des zu verwendenden Werkstoffes ausführte.

Über die Katzen im ganzen einschließlich ihrer maschinellen und elektrischen Einrichtung wird demnächst an andrer Stelle ein Aufsatz erscheinen, so daß die weiteren Ausführungen auf die Eisenkonstruktion beschränkt werden können.

Vorgeschrieben war von vornherein ein hochwertiger Baustahl, um mit möglichst geringem Gewicht auszukommen. Sodann sollte eigentlich jede Katze in nur zwei Stücken angeliefert werden, der Oberwagen fertig für

[1]) Nähere Angaben über diese Umschlaggeräte sind in dem Sonderheft „Güterumschlag", Berlin 1926, VDI-Verlag, S. 129 enthalten.

[2]) Demnächst erscheint: *Haas*, Schweißen im Maschinenbau, Teil II der „Mustergültigen Schweißkonstruktionen", herausgegeben vom Fachausschuß für Schweißtechnik im Verein deutscher Ingenieure, Berlin NW 7, VDI-Verlag.

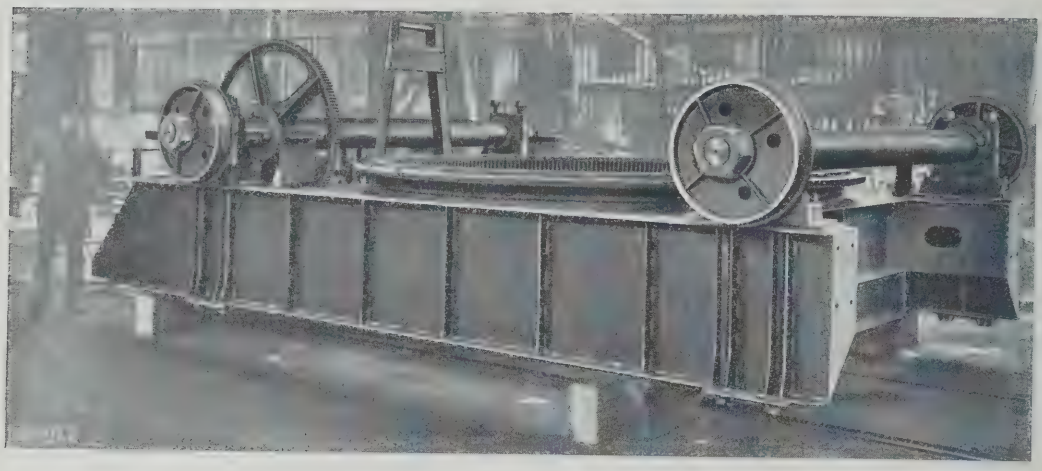


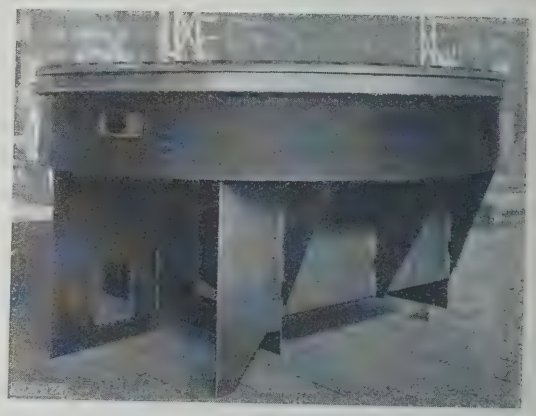
Abb. 3
Der Oberwagen mit dem Tragring

Abb. 4 (unten)
Die Haube, der obere in dem Tragring des Oberwagens drehbare Teil der Katze.

sich und der drehbare Teil als ganzes für sich, wobei zur besseren Aussteifung auch die Wände und das Dach der Katze in Blech ausgebildet und gleich im Werk mit dem Gerippe der Eisenkonstruktion verschweißt werden sollte. Dabei war ferner von vornherein mit der Beförderung nach Emden auf dem Wasserwege gerechnet. Leider zwangen Schwierigkeiten bei der Beförderung vom Benrather Werk bis zum Hafen Düsseldorf-Reißholz dazu, den drehbaren Teil doch noch zweiteilig auszuführen. Beide Teile sind hier nicht zusammengeschweißt, sondern mit einer ausreichenden Anzahl von Schrauben zusammengeschraubt.

Der Oberwagen besteht im wesentlichen aus zwei Längs- und zwei Querträgern, die miteinander ein Quadrat bilden. In dieses ist ein Blechring eingeschweißt, der den drehbaren Teil mittels eines großen Kugellagers zu tragen hat. Der Ring ist an die Längs- und Querträger durch Vollschweißen von je drei übereinander geordneten Löchern mit 50 mm Dmr. angeschlossen. Durch das obere Abdeckblech und durch Aussteifungen im Innern jeder Ecke ist dem Ganzen der nötige Verband gegeben. An dem einen Ende des Oberwagens ist sodann noch die Plattform für den Fahrwerkmotor — die Katzen erhielten nur je ein Fahrwerk — ausgekragt. Die Längs- und Querträger selbst sind I-Träger, deren Gurtplatten auf die starken Stehbleche aufgeschweißt sind. Mehrere aufgesetzte Stegrippen sollen noch ein Falten der Träger verhüten.

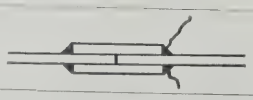
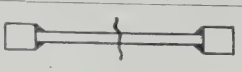
Abb. 2 und 3 zeigen den Aufbau und lassen erkennen, daß die Schweißungen mit unterbrochener Naht ausgeführt sind, wobei die Länge der Schweißungen wie ihre Anzahl recht ausreichend zur Aufnahme der auftretenden Kräfte bemessen ist.



Noch klarer ist die Ausbildung des oberen Teils der eigentlichen Katze, der Haube, aus Abb. 4 zu ersehen. Der ausgedrehte kräftige Ring an der Oberkante der Haube dient zur Aufnahme des oberen Kugellagerringes. Er ist gleichfalls nur angeschweißt. In der Haube, wie in dem Maschinenhaus der Katze sind einzelne Nähte mit Vollschweißungen ausgeführt, soweit es sich um wasserdicht herzustellende Nähte handelte. Das Maschinenhaus endlich mit dem Ausleger zeigen Abb. 5 und 6; es ist in seinen Hauptkonstruktionsteilen ein Rahmengebilde, Abb. 7 und 8, das mit der Haube verschraubt wird.

Soweit die einzelnen Träger nicht aus gewalzten Profilen — I-, L- oder Z-Eisen der Profile Nr. 5 bis 40, oder gekanteten Blechen — so die vier Hauptpfosten

**Zahlentafel 1**
Ergebnisse der Versuche an geschweißten Zerreißproben.

| Nr. | Schweißdraht | Art | Abmessungen Länge mm | Abmessungen Breite mm | Streckgrenze kg/mm² | Bruchgrenze kg/mm² | Dehnung vH | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | B | | 73 | 9,5 | 36,3 | 48 | 10 | Bruch in der Schweißnaht |
| 2 | B | | 73 | 9,5 | 36 | 43,8 | 5 | " " " " |
| 3 | E | | 73 | 9,5 | 35,5 | 44 | 6 | " " " " |
| 4 | B | | 82 | 9,5 | 34,8 | 49 | 6 | Bruch in der Schweißnaht |
| 5 | E | | 82 | 9,5 | 35,5 | 46 | 5 | " " " |
| 6 | B | | 60 | 9,5 | 34,3 | 51,7 | 11,6 | Bruch im Werkstoff |
| 7 | E |  | 34,5 | 9,5 | 35,9 | 48,7 | 11,3 | Bruch in der Schweißnaht |
| 8 | E | | 35 | 9,5 | 35,8 | 41,8 | 4,9 | " " " " |
| 9 | B | | 39,2 | 9,5 | 34,6 | 40,1 | 4,3 | " " " " |
| 10 | B | | 39,7 | 9,5 | 36,2 | 41,9 | 4,1 | " " " " |
| 11 | B |  | — | 20 Dmr. | 34,1 | 44,1 | 8,3 | Zerreißstäbe aus Elektroden angefertigt |
| 12 | E | | — | 15 " | 32,8 | 43 | 13,5 | |
| 13 | E | | — | 15 " | 34 | 43 | 13,7 | |

**Zahlentafel 2**
Ergebnisse der Versuche geschweißter Biegeproben

| Schweißdraht | Art | Abmessungen Länge mm | Abmessungen Breite mm | Biegewinkel ° |
|---|---|---|---|---|
| E | | 60 | 6 | 51 |
| E | | 60 | 6 | 91 |
| E | | 60 | 6 | 53 |
| B | | 60 | 6 | 39 |
| B | | 60 | 6 | 39 |
| B | | 60 | 6 | 43 |
| E | | 60 | 10 | 86 |
| E | | 60 | 10 | 57 |
| E | | 60 | 10 | 50 |
| B | | 60 | 10 | 25 |
| B | | 60 | 10 | 27 |
| B | | 60 | 10 | 42 |
| BEH | | 100 | 10 | 21 / 46 / 100 |
| BEH | | 100 | 10 | 12 / 29 / 49 |

s Rahmens — ausgebildet werden konnten, sind sie enso wie die Träger des Oberwagens zusammenschweißt; insbesondre gilt dies für den Ausleger. ie Maschinenplattform ist in der Weise hergestellt, daß uerträger stumpf zwischen und außen gegen die Hauptngsträger geschweißt sind, und zwar so, daß die Oberanten durchweg bündig liegen. Der notwendige Verband t wieder durch das durchgehende 5 mm dicke gleichlls aufgeschweißte Bodenblech geschaffen. Um das auptgerüst herum ist dann das Dach und die Außenaut des Kranhauses aus 3 mm dicken Blechen am ilfsrahmen aus leichten Z- und ⊀-Eisen mit Dichtähten herumgeschweißt.

Das Maschinenhaus ist so ein steifes ganz zusammenängendes Gebilde von außerordentlich hoher Widertandfähigkeit geworden. Die Schrägstäbe aus Waggon-Eisen Pr. 40 dienen nicht nur zur Herstellung eines reieckverbandes, sondern haben auch die Seiltrommeln ufzunehmen. Der obere Anschluß dieser Schrägstäbe st in Abb. 6 zu erkennen. Das Maschinenhaus ist von ben durch die Haube zugänglich.

Die von der Demag zwecks Auswahl des geeigetsten Werkstoffes angestellten Untersuchungen waren rhältnismäßig umfangreich. Zunächst sollte durch Voruntersuchungen festgestellt werden, ob Silizium-Baustahl der der hochwertige Union-Baustahl[3]) der geeignetere Baustoff wäre. Die besseren Lieferungsmöglichkeiten für den letzteren gaben aber alsbald den Ausschlag. Mit ihm sind dann eingehende Versuche mit mehreren Schweißelektroden ausgeführt, von denen einige in den Zahlentafeln 1 und 2 angegeben sind. Die Analyse des Baustahles selbst hatte folgendes Ergebnis:

| Probe | C | Si | Mn | P | S | Cr | Cu |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 ..... vH | 0,16 | 0,22 | 0,85 | 0,04 | 0,044 | 0,48 | 0,76 |
| 2 ..... „ | 0,16 | 0,16 | 0,81 | 0,038 | 0,041 | 0,48 | 0,74 |

Dabei betragen die Streckgrenze 36,7 kg/mm², die Bruchfestigkeit 51,1 kg/mm² und die Dehnung 20,8 vH.

Bei den Versuchsstücken waren sämtliche Schweißnähte auf Blechdicke abgearbeitet. Kehlschweißungen sind ebenfalls nur mit vollen Nähten, nicht mit verstärkten Schweißnähten, ausgeführt worden. Bei den Zerreißproben 1 bis 10 handelt es sich infolgedessen um Mindestwerte, die bei der üblichen verstärkten Ausführung der Schweißnähte übertroffen werden. Die Zerreißstäbe 11 bis 13 sind aus niedergeschmolzenen Elektroden angefertigt und bestätigen das Ergebnis der ersten Versuche. Diese Stäbe reckten sich ziemlich gleichmäßig auf der ganzen Länge und gingen dann plötzlich ohne wesentliche Einschnürung zu Bruch. Bemerkenswert ist noch, daß die Zerreißprobe 12 von einem Fachmann der Elektrodenfirma hergestellt wurde, während ein Schweißer des Benrather Werks die Probe 13 fertiggestellt hat.

Für die Biegeversuche 14 bis 19 wurden zunächst die Probestäbe mittels V-Schweißungen hergestellt und auf jede Probe quer zur Schweißnaht noch eine Schweißraupe gelegt. Die folgenden Versuche 20 bis 25 sind mit dickeren Blechen vorgenommen, die mittels X-Schweißungen zusammengeschweißt waren und gleichfalls eine Querraupe erhielten. Der eingetragene Biegewinkel gilt für den ersten Anriß in der Raupe.

Die Versuche 26 und 27 endlich wurden so angefertigt, daß auf jeden Stab je eine Schweißraupe der drei verschiedenen Elektroden in der Reihenfolge BEH nebeneinander aufgelegt wurden. Beim Biegen wurde wieder jeweils der erste Anriß festgestellt. Die so ermittelten Werte sind in der Reihenfolge BEH angegeben.

Im allgemeinen geht aus den Versuchen hervor, daß die Festigkeitswerte der Elektroden B und E ziemlich gleichwertig sind. Die Elektrode E weist aber eine höhere Dehnung als B auf. Für eingehende Versuche

[3]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 44 S. 1573.

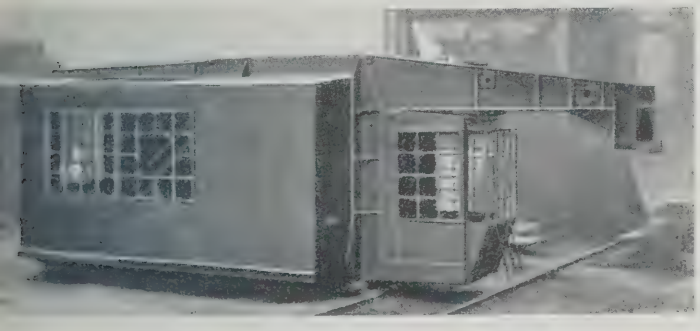


**Abb. 5**
Das Maschinenhaus mit dem Ausleger.

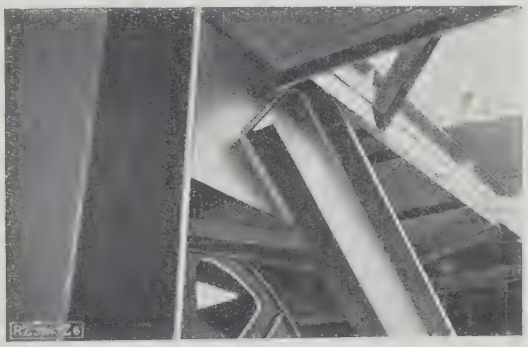


**Abb. 6**
Einzelheiten aus dem Innern des Maschinenhauses.

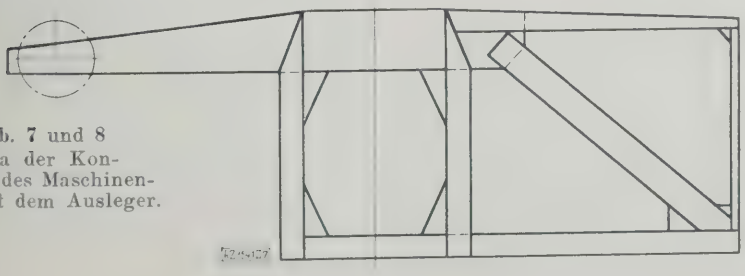
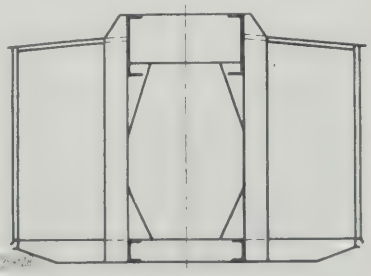


**Abb. 7 und 8**
Schema der Konstruktion des Maschinenhauses mit dem Ausleger.



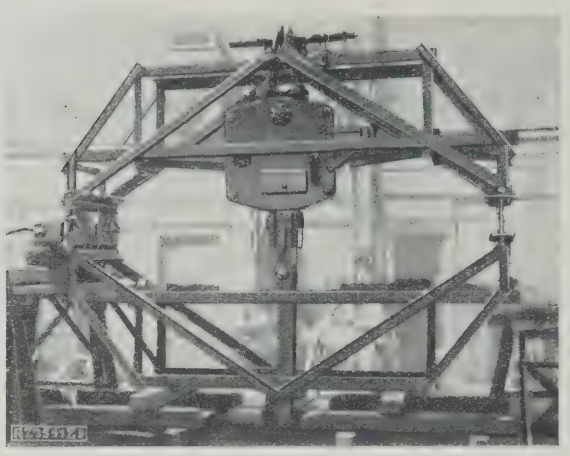


Abb. 9
Tragböcke zum Heben der Katzen während der Probebelastung.

mit der Elektrode H fehlte es an der erforderlichen Zeit. Sie übertrifft in der Dehnung allerdings noch die Elektrode E, zeitigte aber bei Vorversuchen sonst keine einwandfreien Ergebnisse.

Die mit der B-Elektrode geschweißten Proben zeigten sämtlich glänzende grobkörnige Bruchflächen, während E-Draht zwar feineres Korn aber stellenweise blasige Naht ergab, ohne daß dies Einfluß auf die Festigkeit gehabt hätte. Alles in allem war also die E-Elektrode zweifelsohne die bessere. Dem stand aber gegenüber, daß sie erheblich mehr kostete als die B-Elektrode. E 4 mm Draht gleicher Länge kostete 0,32 ℳ gege 0,05 ℳ. Infolgedessen wurde die E-Elektrode (en lisches Erzeugnis) nur an denjenigen Stellen verwend an denen die Dehnung der Schweißnaht von besonder Bedeutung ist. Im übrigen genügte die B-Elektrode (e Inlanderzeugnis), zumal bei Schweißverbindungen fa stets die Möglichkeit besteht, die Schweißnähte derart anzuordnen und so kräftig auszubilden, daß der Bruc unbedingt im vollen Werkstoff und nicht in der Schwei naht erfolgen muß.

Um Verwechslungen zu vermeiden, wurde der hoc wertige Baustahl in üblicher Weise gesondert gelage und durch einen Anstrich kenntlich gemacht. Die Ve arbeitung war durch seine große Elastizität etwas schwi riger als die von Stahl St. 37. Aus St 37 mußten die 3 mm Mantelbleche genommen werden, weil hochwertige Blech unter 5 mm nicht gewalzt wurden. Die Schweißbarke des hochwertigen Baustahls war sehr gut. Mehrfach Nachprüfungen an den Schweißnähten durch Wegsten men ergaben stets einen einwandfreien Zusammenflu der niedergeschmolzenen Schweißnähte mit dem Werk stoff der zu verbindenden Bleche.

Die neuen Katzen sind nunmehr bereits seit einige Zeit im Betriebe, die erste seit Mitte Juni 1929, ohn daß sich an irgendeiner Stelle irgendein Mangel in de Schweißung gezeigt hätte, obwohl in Greiferbetrieben insbesondere bei der Verladung schwerer Erze, bekann lich sehr harte Stöße aufzunehmen sind.

Bemerkenswert ist noch, daß auch die Böcke, a denen die Katzen vollkommen fertig zusammengebau hochgezogen wurden, in geschweißter Konstruktion aus geführt worden sind. Abb. 9 zeigt diese Böcke bei ihre Probebelastung mit 35 t. [B 3541]

# Die elektrische Stumpfschweißung (Abschmelzverfahren)

## Anwendungsmöglichkeiten im Schiffbau

*Von Dr. Th. WUPPERMANN, Schlebusch-Manfort*

*Vorgetragen in der Fachsitzung „Schweißtechnik" anläßlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure, Danzig, 21. Juni 1929*

***Die Feuerschweißung weist unzuverlässige Ergebnisse auf. Die Anwendung der elektrischen Stumpfschweißung nach dem Abschmelzverfahren an ihrer Stelle erfordert genaue Untersuchung der Ergebnisse dieses Verfahrens. Die Untersuchung ergibt zufriedenstellende Werte und führt zur Genehmigung der Anwendung der elektrischen Schweißung für die Herstellung von Schmiedestücken im Schiffbau.***

Die elektrische Stumpfschweißung nach dem Abschmelzverfahren[1]) ist als Konstruktionelement an die Stelle der altbekannten Feuerschweißung getreten und hat diese da, wo bei Reihenherstellung von Maschinenteilen Querschnitte bis zu 8000 mm² zu verschweißen sind, schon weitgehend verdrängt. Die Feuerschweißung findet noch Anwendung zur Herstellung von schwierigen Schmiedestücken, wie z. B. Schiffssteven und -Rudern, Bodenringen von Feuerbüchsen usw. Sie erfordert besonders geschulte, daher teure Arbeitskräfte und sehr lange Arbeitzeiten für jede einzelne Schweißung. Ein schwerwiegender Nachteil ist der Umstand, daß Stahl mit mehr als 0,3 vH Kohlenstoffgehalt, d. h. mit mehr als 50 kg/mm² Bruchfestigkeit, sich nicht im Feuer schweißen läßt.

Es ist ferner nicht möglich, eine fertige Schweißung auf ihre Güte zu prüfen, insbesondere darauf, ob auch im Kern eine gute Verschweißung eingetreten ist. Der äußere Befund gibt darüber keinen sicheren Aufschluß. Ein Beispiel dafür zeigt Abb. 1 an einem Ruderschaft. Das Ruderblatt ist an den beiden Anschweißstellen vom Schaft abgebrochen. Die Bruchfläche, Abb. 2, der oberen Ruderfeder zeigt, daß die Schweißung in der Mitte des Querschnitts überhaupt keine Verbindung des Werkstoffs bewirkt hat. Lediglich die Randzone war verschweißt An dieser Stelle ist dann auch der Bruch eingetreten Er erfolgte an der unteren Ruderfeder ebenfalls in de Schweißstelle, Abb. 3. Obschon diese wesentlich besse ausgeführt war als die obere, bedeutet ihr teils über hitztes, teils unverschweißtes Gefüge eine beträchtliche Schwächung des Querschnitts an dieser Stelle.

Man könnte einwenden, das liege lediglich an de Verwendung von Flußstahl statt Schweißstahl. Daß dies unrichtig ist, sieht man an der aus einem alten schweißstählernen Ruder herausgeschnittenen Schweißstelle Abb. 4, wo zwischen den beiden verschweißten Querschnitten eine deutlich erkennbare Fuge geblieben ist Eine Anzahl von Zerreißproben aus feuergeschweißten Stücken rissen in oder nahe an der Schweiße, Abb. 5. Die Probestäbe sind unmittelbar neben der Schweiße im überhitzten Werkstoff oder in der nicht richtig verbundenen Naht gebrochen. Mitunter treten auch beide Erscheinungen am gleichen Stab auf.

Es lag unter diesen Umständen nahe, die elektrische Stumpfschweißung nach dem Abschmelzverfahren, deren günstige Ergebnisse auch für größere Querschnitte durch die Untersuchungen von Oberbaurat *Füchsel*[2]) für die Herstellung von Bodenringen an Feuerbüchsen der Reichsbahn bekannt waren, auch für andre Schmiedestücke, wie

[1]) Zur Unterrichtung über Wesen und Arbeitsvorgang der elektrischen Stumpfschweißung nach dem Abschmelzverfahren sei auf „Hütte" 25. Aufl. 2. Bd. S. 684 u. f. verwiesen.

[2]) Glasers Annalen Bd. 94 (1924) S. 85.

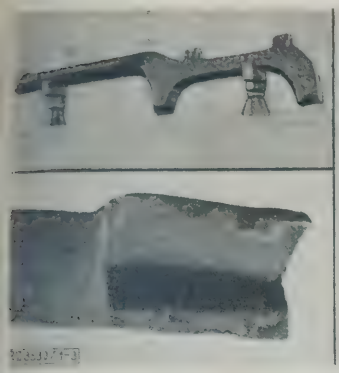


**Abb. 1**
Brüche der Ruderfedern.

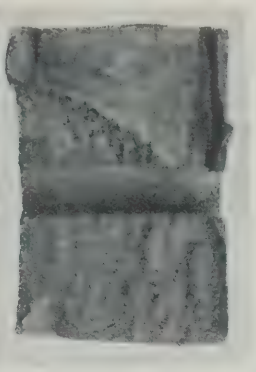


**Abb. 3**
Bruchfläche der unteren Schweißung.

**Abb. 2**
Bruchfläche der oberen Schweißung.

**Abb. 1 bis 3**
Feuerschweißungen an einem Ruderrahmen.

**Abb. 4** (oben)
Feuerschweißnaht in Schweißstahl.

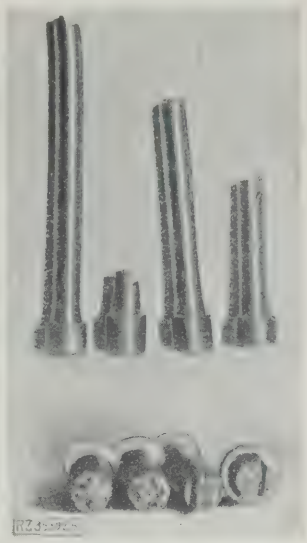


**Abb. 5**
Zerreißproben aus Feuerschweißstellen.

Steven und Ruder, anzuwenden. Dazu war die Genehmigung der Schiffahrtsklassifikations-Gesellschaften erforderlich. Entsprechend der Bedeutung der Gesellschaften wandte ich mich zunächst an den Germanischen Lloyd und an Lloyd's Register of Shipping. Beide traten daraufhin in eine gründliche Prüfung der Frage ein. Es sei auch an dieser Stelle den beteiligten Herren für ihr lebhaftes persönliches Eingehen auf die Angelegenheit und die Förderung der Sache herzlich gedankt.

Bei den Untersuchungen sollte zunächst davon ausgegangen werden, die elektrische Stumpfschweißung der Feuerschweißung gegenüberzustellen. Die Gütewerte, die die Feuerschweißung ergab, waren aber so gering, daß man sich entschloß, elektrisch geschweißte Stücke nur mit dem ungeschweißten Ausgangswerkstoff zu vergleichen.

Für die einzelnen Untersuchungen wurde jeweils aus einem ausgeschmiedeten Stab von 100×100 mm² (und 60×100 mm² bei Schweißungen auf einer kleineren Maschine) Abschnitte von etwa 300 mm Länge abgesägt. Diese Abschnitte wurden wieder zu einem Stabe zusammengeschweißt; ein Stück blieb jedesmal zur Untersuchung des ungeschweißten Werkstoffs zurück. Der geschweißte Stab wurde dann wieder so zerlegt, daß immer eine Schweißstelle in der Mitte eines Abschnittes lag. Diese wurden dann entsprechend Abb. 6 bis 8 in einzelne Probestäbe aufgeteilt. Die Bestimmung der

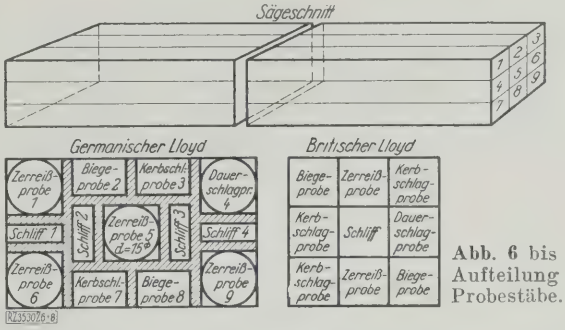



**Abb. 6 bis 8**
Aufteilung der Probestäbe.

Probestäbe für die verschiedenen Prüfungsarten wurde unter den einzelnen Abschnitten so gewechselt, daß alle Arten von Versuchen an allen Stellen der verschweißten Querschnitte mehrmals genommen werden konnten.

Die Ergebnisse einer Gruppe von Zerreiß-, Biege-, Dauer- und Kerbschlagversuchen zeigt Zahlentafel 1. Abb. 9 bis 12 und Abb. 13 bis 17 stellen die Probestäbe dar, deren Werte unter den gleichen Nummern in der Zahlentafel 1 aufgeführt sind. Die Bruchfestigkeit des ungeschweißten Werkstoffs beträgt 36,9 und 37,2 kg/mm², die der geschweißten Stücke ist etwas höher, von 37,2 bis 37,9 kg/mm². Die Streckgrenze — für den Konstrukteur noch wichtiger — liegt bei den geschweißten Stäben mit

**Zahlentafel 1.** Versuchsergebnisse stumpfgeschweißter Proben.

| Zerreißversuch | | | | | | | | | Biegeversuch | | Dauerschlagversuch | | Kerbschlagversuch | | Schliff |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Probe Nr. | Dmr. | Streckgrenze kg | Streckgrenze kg/mm² | Bruchlast kg | Bruchlast kg/mm² | Dehnung*) vH | Einschnürung vH | Bemerkungen über den Bruch | Nr. | Biegung | Nr. | Anzahl der Schläge bis zum Bruch | Nr. | mkg cm² | Nr. |
| 2 | 20 | 8600 | 27,4 | 11 600 | 36,9 | 37,4 | 67 | 21 mm v. Körner | 1 | Enden geschlossen | 4 | 3947 | 3 | | 1 |
| 5 | 20 | 8200 | 26,1 | 11 700 | 37,2 | 40 | 67 | 24 „ „ „ | 6 | „ „ | | | | | 4 |
| 12 | 20 | 8500 | 27,1 | 11 700 | 37,2 | 38,7 | 61,5 | 46 „ „ „ | 11 | „ leichter Anriß | 16 | 3980 | 13 | 4,47 | 15 |
| | | Bruch dicht an der Schweißzone | | | | | | | | | | | 14 | 4,15 | |
| 25 | 20 | 8500 | 27,1 | 11 800 | 37,6 | 36 | 54,5 | 46 „ „ „ | 23 | „ „ „ | 22 | 3352 | 21 | 3,47 | |
| | | Bruch in der Schweißzone | | | | | | | 24 | „ „ „ | | | 26 | 4,47 | |
| 35 | 20 | 8200 | 26,1 | 11 800 | 37,6 | 34,7 | 61 | 50 „ „ „ | 36 | „ „ „ | 31 | 3081 | 33 | 4,47 | 32 |
| | | Bruch in der Schweißzone | | | | | | | | | | | 34 | 4,64 | |
| 42 | 20 | 8100 | 25,8 | 11 700 | 37,2 | 33,3 | 61 | 45 „ „ „ | 41 | „ „ „ | 46 | 3165 | 43 | 4,16 | 45 |
| | | Bruch in der Schweißzone | | | | | | | | | | | 44 | 4 | |
| 55 | 20 | 8000 | 25,5 | 11 900 | 37,9 | 33,3 | 63,5 | 40 „ „ „ | 53 | „ „ „ | 52 | 3143 | 51 | 4,8 | |
| | | Bruch in der Schweißzone | | | | | | | 54 | „ „ „ | | | 56 | 4,47 | |
| 65 | 20 | 8600 | 27,4 | 11 800 | 37,6 | 38,7 | 63,5 | 27 „ „ „ | 66 | „ „ „ | 61 | 4334 | 63 | 4,3 | |
| | | Bruch außerhalb der Schweißzone | | | | | | Bemerkbare Einschnürung in der Schweißung | | | 62 | 3152 | 64 | 5,27 | |
| 72 | 20 | 8300 | 26,4 | 11 700 | 37,2 | 36 | 56,5 | 37 mm v. Körner | 71 | „ „ „ | 76 | 4953 | 73 | 4,63 | 75 |
| | | Bruch in der Schweißzone | | | | | | | | | | | 74 | 4,16 | geglüht |

*) Auf die gesamte Probenlänge bezogen.

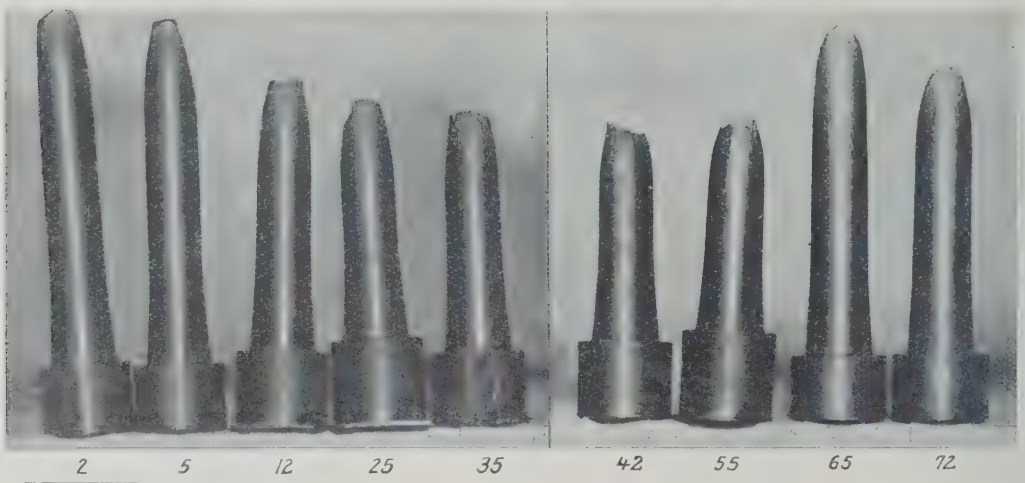



**Abb. 9 und 10**
Ergebnis der Zerreißversuche an stumpfgeschweißten Proben.
St 34. 11.

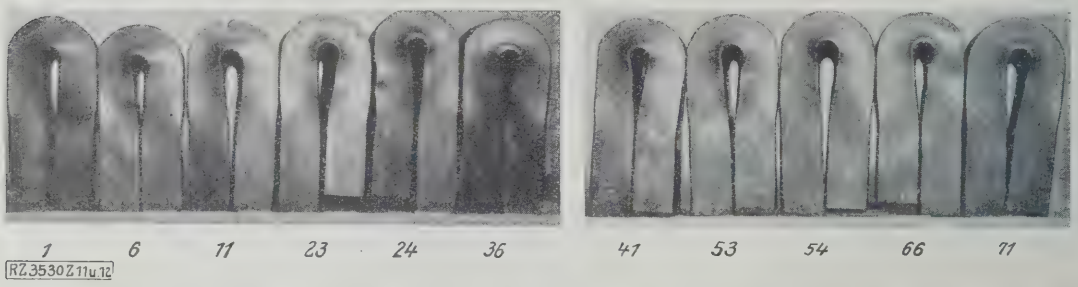
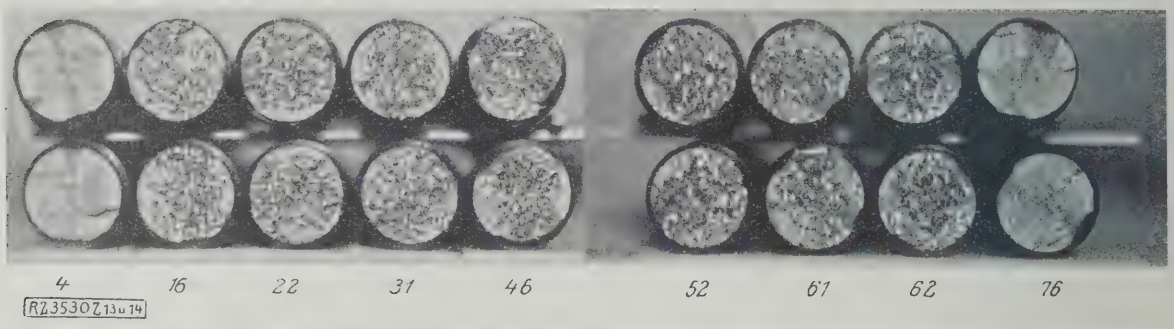
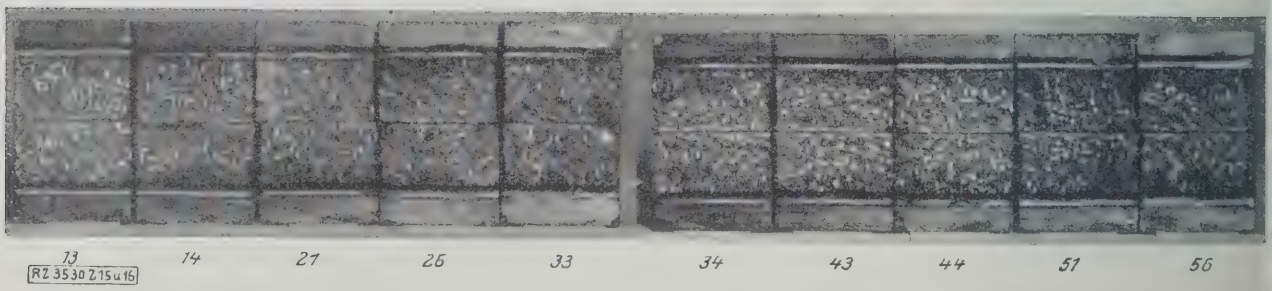



**Abb. 11 und 12**
Ergebnis der Biegeversuche an stumpfgeschweißten Proben.
St 34. 11.



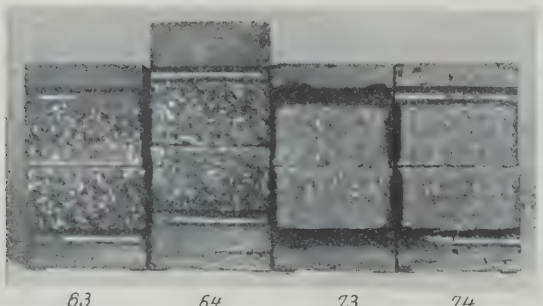




**Abb. 13 bis 17**
Ergebnis der Dauerschlag- und Kerbschlagversuche an stumpfgeschweißten Proben, St 34. 11.

Die Zahlen unter den Abbildungen geben die Nummer der Probe an, vergl. Zahlentafel 1.

Abb. 18 bis 20
Bruchflächen von Fallwerkproben. St 34. 11.

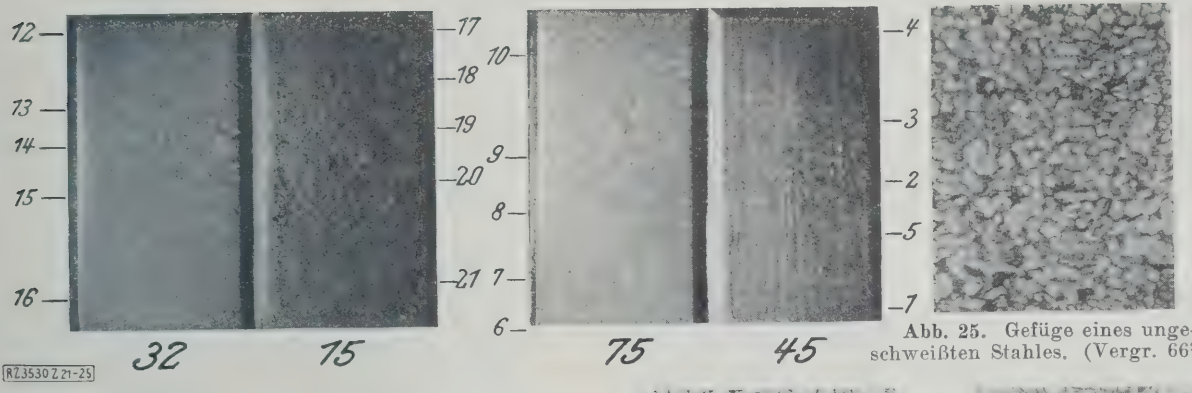



Abb. 21 bis 24
Gefügebilder von Schweißfugen.



Abb. 25. Gefüge eines ungeschweißten Stahles. (Vergr. 66⅔)

dem niedrigsten Wert von 25,5 kg/mm² nur um 0,6 kg unter dem Wert der ungeschweißten Probe. Die Biegeproben sind sämtlich ohne Anriß vollkommen flach zusammengebogen, nur bei Nr. 11, Abb. 11, entstand beim Anbiegen ein leichter Anriß, der sich während des weiteren Biegens nicht mehr vergrößerte. Die Dauerschlagwerte liegen im Durchschnitt etwas unter denen des ungeschweißten Werkstoffes. Größer ist der Unterschied nur bei den Kerbschlagproben, die bei nicht nachgeglühten Schweißungen kaum 50 vH der Ursprungswerte erreichen. Der wesentlich schlechtere Ausfall der dynamisch beanspruchten Proben gegenüber den nur statisch belasteten erklärt sich aus der durch die Erhitzung in der Schweißzone auftretenden Kornvergröberung. Mittels geeigneter Warmbehandlung läßt sich die Kornvergröberung beseitigen und eine erhebliche Verbesserung der dynamischen Werte erzielen.

Die Zerreißproben haben normales Aussehen, Abb. 9 und 10, teilweise schnüren sie erst in der Schweiße ein, während der Bruch außerhalb der Schweiße erfolgt, so daß dann zwei Einschnürungen vorhanden sind. Die Biegeproben lassen sich bei Werkstoffen, die eine solche Beanspruchung überhaupt aushalten, stets ganz schließen.

Die Bruchflächen der dynamisch beanspruchten Proben zeigen das erwähnte grobkörnige Gefüge. Bereits bei ganz oberflächlich vorgenommenem Ausglühen (Nr. 76, 73/74, Abb. 14 und 17) tritt eine merkliche Kornverfeinerung ein.

Auf besonderen Wunsch von Lloyd's Register of Shipping wurden auch Schlagversuche durch Zerschlagen einiger Probestücke von 60 × 100 mm² Querschnitt unter dem Achsenschlagwerk bis zum Bruch in der Schweißfuge durchgeführt, Abb. 18 bis 20. Die Bruchfläche läßt von der Schweißung nichts erkennen.

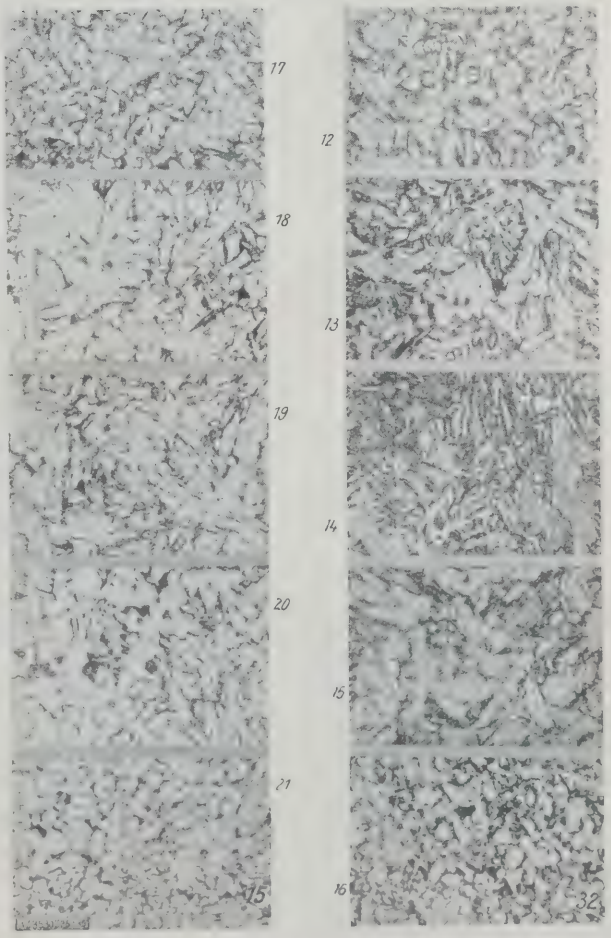



Abb. 26 bis 35
Gefügebilder stumpfgeschweißter Proben von St 34. 11. (Vergr. 50)

Besonders aufschlußreich sind die mikroskopischen Gefügeuntersuchungen. Abb. 21 bis 24 zeigen die geätzten Flächen von vier Probestäben. Die Schweißnähte liegen bei 14, 19, 9 und 2. Deutlich ist die Kornvergröberung in der Nähe der Schweißnähte zu erkennen. Abb. 25 zeigt das normale Gefüge eines ungeschweißten Stahles von etwa 36 bis 38 kg/mm², 66⅔ mal vergrößert. Dieses Bild diene dem Vergleich mit den folgenden Bildern, die aus Schweißungen entnommen sind. Den Zustand des Gefüges in und neben der Schweißnaht veranschaulichen die Gefügeschliffbilder, Abb. 26 bis 35, 36 bis 39, 40 bis 42 und 43 bis 46. In Abb. 26 bis 35 befindet sich die Schweißnaht bei 14 und 19. Die Bilderreihe ist den Probestäben Nr. 32 und Nr. 15, Abb. 21 und 22, entnommen. Das Gefüge ist verfilzt, der regelmäßige Verlauf der Korngrenzen in und dicht neben der Schweißnaht zerstört, aber es zeigen sich keine Überhitzungserscheinungen, die im Gefüge als *Widmannstättensche* Figuren deutlich zu erkennen wären. Bereits wenige Millimeter von der Schweißnaht entfernt ist eine Einwirkung des Schweißvorganges nicht mehr erkennbar. Nur bei unrichtiger Ausführung der Schweißung kann eine Überhitzung des Werkstoffes an der Schweißnaht eintreten, wie Abb. 43 bis 46 zeigen. Durch Glühen läßt sich jedoch auch diese Erscheinung restlos beseitigen.

Abb. 36 bis 39 zeigen den Zustand des Gefüges in der Nähe der Schweißnaht bei der Schweißung eines Werkstoffes mit höherem Kohlenstoffgehalt. An dem oben abgebildeten Probestab, Abb. 36 und 37, fällt die durch die Einwirkung der großen Hitze entstandene Kornvergröberung auf. An dem unteren Probestab, Abb. 38 und 39, ist diese durch kurzes Ausglühen wieder so weit beseitigt, daß von einer Einwirkung des Schweißvorganges auf das Gefüge nichts mehr zu sehen ist.

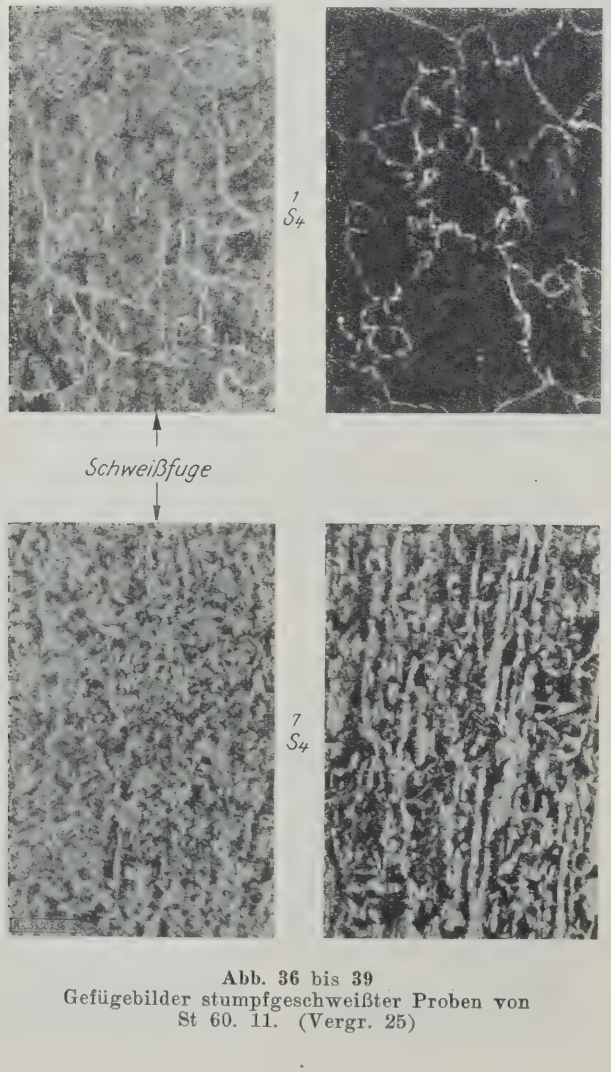



**Abb. 36 bis 39**
Gefügebilder stumpfgeschweißter Proben von St 60. 11. (Vergr. 25)

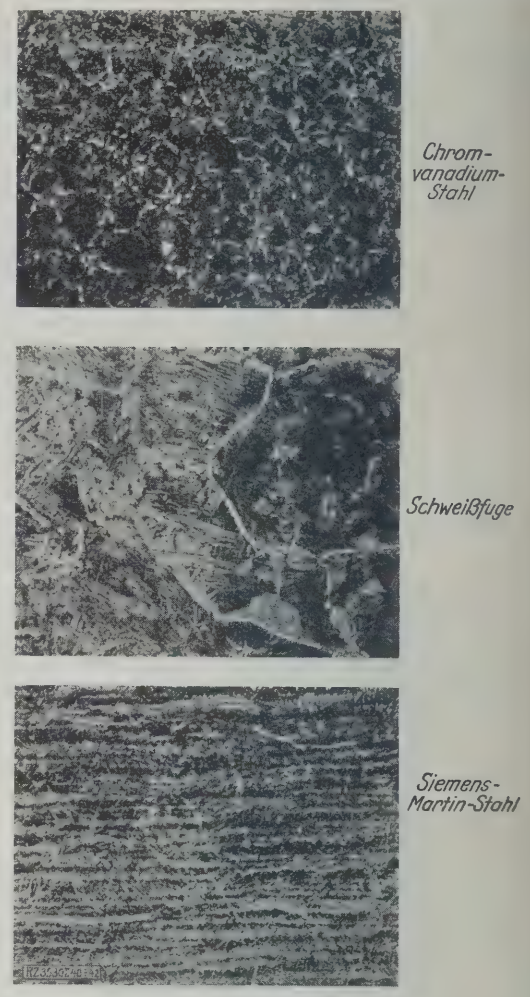



**Abb. 40 bis 42**
Gefügebilder stumpfgeschweißter Proben aus Chrom-Vanadium-Stahl und St 50. 11. (Vergr. 25)

Außerordentlich bemerkenswert sind Abb. 40 bis 42, da sie das Ineinanderübergehen der Korngrenzen bei zwei verschiedenen Werkstoffen zeigen. Es ist die Schweißfuge zwischen Chrom-Vanadium-Stahl von etwa 80 kg/mm² Festigkeit und Siemens-Martin-Stahl von etwa 50 kg/mm² Festigkeit.

Auf Grund der vorstehend dargelegten Untersuchungsergebnisse haben sowohl der Germanische wie der Britische Lloyd unter gewissen Voraussetzungen die Anwendung der elektrischen Stumpfschweißung nach dem Abschmelzverfahren an Stelle der bisherigen Feuerschweißung genehmigt. Zunächst bleibt jedoch die Anwendung auf kleine Schmiedestücke für den Flußschiffbau beschränkt, da eine hinreichend große Maschine zur Schweißung großer schmiedeeiserner Steven noch nicht zur Verfügung steht. Es ist aber zu hoffen, daß sich das Vertrauen in die elektrische Stumpfschweißung in Kürze so steigert, daß auch für wesentlich größere Anlagen die Beschäftigung sichergestellt werden kann. Schweißmaschinen, die mit Sicherheit große Querschnitte zu verschweißen in der Lage sind, würden es ermöglichen, auch Formstücke, die bisher noch aus Stahlguß gemacht werden, in Zukunft mit größerer Sicherheit und unter Ersparnis von Gewicht aus Stahl herzustellen.

Ein sehr dankbares Feld hat die elektrische Stumpfschweißung auf dem Gebiet der Ausbesserungen. Infolge der Güte der erzielten Schweißung ist es z. B. ohne weiteres möglich, einen stark abgenutzten oder gar abgebrochenen Ruderschaft durch Anschweißen eines neuen Stückes wiederherzustellen. Derartig hoch beanspruchte Teile können im Feuer nicht geschweißt werden, weil

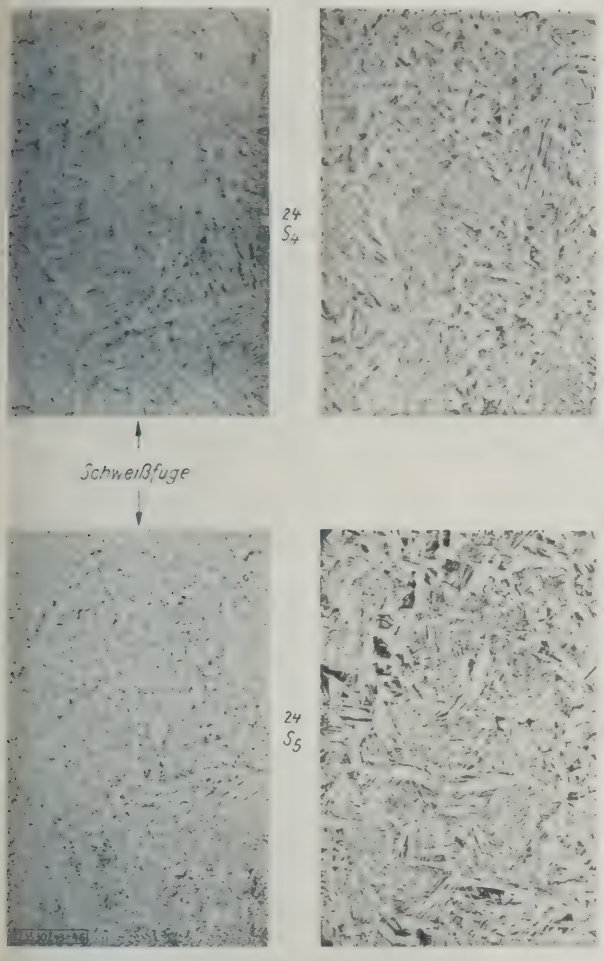



**Abb. 43 bis 46**
Gefügebilder stumpfgeschweißter Proben von St 42. 11, überhitzt. (Vergr. 25)

keine Gewähr für eine betriebsichere Verbindung gegeben ist. Für die Ausbesserungen liegt der Hauptvorteil in der Zeitersparnis. So kann man z. B. einen neuen Ruderschaft innerhalb weniger Stunden anschweißen. Selbstverständlich bleibt die Anwendung der elektrischen Stumpfschweißung nach dem Abschmelzverfahren nicht auf Schiffsteile beschränkt. Alle andern verwickelten Maschinenteile können ebenfalls in diesem Verfahren hergestellt werden, selbst dann, wenn es sich um Stücke handelt, die einer hohen Beanspruchung im Betriebe unterworfen werden.

Aus dem Meinungsaustausch über den vorstehend veröffentlichten Vortrag sei folgendes wiedergegeben:

Oberbaurat *Wundram*, Hamburg: In Zahlentafel 1 sind Dehnungszahlen von 33 bis 35 vH aus elektrischen Schweißungen angegeben. Bei der Lichtbogenschweißung kommen Dehnungszahlen von höchstens 7 bis 10 vH vor. Wie ist diese Dehnung gemessen? Da bei der Stumpfschweißung die Naht selbst nur 1 mm dick ist und auf dieser Grenze die Dehnung nicht gut gemessen werden kann, so vermute ich, daß die gesamte Dehnung des Schweißstückes gemessen ist. Das verschiebt aber die Gütezahlen zugunsten der Schweißung.

Dr. *Wuppermann*: Die Dehnungsmessung ist am gesamten Probestab vorgenommen worden. Das ist nicht anders möglich, weil bei dieser Schweißung eine Naht praktisch nicht besteht. Es wird ja auch zwischen die zu verschweißenden Querschnitte kein fremder Werkstoff eingebracht. Ich möchte noch einen anderen Beweis ins Feld führen, weshalb die Dehnungszahlen in diesem Falle Geltung haben. Bei den Zerreißversuchen brach die Probe ebenso oft in wie neben der Schweißung. Hieraus kann man ohne weiteres folgern, daß die am Gesamtprobestab gemessene Dehnung auch für die eigentliche Schweißstelle Gültigkeit habe.

Dr.-Ing. E. h. *Kuchel*, Berlin: Können Zahlen angegeben werden für die Herstellungskosten, die in der Feuer- oder elektrischen Herstellung entstehen, wobei von der Amortisation der elektrischen und der Schweißmaschinen abzusehen wäre.

Oberbaurat *Füchsel*, Berlin: In ähnlicher Weise, wie angeführt, sind auch Versuche mit großem Erfolg gemacht worden, Schienen mit weit höherem Kohlenstoffgehalt, als er im Schiffbau verwendet wird, zusammenzuschweißen. Ansehnliche Gütewerte bezüglich Biegefestigkeit bei statischer und dynamischer Beanspruchung sind erreicht worden.

Die Frage, die hinsichtlich der Dehnung angeschnitten wurde, ist nicht so erheblich, weil hier Biegeproben mit einem Biegewinkel von 180 ° vorgeführt wurden. Der Biegeversuch ist zweifellos das schärfere Prüfverfahren, die Zähigkeit festzustellen, als die Messung der Dehnung beim Zugversuch.

Dr. *Wuppermann*: Ich möchte auf die Frage von Dr. *Kuchel* wegen der Höhe der entstehenden Kosten eingehen. Wenn man die Abschreibungen der Schweißmaschine außer acht lassen will, so sind die verbleibenden Kosten sehr gering. Die Schweißung eines Querschnittes von 10 000 mm² erfordert 15 bis 20 kWh Strom. Die Maschine wird für größere Schweißungen von zwei Leuten bedient, und zwar sind hierzu keine Facharbeiter, sondern lediglich angelernte Kräfte erforderlich. In 1 h können bei gleichartiger Schweißung etwa zehn Schweißungen, bei verschiedenartiger drei bis vier vorgenommen werden. Es richtet sich die Anzahl der Schweißungen nach der Mühe, die auf das Einspannen der Stücke verwendet werden muß. Aus diesen Angaben können Sie sich selbst für jeden einzelnen Fall ein Bild von der Höhe der entstehenden Kosten machen. Hoch sind lediglich die Kosten der Amortisation, da die Anlage sehr teuer ist und die Anwendungsgebiete für die elektrische Stumpfschweißung großer Querschnitte noch nicht so weit erschlossen sind, daß genügend Schweißungen für die volle Beschäftigung einer Maschine gemacht werden können.

Der Vorteil gegenüber der bisherigen Feuerschweißung erhellt aus folgender Überlegung: Für die Ausführung einer üblichen Feuerschweißung sind drei Mann notwendig, von denen einer wenigstens ein langjährig erfahrener Facharbeiter sein muß. Selbst dieser kann noch Fehler machen. Die Feuerschweißung, die wir zum Vergleich für die elektrische Stumpfschweißung ausgeführt haben, wurde unter der Aufsicht von Sachverständigen ausgeführt. Es waren Herren zugegen, die infolge ihres Lebensalters über eine vier- bis fünfmal größere Erfahrung als ich verfügen dürften. Trotz aller Sorgfalt und obwohl die Schweißung nach eingehender Betrachtung für einwandfrei erklärt worden war, brach der aus der Mitte des Querschnittes genommene Probestab schon bei der Bearbeitung — es sollte eine Zerreißprobe daraus angefertigt werden — in der Drehbank.

Die Kosten der Feuerschweißung sind sehr hoch. Das Stück wird zuerst im Schmiedefeuer vorgewärmt, nachdem die zu verschweißenden Querschnitte erst durch das Ausschmieden eines V-förmigen Querschnittes vorgearbeitet wurden. Das Feuer brennt weiter, während die Querschnitte in der richtigen Lage gespannt werden, was lange dauert. Schließlich muß die Schweißhitze erzeugt werden, und nun erst beginnt die eigentliche Schweißung, die z. B. unter dem Dampfhammer zu erfolgen hat. All dieses nimmt so viel Zeit in Anspruch, daß man für eine große Schweißung eine volle Schicht rechnen muß.

Was das Schweißen von Stählen höherer Festigkeiten anlangt, die Oberbaurat *Füchsel* mit Bezug auf die Schweißung von Eisenbahnschienen streifte, so kann ich diese Erfahrungen auf Grund ähnlicher Untersuchungen nur bestätigen. Wir haben im Laufe unserer Untersuchungen Chromnickelstahl von 80 kg/mm² Festigkeit (3 vH Nickel und 1 vH Chrom) geschweißt. Es ist dies ein Stahl, der an sich schon lufthärtend ist. Selbst bei diesem Werkstoff ist eine gute Schweißung bei richtiger Führung und Behandlung zu erzielen, während im Feuer eine solche gänzlich unmöglich ist.

[B 3530]

# Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte

*Von Dr. mont. F. SOMMER, Düsseldorf-Oberkassel*

*Vorgetragen in der Fachsitzung „Schweißtechnik" anläßlich der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieur in Danzig am 21. Juni 1929*

*Nach einer Beschreibung der bisher allgemein verwendeten Schweißdrähte werden einige neuere Zusatzdrähte behandelt: Ein blanker Draht für Verbindungsschweißung, der sich an Wechselstrom-Transformatoren verwenden läßt; seine Schweiße ist frei von Rotbruch und läßt sich daher in Rotglut schmieden, biegen und verwinden, ohne die Nachteile der umhüllten Elektroden aufzuweisen; ferner ein legierter Draht für Gasschweißung, der in der Schweiße eine Festigkeit von 52 bis 65 kg/mm² ergibt und einen Kaltbiegewinkel von etwa 100°; ein legierter Draht für Gasschweißung mit 40 bis 50 kg/mm² Festigkeit und 180° Kaltbiegewinkel. Besondere Erwähnung finden auch die neuen Schweißdrähte für rostsichere und hitzebeständige Schweißungen und Drähte für Auftragschweißung.*

Eine der wichtigsten Voraussetzungen für die wirtschaftliche Anwendung der Schweiße als Konstruktionselement, sowie für deren Gleichmäßigkeit und Güte, ist ein allen Anforderungen wirtschaftlicher, schweißtechnischer und metallurgischer Art entsprechender Schweißdraht.

### Verbindungsschweißung, Anforderungen

Ganz allgemein wird von den Zusatzdrähten verlangt, daß sie einen leichten, klaren und schlackenfreien Fluß ergeben, gut mit dem Werkstück verschmelzen und dabei geringe Spritzerscheinungen zeigen. Vor nicht zu langer Zeit war man der Ansicht, daß ein möglichst reines, kohlenstoffarmes Eisen, das sich im kalten Zustande leicht biegen ließ, für alle Fälle der Gas- und Elektroschweißung genüge. Man war zufrieden, unter den verschiedenen auf den Markt gebrachten Drähten einen zu finden, der diesen Anforderungen entsprach.

Im Laufe der Zeit ging man daran, die Drähte chemisch zu analysieren und glaubte nun, sie beurteilen zu können. Man fand jedoch bald, daß z. B. Drähte von gleicher Analyse sich in einem Falle mit Gas gut, aber elektrisch schlecht verschweißen ließen. Da die Gasschmelzschweißung bereits ziemlich weit durchgebildet war, als die elektrische Lichtbogenschweißung noch entwickelt wurde, so wurden naturgemäß zunächst die Eigenschaften des Drahtes für das erstere Verfahren studiert und die günstigsten Werte festgelegt.

Der Kohlenstoff- und Siliziumgehalt eines guten Drahtes für die Gasverbindungsschweißung von Hohlkörpern verschiedener Art, Rohren, Gefäßen, für weiche und zähe Dichtungsschweißungen soll 0,1 vH nicht überschreiten und der Schwefel- und Phosphorgehalt möglichst niedrig liegen. Die nichtmetallischen Einschlüsse sollen über den Querschnitt ziemlich gleichmäßig verteilt sein und ein gewis Maß nicht überschreiten. Die Festigkeit der Schweiße trägt etwa 30 bis 35 kg/mm², also etwa 80 vH derjeni eines weichen Kesselbleches. Der Kaltbiegewinkel betr. 180° unter Zugrundelegung von 6 bis 8 mm dickem Bl und auf Blechdicke abgearbeiteter Raupe. Die Schweiße warm schmiedbar und verwindbar, Zahlentafel 1, Nr. 1. I von den Verbrauchern vielfach verlangte Glühen ei Drahtes mit den eben beschriebenen Eigenschaften zwecklos, ja unter Umständen sogar schädlich. Die K verformung ist ohne Einfluß auf die Schweißeigenschaft

Das Gegenstück zu diesem weichen Draht für Gasschweißung bildet ein solcher für Verbindun schweißung mittels des elektrischen Lichtbogens, der sonders im Hochbau und Brückenbau angewendet wi Bei der Schaffung dieses Drahtes waren bereits eini Schwierigkeiten zu überwinden, da man in der Schwei 100 vH der Festigkeit des Baustahles verlangte.

Mittels der metallurgischen Forschung fand man nächst einen Draht mit einem gewissen Mindestwert nichtmetallischen Einschlüssen und einer ähnlich Analyse, wie die des Drahtes für die Gasschweißu Die Schweiße weist eine Festigkeit von 37 bis 43 kg/m und einen Kaltbiegewinkel von etwa 90 bis 120° unter den oben erwähnten Prüfungsbedingungen Zahl tafel 1, Nr. 2. Infolge der weitgehenden Verbrennu der wertvollen Legierungselemente Kohlenstoff, Silizi und Mangan, sowie der Aufnahme von Sauerstoff aus Luft, ist die Schweiße im warmen Zustande ka schmiedbar; sie nimmt neben dem Sauerstoff auch Sti stoff bis zu Gehalten von 0,2 vH auf, der sich in Fo von nadelförmig ausgebildeten Nitriden unter dem Mik skop feststellen läßt. Da der Stickstoffgehalt unter

**Zahlentafel 1.** Stahldrähte für Verbindungsschweißungen.

| Nr | Chemische Zusammensetzung (Höchstwerte) vH | | | | | Art der Schweißung | Zerreißfestigkeit der Schweiße kg/mm² | Kaltbiegewinkel der Schweiße nach Din 1605 6 bis 8 mm Blechdicke Raupe abgearbeitet | Anmerkung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Si | Mn | S | P | | | | |
| 1 | 0,1 | 0,15 | 0,5 | 0,035 | 0,025 | Gasschmelzschweißung | 30 bis 35 | 180° | warm schmiedbar und verwindbar |
| 2 | 0,12 | 0,1 | 0,35 bis 0,6 | 0,035 | 0,025 | Elektrisch Minuspol a. d. E. | 37 bis 43 | 90 bis 120° | warm schwer schmiedb |
| 3 | 0,12 | 0,15 | Mindestwert 0,55 | 0,035 | 0,025 | Elektrisch Minuspol a. d. E. und Wechselstrom | 37 bis 43 | 90 bis 120° | warm schmiedbar und verwindbar |
| 4 | — | — | — | — | — | Gasschmelzschweißung | 34 bis 38 | 180° | „ |
| 5 | — | — | — | — | — | „ | 52 bis 65 | etwa 90° | „ |
| 6 | — | — | — | — | — | „ | 40 bis 50 | 180° | „ |
| 7 | — | — | — | — | — | Elektrisch Minuspol a. d. E. | 50 bis 60 | etwa 70° | warm schmiedbar |
| 8 | — | — | — | — | — | Gasschmelzschweißung | 70 bis 90 | etwa 60° | warm schmiedbar, ros sicher und hitzebestän |

chen Verhältnissen unterhalb der genannten Menge vorhanden ist, so kann seine Anwesenheit in der Schweiße insofern als nützlich bezeichnet werden, als er die Festigkeit und Streckgrenze um etwa 5 kg/mm² erhöht, was allerdings mit dem Verlust von einigen Hundertteilen Dehnung bezahlt werden muß.

Bald stellte sich die Notwendigkeit heraus, einen blanken Draht zu erzeugen, der sich auch an Wechselstrom-Transformatoren mit stehenbleibendem Lichtbogen verwenden ließ, dessen Schweiße frei von Sauerstoffbruch war, sich also in der Schmiedetemperatur biegen und verwinden ließ, ohne jedoch die Nachteile der umhüllten Elektroden aufzuweisen. Es ist gelungen, einen solchen Draht herzustellen, der sich durch besondere, sehr wenig schlackenbildende nichtmetallische Einschlüsse auszeichnet, die um die Mittelachse des Drahtes zusammengezogen sind, Zahlentafel 1, Nr. 3. In diesen beiden Drähten verfügt der Konstrukteur über Zusatzwerkstoffe, deren Schweißen etwa die gleiche Streckgrenze und Festigkeit aufweisen wie der Baustahl, Abb. 1 bis 4.

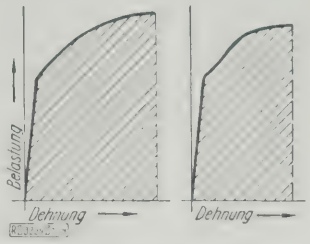



**Abb. 1 und 2**
Zerreißdiagramm von Stäben mit 10 mm Dmr. aus Schweißgut, Marke Böhler und BW, Zahlentafel 1, Nr. 2.

| | | Abb. 1 | Abb. 2 |
|---|---|---|---|
| Streckgrenze . . . . | kg/cm² | 29,6 | 31,2 |
| Zerreißfestigkeit . . | „ | 42,5 | 40,1 |
| Bruchdehnung . . | „ vH | 5,8 | 5,2 |

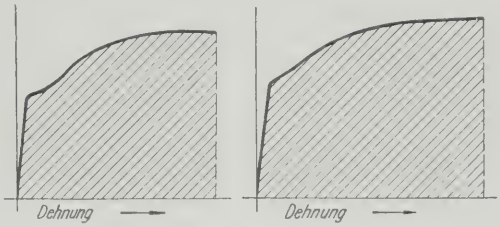



**Abb. 3 und 4**
Zerreißdiagramm von Stäben mit 10 mm Dmr. aus Schweißgut, Marke Böhler und B Elite, Zahlentafel 1, Nr. 3.

| | | Abb. 3 | Abb. 4 |
|---|---|---|---|
| Streckgrenze . . . . | kg/cm² | 27,4 | 28,6 |
| Zerreißfestigkeit . . | „ | 40 | 41,7 |
| Bruchdehnung . . | „ vH | 7,8 | 8,3 |

### Physikalische und metallurgische Eigenschaften

Bei der Prüfung der physikalischen Eigenschaften der Schweiße bestimmt man die Festigkeit durch Versuche, die der wirklichen Beanspruchung am nächsten kommen, also bei der Verbindungsschweißung durch den Zerreißversuch und bei der Auftragschweißung durch den Druckversuch mittels der Brinellprüfung. Für die Umrechnung der Festigkeitszahlen aus den Brinellversuchen gelten andre Umrechnungswerte als bei der Prüfung gewalzten oder geschmiedeten Stahles. Es wäre eine dankbare Aufgabe des zuständigen Ausschusses beim Deutschen Verband für die Materialprüfungen der Technik, sich auch mit dieser Frage zu beschäftigen.

Was sagt nun der Zerreißversuch bei Verbindungsschweißungen, vergl. Abb. 5? Reißt der Stab in der Schweiße, dann zeigt er, vollständige Dichte der Rißstelle vorausgesetzt, die wirkliche Festigkeit des Schweißgutes. Die gefundene Dehnungsziffer gibt kein richtiges Bild, da man nicht weiß, welcher Anteil der Dehnung auf die Schweißstelle und welcher auf den Werkstoff entfällt. Reißt der Stab im Blech, dann kann man nur die eine Schlußfolgerung ziehen, daß die Schweißstelle höhere Streckgrenze und Festigkeit hat, als der Werkstoff; denn die gefundenen physikalischen Werte gelten nur annähernd für diesen und nicht für das Schweißgut. Will man die übrigen Eigenschaften des Schweißgutes kennen, dann muß man einen ganzen Zerreißstab unter denselben Bedingungen wie im praktischen Gebrauch aus den Zusatzdrähten niederschmelzen und prüfen. Die Zähigkeit der Schweißverbindung bestimmt man am besten durch den Biegeversuch nach Din 1605. Dieses mühelose Prüfverfahren hat noch den Vorzug, daß aus einem großen Biegewinkel auch auf große Festigkeit der Verbindung geschlossen werden kann. Bei der Auftragschweißung ergibt die *Brinell*-Prüfung, wie bereits erwähnt, ein richtiges Bild der Härte des Werkstoffes an seiner Oberfläche. Die Güte der Bindung zwischen der Auftragung und dem darunterliegenden Werkstoff wird sicher und einfach durch einen Trennversuch mit Meißel oder ähnlichen Werkzeug erkannt.

Im unlegierten weichen Schweißgut sind die wertvollen Elemente zum größten Teil verbrannt und ihre Verbrennungsstoffe lockern in Form von Oxyden das Gefüge, mit Ausnahme des Kohlenoxyds, das sich beizeiten verflüchtigt. Einer der größten Schädlinge des Eisens, der Sauerstoff, verbindet sich, nachdem er das Zerstörungswerk beendet hat, mit einem Teil des durch keine andern chemischen Elemente geschützten Eisens. Nur Schwefel und Phosphor verbleiben ziemlich unbehelligt im Schweißgut. Der eindringende Stickstoff verleiht der Schweißstelle eine höhere Festigkeit und Streckgrenze. Die mit Gas hergestellte Schweiße, sowie die, die unter Verwendung eines mit einer nichtmetallischen Seele versehenen Drahtes erzeugt wird, ist in qualitativer Beziehung insofern besser, als der Sauerstoff nicht so stark

**Abb. 5**
Zerreißversuche an geschweißten Blechen.

Hierzu die Zahlentafel links.

| Nr. | Stab | Streckgrenze kg/mm² | Festigkeit kg/mm² | Dehnung vH | Brinellfestigkeit Blech kg/mm² | Brinellfestigkeit Schweiße kg/mm² |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Im Blech gerissen . . . . . | 28 | 37,4 | 24,5 | 37,1 | 42,5 |
| 2 | In der Schweißstelle gerissen | 29,6 | 34,2 | 10,4 | 38,5 | 43,7 |
| 3 | Kesselblech . . . . . | 29,3 | 38,1 | 22,7 | 37,3 | — |

an das Eisen herankommt und sie daher frei von Sauerstoff-Rotbruch ist. Auch die mit umhüllten Schweißstäben hergestellten Schweißen wären den eben genannten gleichzustellen, wenn nicht die Schlacke der Ummantelung in der Schweiße zum Teil eingebettet bliebe. Bei Verwendung von Drähten, die mit Nickel, Chrom und Molybdän legiert sind, wird die Schweiße durch diese Elemente, die beinahe mit ihren vollen Gehalten eintreten, wesentlich verbessert.

Praktisch genommen sieht das Bild bedeutend erfreulicher aus. Falls von der Schweiße — ich behandele nur die Verbindungsschweißung — nicht verlangt werden muß, daß sie sich im warmen Zustande schmieden läßt, so spielt der Sauerstoff-Rotbruch keine besondere Rolle, nur daß er die Schweiße etwas spröder macht. Dies drückt sich auch dadurch aus, daß die Dehnung einer Verbindungsschweiße, hergestellt mit weichem Draht für Gasschweißung oder Elektroschweißung mit Seelendraht, um einige Hundertteile höher ist als bei üblicher Lichtbogenschweißung, wobei aber bemerkt werden muß, daß die Dehnungsziffern in jedem Falle nur etwa ein Viertel eines weichen Kesselbleches betragen.

Da die meisten statischen Berechnungen wohl auf der Grundlage der Streckgrenze durchgeführt werden, so sollte das Schweißgut auch möglichst die gleiche Streckgrenze aufweisen wie der Baustahl. Von diesen Gesichtspunkten aus ist die elektrische Schweißung unbedingt vorzuziehen. Eines der Bedenken besteht nun in der geringeren Dehnung. Daß das Schweißgut tatsächlich zähe ist, beweisen die Biegeversuche, die selbst bei einer rotbrüchigen elektrischen Lichtbogenschweißung, von einem schlechten Schweißer ausgeführt, mindestens 60° ergeben und unter günstigen Verhältnissen bis 120° ansteigen können. Diese Prüfung zeigt mehr als jede andre, daß die Schweiße, richtig ausgeführt, als Konstruktionselement unter üblichen Beanspruchungen genügende Zähigkeit aufweist.

Bei statischen Zugbeanspruchungen kann die Schweiße, ebenso wie der Baustahl, bis zur Streckgrenze belastet werden. Treten in einem Bauwerk jedoch schwingende Beanspruchungen ein, dann dürfen diese die Elastizitätsgrenze, die in diesem Falle nur etwa 60 vH der Streckgrenze beträgt, nicht überschreiten. Die Schweißverbindungen müßten also so angelegt werden, daß die Schweiße, deren Oberfläche ja meist ziemlich scharfe Übergänge und Kanten aufweist, nicht über die Elastizitätsgrenze hinaus beansprucht wird. Eine unangenehme Auswirkung der geringen Dehnung der Schweiße besteht darin, daß sie plötzlichen Stoßbeanspruchungen schlechter widersteht als der Baustahl; sie kann unvermittelt auftretende Beanspruchungen infolge der geringen Zähigkeit nicht genügend rasch über den zur Verfügung stehenden Querschnitt verteilen, so daß sich dann leicht örtliche Beanspruchungen über die Streckgrenze, ja über die Bruchgrenze hinaus ergeben können. Dies läßt sich am besten dadurch veranschaulichen, wenn man einen nur aus Schweißgut hergestellten Stab, z. B. mittels eines Pendelschlaghammers bricht. Auch hier eröffnet sich dem Fachausschuß für Schweißtechnik eine dankenswerte Aufgabe, diesen schwachen Punkt in der Anwendung der Schweißtechnik auf Grund von Schlagversuchen zu studieren.

### Weitere neue Schweißdrähte

Bald verlangte man nach Drähten, die höhere Festigkeiten bei guter Zähigkeit hatten. Bei der Herstellung der Behälter, Gefäße und Rohrverbindungen usw. ging man auf die Verwendung hochwertiger legierter Stähle über, für die entsprechende Schweißzusatzstoffe beschafft werden mußten. Auch hier haben die Forschungen zwei Stahldrähte geschaffen. Man fand zunächst einen legierten Draht für Gasschweißung, der in der Schweiße eine Festigkeit von 52 bis 65 kg/mm² ergab, bei einem Kaltbiegewinkel von etwa 100°, Zahlentafel 1, Nr. 4. Ferner wurde ein legierter Draht für Gasschweißung mit einer Festigkeit von 40 bis 50 kg und einem Kaltbiegewinkel von 180° in der Schweiße, Zahlentafel 1, Nr. 6, hergestellt. Der Draht Nr. 5 wurde z. B. beim Bau einer „Lokomotive mit 140 at Dampfdruck verwendet. Die Vorschrift für den Werkstoff verlangte etwa 60 bis 65 kg/mm² Festigkeit. Alle Verbindungsstellen wurden mittels Azetylen-Sauerstoff geschweißt. Von der Schweiße selbst wurden 100 vH der Festigkeit verlangt, irgendwelche Verstärkungen der Schweißnähte, insbesondere im Innern der Überhitzerrohre, waren unzulässig. Die Bedingungen wurden erfüllt.

Die Elektroschweißer verlangten nun einen Draht für Lichtbogenschweißung für die neu herausgekommenen, mit Silizium, Mangan, Chrom, Kupfer und auch Molybdän legierten Hochbaustähle. Zur Verschweißung der Silizium-Hochbaustähle auf Schweißautomaten wurde der in Zahlentafel 1, Nr. 3, angeführte Draht mit gutem Erfolg verwendet. In der Schweiße wurde eine Festigkeit von etwa 50 kg/mm² bei einem Biegewinkel bis zu 180° in der Versuchsanstalt der Firma Böhler festgestellt. Weiterhin sind aussichtsreiche Versuche im Gange, einen legierten Draht für die Schweißung der Hochbaustähle zu schaffen, der in der Schweiße eine Festigkeit von etwa 55 kg/mm² ergibt und der ebenso beständig gegen Anfressung ist wie der legierte Hochbaustahl selbst, Zahlentafel 1, Nr. 7.

Ein besonderes Gebiet bildet die Verschweißung von rostsicheren Stählen, besonders diejenige von Blechen und Rohren. Man verwendet hierfür einen Stahl mit etwa 12 bis 14 vH Chrom und etwa 0,1 vH Kohlenstoff und bei härteren Gegenständen — besonders auch Schneidwerkzeugen — einen solchen mit 0,4 vH Kohlenstoff. Von den unter der Markenbezeichnung V2A bekannten Cr-Ni-Stählen will ich im Rahmen dieser Ausführungen absehen, da sie in Deutschland ein Monopolgebiet der Firma Fried. Krupp A.-G., Essen, darstellen. Für die erstgenannten Chromstähle sind ähnlich zusammengesetzte bewährte Schweißdrähte in blanker und umhüllter Ausführung vorhanden. Bei ihrer Verwendung, besonders bei der Verbindungschweißung von

**Zahlentafel 2.** Stahldrähte für Auftragschweißungen.

| Nr. | Chemische Zusammensetzung C | Si | Mn | P | S | Schweißungsart | Festigkeit der Schweiße, ermittelt durch Brinellprüfung Brinellhärte | kg/mm² | Anmerkung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,5 bis 0,65 | — | 0,45 bis 0,65 | Höchstwert 0,03 | Höchstwert 0,04 | Elektrisch Pluspol a. d. E. | etwa 204 | etwa 70 | Schweiße bearbeitbar |
| 2 | 0,95 bis 1,15 | — | 0,2 bis 0,35 | Höchstwert 0,02 | Höchstwert 0,025 | Elektrisch Pluspol a. d. E. | 290 bis 350 | 100 bis 120 | Schweiße schwer bearbeitbar |
| 3 | W, Cr legiert | | | | | Elektrisch Pluspol a. d. E. und Gasschweißung | 435 bis 580 | 150 bis 200 | Schweiße nur durch Schleifen bearbeitbar |
| 4 | 14 vH Mn | | | | | Elektrisch Pluspol a. d. E. und Gasschweißung | Zerreißfestigkeit 100 bis 120 kg/mm² | | „ |
| 5 | legiert | | | | | Elektrisch Minuspol a. d. E. | 205 bis 260 | 70 bis 90 | Schweiße, bearbeitbar |

echen und Rohren mit Gas und Lichtbogen zeigt sich r Übelstand, daß die Schweiße und der auf Rotglut erirmte Werkstoff durch die Abkühlung an der Luft härtet werden, wobei sie Festigkeiten bis etwa 1 kg/mm² annehmen. Die Folge davon sind Spannungen der Schweiße oder den benachbarten Blechteilen, die zur ßbildung führen können, wenn der geschweißte Gegenind nicht sofort ausgeglüht wird. Leider ist dies aus triebsgründen in vielen Fällen nicht möglich.

In den letzten Monaten ist es gelungen, einen neuen erkstoff für rostsichere Bleche und ebensolche Schweißähte herzustellen, der nach der Schweißung weich id daher auch ohne Glühung rissefrei bleibt. Dieser ahl ist noch nicht im Handel, Zahlentafel 1, Nr. 8.

Besondere Beachtung verdienen auch die hochlegierr Drähte, die sich durch besondere Beständigkeit gegen nfressung, und zwar beinahe gegen alle Säuren, sowie rch Hitzebeständigkeit auszeichnen.

### Auftragschweißung

Wesentlich andre Forderungen werden an die Aufagschweißung gestellt. Man trachtet hierbei, dem auftragenden Schweißgut möglichst eine höhere Widerandfähigkeit gegen Abnutzung zu geben, als sie der erkstoff aufweist; das Werkstück soll also nicht nur sgebessert, sondern durch Schweißformgebung verbessert erden. Für solche Schweißarbeiten muß man einen usatzstoff, Zahlentafel 2, verwenden, der schon im aturharten Zustande eine höhere Härte aufweist und iese durch einen Lufthärtungsvorgang bei der Abkühng des Schweißgutes noch zu steigern vermag. Um iesen Härtungsvorgang zu begünstigen, ist es notendig, das Schweißgut rasch und ohne zu starke Erärmung des Grundstoffes aufzutragen. Aus dem Grunde ird für Auftragschweißung in steigendem Maße der lektrische Lichtbogen benutzt. Da bei dem Härtungsorgang die Abkühlung des Schweißgutes am kalten erkstück auch eine bedeutende Rolle spielt, so kommt s vor, daß bei kleinen und dünnwandigen Gegenständen icht Wärmestauungen auftreten, die eine genügend asche Abkühlung der Schweiße verhindern. In diesem alle und bei Gasschweißung muß man die härtesten oder hrom-Wolfram-legierte Schweißdrähte verwenden. Ein eiteres Mittel, die Schweiße bei kleinen Gegenständen uf höchste Härte zu bringen, besteht darin, daß das etreffende Stück in Öl oder Wasser abgeschreckt wird. eider läßt sich dieser Vorgang nur in seltenen Fällen urchführen und verlangt große Übung und Erfahrung, m Rißbildung zu vermeiden.

In vielen Fällen hat die Zusammensetzung des rundstoffes großen Einfluß auf die Härte der Schweiße. ei der Auftragschweißung wird ein Teil des Grunderkstoffes im flüssigen Zustande überführt und mischt ich infolgedessen mit dem aufzutragenden Werkstoff, oraus die entsprechenden Rückschlüsse auf die Wahl es Zusatzdrahtes und die Härte der Schweiße gezogen erden müssen.

Während man bei der Verbindungsschweißung die lektrode an den negativen Pol legt, um einen mögichst guten Einbrand hervorzurufen, benutzt man bei uftragschweißungen den positiven Pol.

Beim Auftragen von nur einer Lage weichen Drahtes iegen die Verhältnisse insofern umgekehrt, als man dort ünscht, den härteren Grundwerkstoff möglichst aufzuchmelzen und seine härtesteigernden Legierungsbestandeile in die Schweiße zu bringen. In diesem Falle kann s zweckmäßig sein, eine für den negativen Pol geeigete Elektrode zu verwenden.

Da bei Auftragschweißungen die Abschmelzgeschwinigkeit höher eingestellt wird als bei den Verbindungsschweißungen und der flüssige Stahl infolgedessen der Einirkung des Luftsauerstoffs nicht so stark ausgesetzt ist, o verbrennen die Legierungsbestandteile auch in geringem Maße als bei der Verbindungsschweißung. Der höhere ohlenstoffgehalt zerstört den eindringenden Sauerstoff nter Bildung von Kohlenoxyd, noch bevor er das Eisen erdrängt. Gleichzeitig geht auch die Anreicherung von auerstoff und Stickstoff zurück.

Für Auftragschweißungen, bei denen eine Festigkeit von etwa 70 kg/mm² (entsprechend einer Brinellhärte von 200) verlangt wird, genügt ein Zusatzdraht mit einem Kohlenstoffgehalt von 0,5 bis 0,65 vH bei entsprechendem Mangan- und möglichst niedrigem Phosphor- und Schwefelgehalt, Zahlentafel 2 Nr. 1. Durch einen Zusatzdraht mit etwa 1 vH C und mit entsprechender Reinheit wird eine Festigkeit von 100 bis 120 kg/mm² oder eine Brinellhärte von 290 bis 350 erreicht, Zahlentafel 2 Nr. 2. Bei Kohlenstoffgehalten von etwa 1,25 vH und genügender Chrom- und Wolframlegierung erreicht man Festigkeiten von 150 bis 200 kg/mm² oder Brinellhärten bis zu 580, Zahlentafel 2 Nr. 3. Die Härten reichen bis an die der im Einsatz gehärteten Gegenständen heran.

Eine besondere Stellung nimmt der hochhaltige austenitische Manganstahl ein, der sich im blanken nichtumhüllten Zustande gleich gut für Verbindungs- und Auftragschweißung mit Gas oder elektrischem Lichtbogen eignet, Zahlentafel 2 Nr. 4. Der Draht ergibt eine sehr hohe Verschleißfestigkeit bei gleichzeitig sehr großer Zähigkeit; man verwendet ihn besonders zum Auftragen auf Werkstücke aus hochhaltigem Manganstahl, wie Baggerteile, Laufräder, Fahrschienen, Herz- und Kreuzungsstücke. Die Abkühlgeschwindigkeit der Schweißraupe bei üblicher flotter Schweißarbeit genügt vollkommen, um sie in den für die Verschleißfestigkeit und Zähigkeit günstigen austenitischen Zustand zu bringen. Schweißungen aus diesem Draht neigen sehr wenig zu Rissen und Brüchen. Infolge ihrer besonderen Zähigkeit werden Teile, die mit Manganstahl zusammenarbeiten, nicht beschädigt, wie z. B. bei Straßenbahnen, wo die Räder im Lauf auf den mit Manganstahl hergestellten Kurvenschienen keine vermehrte Abnutzung zeigen dürfen. Es sei noch erwähnt, daß die mittels Brinellkugel gemessene Härte des hochhaltigen Manganstahles, umgerechnet in kg/mm², um etwa 20 kg/mm² niedriger liegt, als bei einer Zerreißprobe dieses Stahles.

In letzter Zeit wurden Versuche mit einem neuen Draht durchgeführt, der sich für die Wiederinstandsetzung abgenutzter Räder oder Bandagen eignet, sich auf Automaten verschweißen läßt und in der Schweiße Festigkeiten von mindestens 70 kg/mm² ergibt, Zahlentafel 2 Nr. 5.

### Zusammenfassung

Trotz des ungeheuren Aufschwungs, den die Schweißtechnik in den letzten Jahren genommen hat, stehen viele Fachgenossen besonders der elektrischen Lichtbogenschweißung noch mißtrauisch gegenüber; es ist noch ein beschwerlicher Weg zurückzulegen, bis die Schweiße als Konstruktionselement überall dort, wo es möglich ist, planmäßig angewendet wird. Wenn ich überblicke, welche Hemmnisse der Weiterentwicklung entgegenstehen, so komme ich zu folgender Betrachtung:

Die gastechnischen und elektrotechnischen Voraussetzungen für die richtige Durchführung der Schweißung scheinen gegeben. Seit sich die Metallurgie der Erforschung der Eigenschaften der Zusatzdrähte angenommen hat, kann man mit Bestimmtheit sagen, daß auch die heute von den verantwortungsbewußten Stahlwerken auf den Markt gebrachten Schweißdrähte das halten, was sie versprechen. Da man imstande ist, die Schweißdrähte durch Abnahmeprüfungen in schweißtechnischer, metallurgischer und physikalischer Art zu überwachen, so kann man auch die Zusatzdrähte als einen sicheren Faktor einsetzen. Man kann auch die Schweiße bei statischen Berechnungen als Konstruktionselement mit bekannten Werten ansehen, vorausgesetzt, daß sie einwandfrei ausgeführt ist.

Eine Unsicherheit besteht m. E. lediglich in der Ausführung der Schweißarbeit selbst, die zum größten Teil von den damit betrauten Menschen abhängig ist. Es erscheint mir vorläufig immer noch als das wichtigste Gebot, einen ausgezeichneten Stab von Schweißingenieuren, Schweißmeistern und eine Truppe hervorragender Schweißer heranzuziehen. Da eine so individuelle Arbeit wie die der Schweißung immer abhängig von der jeweiligen physischen und psychischen Verfassung des Schweißers bleiben wird, so halte ich es bei der Ausführung wichtiger Schweißungen als unerläßlich, daß je eine Gruppe von Schweißern durch einen besonderen unab-

hängigen und fachkundigen Meister beaufsichtigt wird, der auch stichprobenweise einzelne Schweißverbindungen zur Prüfung zerstören darf; da es bisher kein Mittel gibt, um eine Schweiße laufend betriebsmäßig zu überwachen, so sehe ich besonders bei der Ausführung von Brücken- und Hochbauten vorläufig keinen anderen Ausweg, als den eben beschriebenen.

Wenn ich im Zusammenhang hiermit noch auf einen schwachen Punkt hinweisen darf, dann ist es der, daß meiner Erfahrung nach der Gütegedanke bei der Auswahl der Schweißdrähte in weiten Verbraucherkreisen noch zu wenig Fuß gefaßt hat. Im Unterricht der Schweißerlehrlinge, bei den Ausbildungskursen für Schweißer, in Fachschulen und Hochschulen müßte den metallurgischen Fragen der Schweißtechnik mehr Beachtung als bisher geschenkt werden. Jeder Schweißer müßte die metallurgischen Vorgänge in seiner Berufsarbeit kennen.

**Meinungsaustausch**

Dipl.-Ing. *Sandelowsky*, Dresden: Es ist wohl nicht angängig, die in dem Vortrage enthaltenen Vorgänge allein vom metallurgischen Standpunkte aus zu behandeln. Auf Grund der Analyse kann man die Festigkeit von Metallen berechnen. Da ergibt sich regelmäßig, daß die Schweiße in besonderen Fällen eine bessere Festigkeit hat als sie haben müßte. Häufig wird die Festigkeit in der Praxis nicht erreicht. Bei Untersuchungen von 40 Zerreißproben hat in gewissen Fällen ein Draht mit 0,02 vH Kohlenstoff genau dieselbe Festigkeit erzielt wie ein Draht mit 0,15 vH Kohlenstoff.

Schließlich noch etwas anderes. Die Festigkeit der Schweiße steigt mit der Festigkeit des Werkstoffes. Es ist jetzt gelungen, den Silizium-Hochbaustahl anstandlos z verschweißen, und zwar haben sich hier unter Verwendun von Schweißdrähten von *Böhler* bei den Zerreißproben Wer von 55 kg/mm² ergeben. Die Proben waren neben d Schweißstelle gerissen. Der Biegewinkel betrug 180 Diese Ergebnisse wurden bei Automatenschweißung unt Verwendung einer Spannung von höchstens 16 V erreich

Ich hätte gern gewußt, welche Ansichten Herr Dr. *Sommer* bezüglich der Schweißraupen vertritt, ob die Schweiß naht gehobelt werden muß oder ob sie besser stehen bleib Bekanntlich steigt die Festigkeit, je dicker die Raupe is Anderseits tritt beim Abhobeln eine gewisse Verfestigun ein, so daß es fraglich ist, ein bestimmtes Verfahren vo zuziehen. Eine Klärung der Frage wäre erwünscht.

Oberbaurat *Füchsel*, Berlin: Die Frage nach der Dick der Raupe wird nicht mit dem Vortrage in Beziehung g bracht werden können. Ich möchte Herrn Dr. *Somme* hierin entlasten und mitteilen, daß hierüber bereits A beiten vorliegen.

Dr.-Ing. *Vaas*, Berlin: Ich möchte nur zu der Frag der Feststellung der Festigkeitswerte erwähnen, daß ver schiedentlich von Zerreißfestigkeit und Druckfestigkeit ge sprochen worden ist. Der Druckversuch gibt meist höher Werte als der Zerreißversuch. Die Druckfestigkeit sollt daher nicht als Prüfwert für Schweißstellen gewählt werde

Dr. mont. *Sommer*, Düsseldorf: Ich habe nicht be hauptet, daß die Schweißvorgänge lediglich vom metallur gischen Standpunkt allein beurteilt werden sollen, sonder nur darauf hingewiesen, daß die metallurgischen Frage zu wenig berücksichtigt wurden.

Es ist richtig, was Herr Dr. *Vaas* sagte. Man sol nicht Zerreißfestigkeit und Druckfestigkeit gleichstellen ich habe angeregt, diese Frage in einem der Ausschüss zu klären und eine gewisse Nomenklatur einzuführen.

[B 3339]

## Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten

Das Eindringen der neuzeitlichen Schweißtechnik in bisher noch verschlossene Gebiete beginnt gerade jetzt einen neuen Anlauf. Durch die Aufstellung von Richtlinien für Herstellung und Abnahme geschweißter Stahlbauten wird den Behörden die Zulassung geschweißter Stahlkonstruktionen erleichtert und den ausführenden Firmen die Planung solcher Arbeiten ermöglicht. Der springende Punkt für die Entwicklung der Schweißtechnik ist aber die Schaffung eines werkstattgerechten, schnellarbeitenden Prüfgerätes für Schweißnähte ohne Zerstörung.

Das bisher als unmittelbares Prüfverfahren fast ausschließlich entwickelte Röntgenverfahren ist vorläufig noch kaum aus dem Laboratoriumszustand heraus. Die Prüfung einer Schweißnaht an der Baustelle ist mit Röntgenstrahlen kostspielig, nicht ungefährlich und zeitraubend, außerdem erfordert sie große Erfahrung. Man hat versucht, Wärmestrahlen, mechanische Schwingungen, also Schallwellen, und elektrische Wellen zum Erkennen der Eigenschaften einer Schweißnaht zu benutzen. Mit den Wärmestrahlen is jedoch die Erzeugung entsprechender Temperaturen, z. B Rotglut, verbunden, was im allgemeinen unerwünscht ist Die Untersuchung mit Schwingungen, also das Abklopfe und Abhören mit einem Hörrohr, wird nach amerikanische Meldungen dort angewandt. Das Verfahren dürfte aber in allgemeinen nicht zuverlässig sein.

Am aussichtsreichsten erscheint die Untersuchung mi magnetischen Feldern. Mit den vom Verein deutscher In genieure aus der Bach-Stiftung vergebenen Mitteln zu Schaffung eines Prüfgerätes dieser Art kann voraussichtlich demnächst ein werkstattgerechtes Meßgerät vorgeführ werden. Die Mitteilung über Vergebung dieses Stipen diums in der Presse hat eine Anzahl ganz bemerkenswerte Erfindervorschläge hervorgerufen. Dem Fachausschuß fü Schweißtechnik beim Verein deutscher Ingenieure sin Zuschriften aus Spanien, Schottland und anderen Län dern, natürlich auch aus Deutschland, zugegangen. De Fachausschuß wird alle geeignet erscheinenden Vorschläg unter Wahrung der Rechte der Einsender auf ihre Ausführ barkeit untersuchen. [N 3838] Dr. *Adrian*

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Ziele und Grenzen des Schweißens. Von *Füchsel*. (Hierzu Bildblatt 11) | 1725 |
| Geschweißte Konstruktionen im Flugzeugbau. Von *A. Koppenhöfer* | 1727 |
| Geschweißte Rohrleitungen in Hochhäusern | 1730 |
| Die Kupferschweißung insbesondere an Lokomotivfeuerbüchsen. Von *R. Samesreuther* | 1731 |
| Schweißen im Eisenbahnwesen. Von *Bardtke* | 1733 |
| Englische Untersuchungen an geschweißten Druckgefäßen | 1737 |
| Schweißung im Maschinenbau. Von *H. Neese* | 1738 |
| Lichtbogenschweißung im Bau elektrischer Maschinen. Von *C. Ritz* | 1740 |
| Elektrisch geschweißte Eisenkonstruktionen. Von *E. Rosenberg* | 174 |
| Versuche mit geschweißten Fachwerkträgern. Anwendung der Elektroschweißung im Brückenbau. Von *W. Gehler* | 174 |
| Geschweißte Drehlaufkatzen. Von *L. Schulze* | 175 |
| Die elektrische Stumpfschweißung (Abschmelzverfahren). Anwendungsmöglichkeiten im Schiffbau. Von *Th. Wuppermann* | 175 |
| Fortschritte in der Verwendung hochwertiger Schweißdrähte. Von *F. Sommer* | 176 |
| Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten | 176 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES
DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS ★
73 SONNABEND, 14. DEZEMBER 1929 Nr. 50

# Franz Reuleaux als Hochschullehrer

*Von O. KAMMERER, Berlin-Charlottenburg*

*trede zur Feier des hundertsten Geburtstages Reuleaux', veranstaltet von der Technischen Hochschule Berlin und dem Berliner Bezirksverein des Vereines deutscher Ingenieure am 11. November 1929*

utschland in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts, was war es: politisch eine lose Schar von instaaten, wirtschaftlich ein durch die Napoleonischen ge verarmtes Land, technisch ein Anfänger gegenüber lands rasch entwickeltem Großgewerbe.

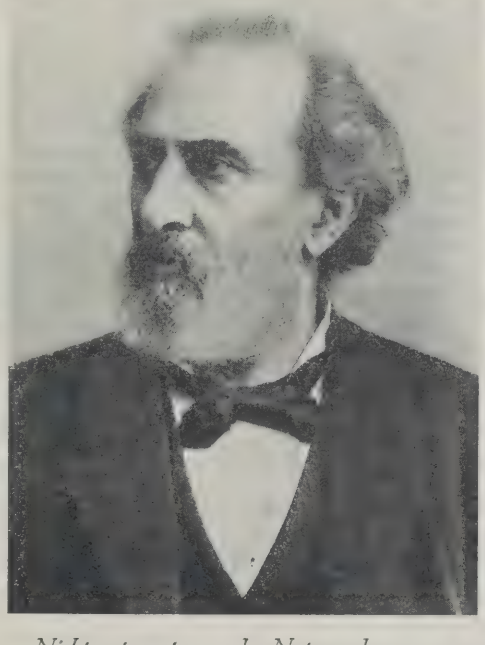
Deutschland hatte nicht die ne der südlichen und nicht Kolonien der westlichen Län-: es hatte nichts als seine kheit. Aber noch wuchs in er die große blonde hellige Nordrasse im Nordwesten die hohe dunkle dinarische se im Süden. Der Weitblick die Willenskraft der einen die Zähigkeit und Lebhafkeit der andern Rasse waren Erbgut der Persönlichkeiten, zuerst im Westen und bald ganz Deutschland die Werke ndeten, die aus bescheidenen ängen langsam aber unaufsam sich Weltgeltung erten.

In diese Zeit schweren langen Aufstieges fiel die Jugend es Mannes, der, selbst in em Kleinbetrieb aufwachsend, wirtschaftlichen Nöte der t erlebte. Nach fast sechsiger Lehrzeit als Schlosser, chner und Richtmeister und vierjährigem Studium an Technischen Hochschule lsruhe und an den Univerten Berlin und Bonn hatte der fundzwanzigjährige den Mut, als selbständiger Ingenieur Arbeitsfeld in Bonn zu en. Noch im gleichen Jahre hien sein erstes Buch, das dem Siebenundzwanzigigen einen Ruf an die Technische Hochschule Zürich hte. Bald darauf begann der Name *Franz Reuleaux* euchten.

Seine Bedeutung als Schöpfer der Zwanglaufre mögen Berufene in helles Licht rücken; hier sei erinnert an das, was er als Hochschullehrer für seine velt und für die Nachwelt gewirkt hat.

Was bedeutet Hochschullehre? Nichts anderes als ndige Mitteilung der Forschung an die Studenten. klingt so einfach, und doch gilt auch hier das Wort: e sind berufen, wenige auserwählt.

Eine Lehre, die sich nur auf das stützt, was andre rscht, geschrieben und gestaltet haben, ist keine hschullehre, sondern eine Fachschullehre. Lebendiger Lehrstoff kann nur erarbeitet werden aus eigenem Fortschreiten, mag es in Versuch, Betriebserfahrung oder erfinderischer Gestaltung bestehen. Aber auch tiefste wissenschaftliche Durchpflügung des Lehrstoffes bedeutet erst einen Forscher, noch keinen Lehrer. Der Vortrag, der nur an den Verstand, nicht auch an das Gefühl rührt, haftet nur äußerlich, dringt nicht in die Seele. So mancher hervorragende Forscher war ein gar schlechter Lehrer, weil ihm das warme Blut dazu fehlte.



*„Nicht getrennt von der Natur oder gar gegensätzlich zu ihr, wie man es nennen hört, sondern bezüglich der Gesetze ihrer körperlichen Bildung im Einklang mit der Natur steht die Menschenschöpfung Maschine."*
*Franz Reuleaux, 30. September 1829 †. 20. August 1905*

Und noch eines ist notwendig: ein Lehrer, dessen Wissen an der Grenze seines Faches haltmacht, der nicht die Fäden sieht, die sein Arbeitsfeld mit benachbarten Wissenschaften und Künsten und mit allem Menschlichen verbinden, der mag ein trefflicher Fachmann sein, aber er taugt nicht zum Lehrer einer Jugend, die an der Hochschule nicht nur Kenntnisse und Künste sondern Weltanschauung erringen will.

Alle Wissenschaft wächst Jahr um Jahr; aber nichts davon vererbt sich. Jeder einzelne muß von vorn beginnen, und die Gehirne von heute sind vielleicht nicht aufnahmefähiger als die vor zweitausend Jahren. So muß es immer wieder die Kunst des Lehrers sein, aus dem Vielerlei der wechselnden Erscheinungen das Grundsätzliche zu erkennen und zu formen.

Eine Fülle von Formen zeigte der Maschinenbau bereits um die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts. In Deutschland bestand noch aus dem Mittelalter her ein bodenständiger urgesunder Bergbau und Mühlenbau mit wertvollen Erfahrungen. Von England herüber war der Dampfmaschinenbau gekommen, die Werkzeugmaschinen und die Anfänge der Werkstoffprüfung. Frankreich hatte die Grundlagen der theoretischen Festigkeitslehre und die Wärmelehre gebracht. Der französische Einfluß war so mächtig, daß zwar nicht der Maschinenbau selbst, wohl aber der Unterricht darin damals als eine Art angewandter Mathematik behandelt wurde.

Der erste, der die Lehre aus dieser Einseitigkeit befreite, war *Redtenbacher* in Karlsruhe, der als geborener Steyrer den gesunden Boden des kunstgerechten Handwerks nie unter den Füßen verlor.

Von seinen Schülern war der geistvollsten einer *Franz Reuleaux.*

Frühzeitig empfand dieser den Drang, die Fülle maschinentechnischer Gebilde zu ordnen. Als Leitgedanken wählte er die Bewegung. Nach diesem ihm eigentümlichen Plan ordnete er alle Maschinen und veröffentlichte schon 1864 seine kinematischen Grundgesetze in einem Vortrag in Zürich. Im Jahre 1875 erschien der erste Band seiner Kinematik und im Jahre 1900 der zweite Band. Besonders das letzte Werk wird immer ein genußreiches Buch bleiben, wie immer auch die Entwicklung weitergehen mag; denn mit dramatischer Lebendigkeit ist aus der Fülle vielfältiger technischer Gebilde das Wesentliche herauskristallisiert und verknüpft mit allen Nachbargebieten.

*Reuleaux* hatte einen Weitblick für alles Kommende. Er erkannte die wirtschaftliche Bedeutung des von ihm so genannten Austauschbaues noch ehe dieser verwirklicht war; er erfaßte, daß unerläßliche Voraussetzung für den Austauschbau die Feinmessung war, als eben erst in der Ausstellung zu Philadelphia 1876 die ersten Grenzlehren auftauchten. Für das Schrägwalzverfahren trat er ein, noch ehe die Durchführung völlig gelungen war. Von der Ausstellung in Paris 1900 kehrte er zurück, erfüllt von dem Eindruck des Taylorschen Schnelldrehstahls, der in der Folge erst langsam in Europa Verbreitung fand.

Noch heute sind die öffentlichen Vorträge von *Reuleaux* reizvoll zu lesen, weil sie nie am Fachlichen allein hafteten, sondern in weiter Umschau alles umfaßten, was wissenschaftlich, künstlerisch oder menschlich irgendwie den Inhalt des Vortrags bereicherte. Er war ein Sprachenkenner bis in das Arabische und selbst Sanskrit hinein und war ein sinnvoller deutscher Sprachschöpfer. Die Astronomie war ihm so wenig fremd wie das alte und neue Kunstgewerbe; in der Faserstofftechnik war er so kundig wie in der Keramik und der Glastechnik. Seine Reden waren Meisterstücke umfassender Bildung. So kam es, daß er wohl der erste Ingenieur war, dessen Wirkungsfeld in Universitätskreise hineinreichte, und dessen technische Begriffsbildungen von den Volkswirtschaftslehrern übernommen wurden.

Und noch ein Letztes zur Kennzeichnung des Hochschullehrers. „Professor" heißt „Bekenner". Daß der Hochschullehrer nur vortragen und vertreten darf, was er im tiefsten Grunde seiner Seele für wahr hält, ist selbstverständlich. Als Anwalt einer Partei tätig zu sein, wird er vermeiden. Er wird sich aber auch nicht scheuen dürfen, Mißstände auch dann zu beleuchten, wenn er damit herrschenden Strömungen oder Gewalten entgegentreten muß.

In diesem Sinne hat sich *Reuleaux* als echter Hochschullehrer erwiesen, als er in seinen Ausstellungsbriefen aus Philadelphia unverhohlen aussprach, daß das deutsche Gewerbe einen Irrweg ginge, wenn es im Wettbewerb nicht die beste, sondern die billigste Waren liefern wolle, und daß die deutschen Behörden und Verwaltungen dem gleichen Irrtum verfielen, wenn sie den Zuschlag nicht dem höchstwertigen Angebot sondern dem billigsten erteilten. Diese Worte sprach *Reuleaux* aus in einer Zeit, als in Deutschland nach dem gewonnenen Krieg das Volksbewußtsein im Gegensatz zu heute aufs höchste gestiegen und darum empfindlich gegen jeden Tadel war. Seine offenherzigen Worte verschlossen ihm jahrelang die Tore zu guten Freunden von ehedem. Langsam nur reifte die Erkenntnis, daß dauernder Erfolg nur der Güte, nicht dem niedrigen Preis allein beschieden ist. Langsam verschwanden die vordem so beliebten Vortäuschungen echter Werkstoffe. Die Verwaltungen aber wählen heute noch unter den Angeboten mit Vorliebe das billigste, nicht das preiswerteste.

Das freimütige Urteil *Reuleaux'* kann Vorbild sein für unsere Zeit, die auch von Strömungen und Machtgelüsten beherrscht wird, wenn auch ganz anderer denen der siebziger Jahre. Heute kämpfen zwei schaftliche Weltanschauungen so feindlich miteina wie ehedem zwei religiöse. Damals kam erst nach e Bürgerkrieg von drei Jahrzehnten die Einsicht, daß den Glauben des anderen achten kann, ohne den eig aufzugeben, daß man Übersinnliches nicht beweisen, dern nur erfühlen kann, und daß da, wo das g Ignorabimus steht, nicht Gleichgültigkeit, sondern die Ehrfurcht herrschen darf, die *Goethe* in „Wil Meisters Wanderjahren" als notwendigen Leitstern Erziehung entdeckt hat.

Das, was den Kampf der Weltanschauungen heute zu einem so unversöhnlich scheinenden gest sind im Grunde nicht wirtschaftliche Gegensätze; denn sind seit langem in allmählichem Ausgleich begri Heute schon findet gelernte körperliche Arbeit höh Entgelt als die Kopfarbeit etwa eines Kanzlei- oder l torbeamten. Die Lebenshaltung der großen Volksm heit ist nahezu gleich geworden. Die großen Verm sind aus den Händen von Gesellschaften und von zelnen zum großen Teil in die öffentliche Hand ü gegangen. Ob sie in dieser Hand, die nicht vom W bewerb nach oben gerissen wird, fruchtbringender die Allgemeinheit verwertet werden, muß nach den ji sten Erfahrungen allerdings durchaus bezweifelt den. Es wird einmal die Zeit kommen, in der man schaftliche Fragen wie Zölle und Steuern nicht n nach gefühlsmäßigen Schlagwörtern, sondern mit kü ingenieurmäßiger Sachlichkeit beurteilen und entsc den wird. So wie uns heute ehemals führende Sch wörter wie „Merkantilismus" und „Physiokratismus" versteinerte Begriffe erscheinen, so mögen einmal Sch wörter von heute wie „Liberalismus" und „Sozialism vielleicht auch nur noch in Lehrbüchern der Volksw schaftslehre zu finden sein.

Das wirklich Unversöhnliche der beiden ge läufigen Strömungen von heute liegt nicht im W schaftlichen, sondern im Volklichen; es geht darum, die eine Weltanschauung ihr Ziel im Weltbürgertum, andre im Volksbewußtsein sieht. Wirtschaftlich wäre Paneuropa und vielleicht sogar ein Panterra denkb die Kultur aber hängt nicht an willkürlich gezoge Staatsgrenzen, sondern an Sprache und Rasse. deutschen Minderheiten in fremden Staaten und be ders in Südtirol beklagen sich nicht darüber, daß unter fremder wirtschaftlicher Verwaltung leben müs sondern darüber, daß ihre Sprache ausgerottet und da ihre uralte Kultur bedroht wird.

Wenn die deutsche Studentenschaft, die für den P schlag kommender Zeit ein feines Gefühl zu haben pfl unbeirrbar für das Deutschtum diesseits und jenseits Grenzpfähle eintritt, so tut sie damit kund, daß ihr Volksbewußtsein höher steht als das Weltbürgertum, ihr Ideal nicht Paneuropa heißt, sondern Deutschl über Alles.

Diese Gedanken führen uns zurück zu dem Ma dessen Gedächtnis wir heute ehren. Wenn irgend ei Weltbürger sein konnte, dann war er es, den se Studienreisen nach Amerika, Indien und Austral führten, der die führenden Weltsprachen beherrschte, Ehrenmitglied vieler gelehrter Auslandsgesellschaf war und Freunde in der ganzen Welt hatte. Trotz a dem fühlte er sich nicht als Weltbürger, sondern Deutscher, der begeistert seine Sprache vor Verwä rung und Verwelschung in Schutz nahm und mit w gebildeten Worten bereicherte.

In seinem Sinne wollen wir fremde Kulturen ken lernen, aber nicht nachahmen und wollen als höchs Ziel vor Augen haben:

Deutschlands Ehre und Deutschlan Freiheit! [P 3861

# Holz als Baukonstruktionsmittel[1])

*Von Dr.-Ing. K. SCHAECHTERLE, Stuttgart*

***Ausgehend von den Festigkeitseigenschaften der Bauhölzer werden die Holzverbindungen behandelt und die wichtigsten Ergebnisse der Stuttgarter Versuche zur Ermittlung der Widerstandfähigkeit von Schraubenverbindungen, Stahlstift-, Bandeisen-, Eichenklotz-, Ring-, Teller-, Eier- und Krallendübelverbindungen vorgeführt. Zur Berechnung der Holztragwerke übergehend, wird die Notwendigkeit der Ergänzung und Abänderung der geltenden amtlichen Bestimmungen begründet und auf die in Vorbereitung befindlichen Normen (Din 1074), in denen die Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung berücksichtigt sind, hingewiesen. Es folgt ein Abschnitt über Dächer, Schuppen, Hallen, Türme, Holzhäuser. Weiter ist der Gerüst- und Schalungsbau kurz gestreift. Abschließend werden nach einem Hinweis auf Fragen der wirtschaftlichen Wettbewerbfähigkeit die Vor- und Nachteile des Holzbaues einander gegenübergestellt und Schutzmaßnahmen erörtert.***

## Festigkeitseigenschaften

Die Betrachtung des Holzes als Baukonstruktionsmittel hat von den Festigkeitseigenschaften auszugehen[1a]). Mittelwerte der Festigkeit von luftfeuchtem Bauholz mit höchstens 20 vH Wassergehalt, die an Normenkörpern ohne Splint und Kern festgestellt worden sind, sind in Zahlentafel 1 angegeben.

**Zahlentafel 1**
Mittelwerte der Festigkeit von luftfeuchtem, fehler- und astfreiem Bauholz.

| | Nadelhölzer Fichte, Tanne, Kiefer kg/cm² | Laubhölzer Eiche, Buche kg/cm² |
|---|---|---|
| 1. Zugfestigkeit in Faserrichtung | 400 bis 600 | 900 bis 1200 |
| 2. Druckfestigkeit in Faserrichtung | 300 „ 500 | 500 „ 800 |
| senkrecht zur Faserrichtung | 30 „ 60 | 50 „ 100 |
| 3. Biegefestigkeit, Biegeebene parallel, Biegequerschnitt winkelrecht zur Faserrichtung | 350 „ 550 | 700 „ 1000 |
| 4. Scherfestigkeit, parallel zur Faserrichtung | 40 „ 70 | 80 „ 100 |

Innerhalb eines Stammes schwankt die mittlere Querschnittfestigkeit von der Wurzel bis zum Zopf derart, daß der Mindestwert 60 bis 90 vH des Höchstwertes ausmacht, Abb. 1. Über die Versuche der Deutschen Reichsbahn in Verbindung mit der Materialprüfungsanstalt der Technischen Hochschule Stuttgart (Prof. *O. Graf*) an einheimischen Bauhölzern verschiedener Herkunft ist an andrer Stelle eingehend berichtet worden[2]). Dabei ist besonders der Einfluß des Wassergehaltes auf die Festigkeitsverhältnisse durch Prüfung wassersatten Holzes (Wassergehalt 35 bis 100 vH) und lufttrockenen Holzes (Wassergehalt 10 bis 15 vH) untersucht worden. Für die zwischen den Grenzfällen liegenden Werte sind Spannungsfallinien in Abb. 2 angegeben.

Bis zur Grenze der zulässigen Spannungen darf Verhältnisgleichheit zwischen Spannung und Formänderung angenommen werden. Die Elastizitätszahl aus Zug-, Druck- und Biegeversuchen wurde zwischen 110 000 und 180 000 kg/cm² gefunden, die Elastizitätszahl bei Druck senkrecht zur Faser zwischen 4 und 5000 kg/cm².

Zu den wichtigsten Aufgaben des praktischen Holzkonstrukteur gehört die Herstellung brauchbarer

## Holzverbindungen

Zwei Hauptarten von Verbindungen sind zu unterscheiden:

1. die Verleimung durch Kalt- oder Warmleim; bei Tischler- und Schreinerarbeiten in Verbindung mit Nut, Blatt, Schwalbenschwanz,
2. die Zimmermannsverbände und die Ingenieurverbindungen.

Die

### Verleimung

mit aus tierischen Abfällen gewonnenem und vor der Verwendung mit Wasserzusatz gekochtem Leim ist heute noch in der gesamten Möbel- und Kleinholzwarenindustrie vorherrschend. Die Sperrholzindustrie arbeitet mit Kaltleim (Kasein), der auch bei Baukonstruktionen Verwendung findet[3]). In der *Hetzer*-Bauweise werden Bohlenstücke von 2 bis 6 cm Dicke mit Kasein zu beliebig geformten geraden und gekrümmten Trägern zusammengesetzt. Die Leimfugen sind hinsichtlich Zug, Druck und Scherung der entsprechenden Holzfestigkeit gleichwertig. Mit geleimten Balken- und Bogenträgern lassen sich große Weiten in leichten und gefälligen Formen überspannen. Alle geleimten Konstruktionen haben jedoch den Mangel, daß sie gegen Witterungseinflüsse sehr empfindlich sind; sie dürfen deshalb nur in überdachten oder sonst geschützten Räumen verwendet werden.

[1]) Aus dem Vortrag „Holz als Konstruktionsmittel" in der Fachsitzung „Betriebstechnik" der 68. Hauptversammlung des Vereines deutscher Ingenieure.

[1a]) Vergl. a. *v. Monroy*, Das Holz, seine Erzeugung, Gewinnung und Verarbeitung. Berlin 1929, VDI-Verlag.

[2]) „Bautechnik" Bd. 7 (1929) S. 99.

[3]) Sperrholz wird nach einem besonderen Verfahren aus dünnen Scheiben hergestellt, die mit wechselnder Faserrichtung unter hohem Druck aufeinandergeleimt werden. Versuche von Prof. Dr.-Ing. *Gaber*, Karlsruhe, mit Sperrholz aus afrikanischem Okumeeholz haben ergeben, daß dieses einem Baustoff mit praktisch allseitig gleichem Verhalten, ziemlich nahe kommt. So ist die Festigkeit längs und quer annähernd gleich groß, das Schwinden in beiden Richtungen sehr klein, während beim Naturholz das Schwinden quer zur Faser 20 bis 25 mal größer ist als in der Faserrichtung und mit Zugfestigkeit quer zur Faser überhaupt nicht gerechnet werden darf. — Vergl. a. „Maschinenbau" Bd. 8 (1929) Nr. 12 S. 385 u. Nr. 13 S. 427.

**Abb. 1**
Festigkeiten und Raumgewichte von Fichte und Kiefer zwischen Stock- und Zopfende.

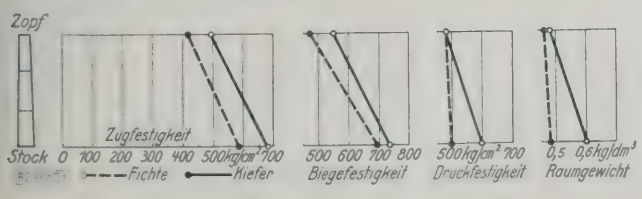
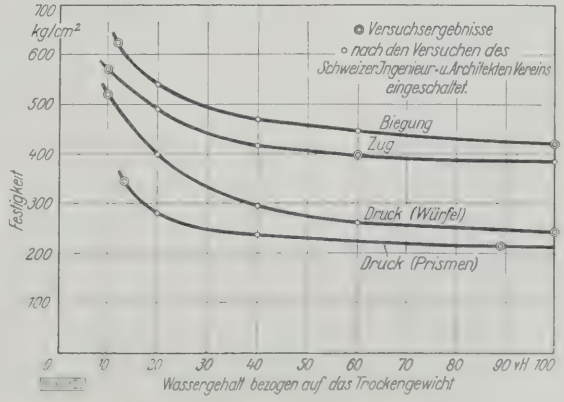



**Abb. 2**
Einfluß der Feuchtigkeit auf die Zug-, Druck- und Biegefestigkeit von Kiefern- und Fichtenholz. Versuche von *O. Graf*



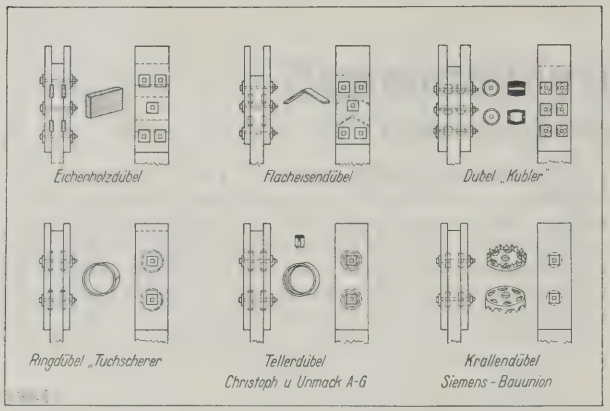



**Abb. 3.** Zugverbindungen mit Schrauben und Dübeln.

In der Vielartigkeit der mit einfachem Handwerkzeug hergestellten

Zimmermannsverbände

zeigt sich das hochentwickelte handwerkliche Können des Zimmermanns, das auf Jahrtausende alter Übung, Erfahrung und Überlieferung fußt. Mit Dollen, Zapfen, Klauen, Klotz- und Keildübeln, Verblattungen, Verkämmungen und Verzahnungen haben die alten Meister Bauwerke von erstaunlicher Kühnheit geschaffen. Unter Verwendung von eisernen Schrauben, Zugankern und Laschen wurden auch große Weiten mit schubfreien Holzkonstruktionen freitragend überspannt. Erwähnung verdient der von dem berühmten Baumeister *Elias Holl* überspannte „goldene Saal" des Augsburger Rathauses (1618 bis 1619 erbaut) mit einer schweren, an dem Dachstuhl aufgehängten Decke ohne jede Säulenstellung von 17,40 m Breite und 42 m Länge. Die schwachen Stellen der Zimmermannskonstruktionen sind die Zugverbindungen. Mit Hakenblatt oder Verzahnung können nur kleine Zugkräfte übertragen werden; außerdem haben sie den Nachteil, daß die gestoßenen Hölzer infolge der Einschnitte stark verschwächt werden. Für die Zugverbindung werden heute fast ausschließlich Schrauben mit Dübeln verwendet, Abb. 3. Dabei strebt man, um hohe Bruchlasten zu erreichen, neben einem Mindestaufwand an Eisen danach, daß die zu verbindenden Hölzer möglichst wenig geschwächt und die Kräfte senkrecht zur Faserrichtung abgesetzt werden. Außerdem sollen die Verbindungen zugänglich, nachstell- und lösbar sein.

Die Fortschritte des

Ingenieurholzbaues

gegenüber dem älteren Zimmermannsbau bestehen neben der Herstellung von zuverlässigen Zugverbindungen in der einwandfreien Ausbildung der Stöße, Stabanschlüsse und Knotenpunkte, der Ausbildung statisch klarer Trägerarten und -gebilde, die mit hinreichender Genauigkeit berechnet werden können, der Wahl von Querschnittformen und Abmessungen derart, daß man mit dem geringsten Holzaufwand möglichst hohe Tragfähigkeit erzielt.

An die Stelle der handwerklichen Verarbeitung des Holzes ist die werkstattmäßige Herstellung der Holztragwerke mit maschinellen Hilfsmitteln getreten, an Stelle des alten Zimmerplatzes die maschinell eingerichtete Werkstatt, die mit Sondermaschinen zum Sägen, Schneiden, Bohren, Fräsen, Nuten, Hobeln und mit Fördereinrichtungen aller Art reichlich ausgestattet ist. Der Arbeitsvorgang ist beschleunigt, die Güte der Arbeit ist gehoben, die Herstellkosten sind vermindert worden. Die Betriebe sind von der Rationalisierungsbewegung erfaßt. Zum Erfolg fehlt aber die Umformung des Bedarfs, die im Bauwesen noch langsam fortschreitet.

Gegenüber der Vielartigkeit der alten Zimmermannsverbände werden heute nur noch wenige einfache Runddübelformen, und zwar Ring-, Teller-, Kegeldübel verwendet, die mit der axial angeordneten Schraube die Hauptelemente der heutigen Holzverbindung ausmachen, mit großer Genauigkeit unter maschineller Ausbohrung

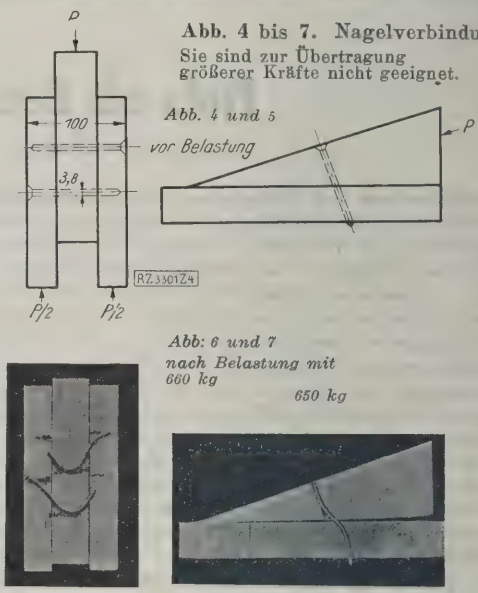



**Abb. 4 bis 7. Nagelverbindungen**
Sie sind zur Übertragung größerer Kräfte nicht geeignet.

der Aussparungen eingebaut werden können. Die Klotz-, Keildübel, Eisenrippen und Bandeiseneinlagen verschiedener Art werden wegen der Einbauschwierigkeit selten benutzt, obschon sie hinsichtlich der Kraftübertragung infolge der gleichmäßigen Druckverteilung auf die ganze Breite des Holzes günstiger sind als die Runddübel, bei denen nur ein Teil der Querschnittbreite zur Druckübertragung herangezogen wird.

Die lösbaren Verbindungsmittel können nach ihrer Wirkungsweise eingeteilt werden in Verbindungsmittel mit vorwiegender Biegebeanspruchung und solche mit vorwiegender Druckbeanspruchung.

Die naheliegende Kraftübertragung durch Reibung wie beim Bund scheidet für Baukonstruktionen aus, weil infolge der Schwinderscheinungen auf die dauernde Wirkung der Reibung in den Berührungsflächen nicht gerechnet werden kann. Die Kraftübertragung muß deshalb durch Lochwanddrücke und Abscherwiderstand unmittelbar gewährleistet werden. Durch entsprechende Festsetzung der Spannungen muß man außerdem dafür sorgen, daß die unvermeidlichen Verschiebungen in praktisch zulässigen Grenzen bleiben. Bei der konstruktiven Durchbildung ist die Gefahr des Aufspaltens des Holzes in der Faserrichtung zu berücksichtigen, da durch Schwundrisse noch erhöht wird. Nägel, Klammern, Krallen, Bolzen, die gewaltsam eingetrieben werden und eine Zerstörung von Teilen der Lochwand bedingen, sind für die Uebertragung größerer Kräfte nicht geeignet, Abb. 4 bis 7.

Bei der Bolzen- und Schraubenverbindung ist die Biegebeanspruchung vorherrschend. Die Bolzen drücken sich an den Holzrändern ein und ergeben große Verschiebungen, Abb. 5 bis 14. Infolge der Reibung in den Berührungsflächen der Hölzer lassen sich beim Versuch durch kräftiges Anziehen der mit großen Unterlagplatten ausgestatteten Schrauben hohe Bruchlasten erzielen. Der Bruch tritt dabei infolge Ausscherens oder Aufspaltens des Holzes ein, ausnahmsweise auch infolge Abreißens des Bolzens. Die reine Schraubenverbindung ist aber wegen der Lockerungs- und Spaltgefahr technisch nicht einwandfrei; schwache Bolzen ergeben unzulässige Verschiebungen, dicke Bolzen sind unwirtschaftlich, Abb. 15 bis 18. Vorteilhafter bezüglich des Eisenverbrauches ist die Stahlstiftverbindung (*Melzer*), bei der mehrere dünne Bolzen in vorgebohrte Löcher eingetrieben werden, Abb. 19 bis 24. Wie durch den Einbau von Flacheisen zwischen den Schrauben die Verschiebungen vermindert und die Tragfähigkeit der Verbindung erhöht wird, ist aus Abb. 25 bis 30 zu ersehen. Die Flacheisen ergeben jedoch eine ungünstige Verteilung der Lochwanddrücke. Eine günstigere Wirkung wird mit keilförmig abgebogenen Flacheisen erzielt, die mit den eichenen Klotzdübeln nahezu gleichwertig sind, Abb. 31 bis 33

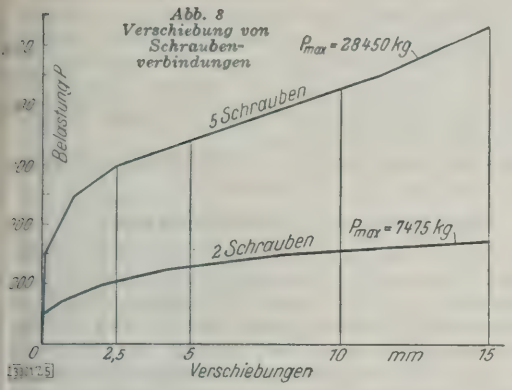



*Abb. 8*
*Verschiebung von Schraubenverbindungen*

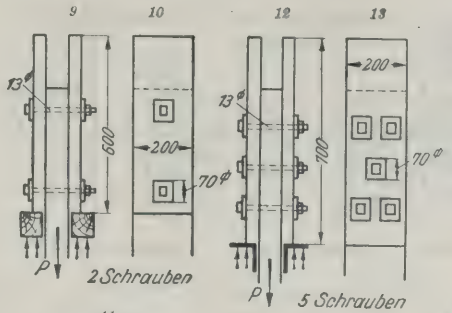



**Abb. 8 bis 14**
Schraubenverbindungen.

Biegebeanspruchung vorherrschend. Wegen Lockerungs- und Spaltgefahr technisch nicht einwandfrei.

*Abb. 9 bis 11*
*Verbindung mit zwei Schrauben.*

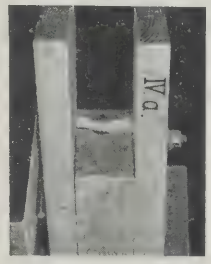



*Abb. 12 bis 14*
*Verbindung mit fünf Schrauben.*

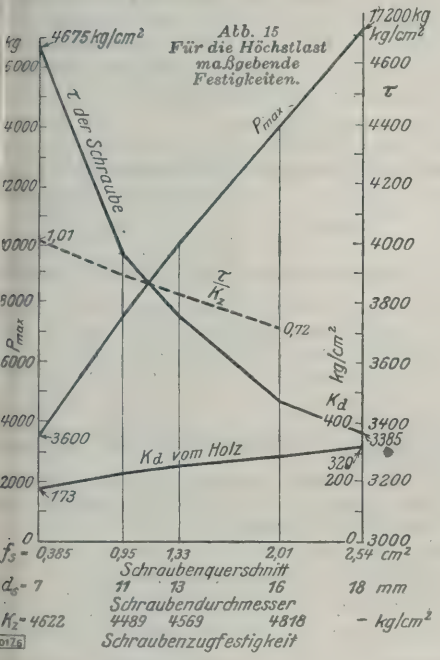



*Abb. 15*
*Für die Höchstlast maßgebende Festigkeiten.*

*Abb. 16 und 17*

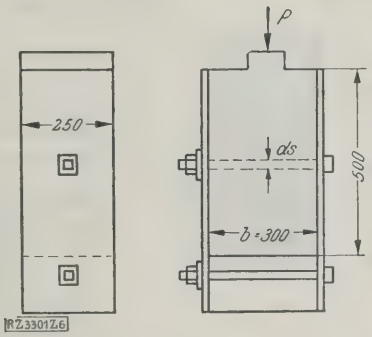
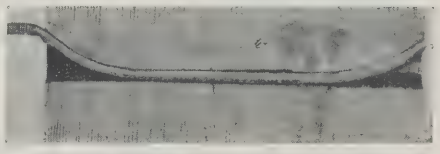



**Abb. 15 bis 18**
Reine Schraubenverbindungen.

*Abb. 18. Belastungsversuch*



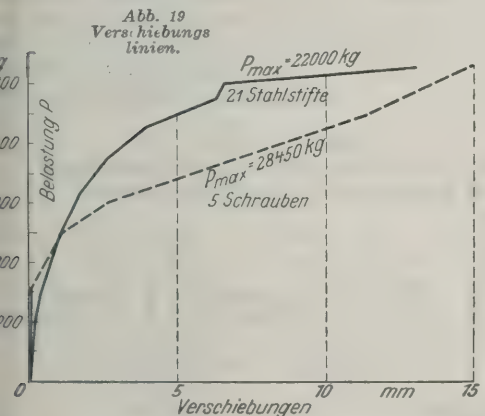
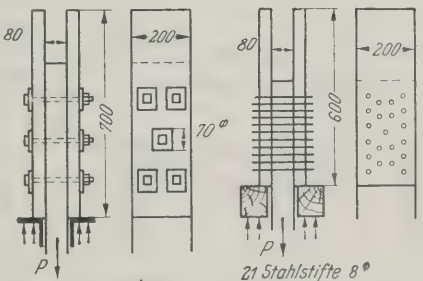



*Abb. 19*
*Verschiebungslinien.*

$d_s$ = 13 mm
$P_{max}$ = 11500 kg




5 Schrauben 13 Φ
Gewicht mit Unterlagscheiben 3,6 kg
RZ 3301 Z 7

21 Stahlstifte 8 Φ
Gewicht 1,75 kg

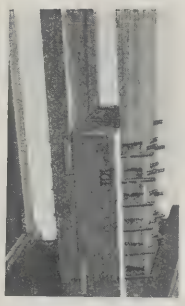


**Abb. 19 bis 24**
Vergleich zwischen Schraubenverbindungen und Stahlstiftverbindungen.

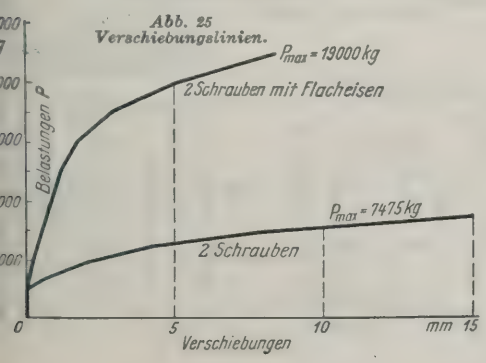



*Abb. 25*
*Verschiebungslinien.*

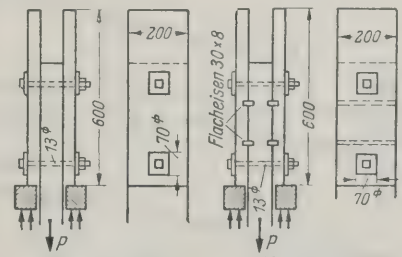



*Abb. 26 und 27*
*Ohne Flacheisen.*

*Abb. 28 und 29*
*Mit Flacheisen.*

*Abb. 30. Belastungsversuch.*

**Abb. 25 bis 30.** Schraubenverbindungen mit Flacheiseneinlagen vermindern die Zahl der Verbindungen und erhöhen die Tragfähigkeit.

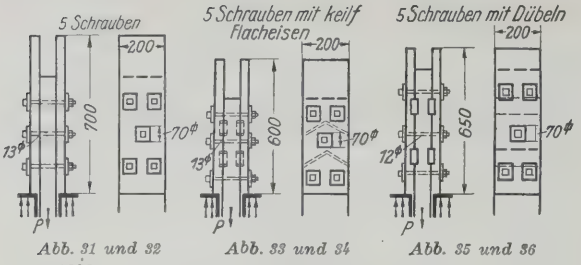



Abb. 31 und 32 Abb. 33 und 34 Abb. 35 und 36

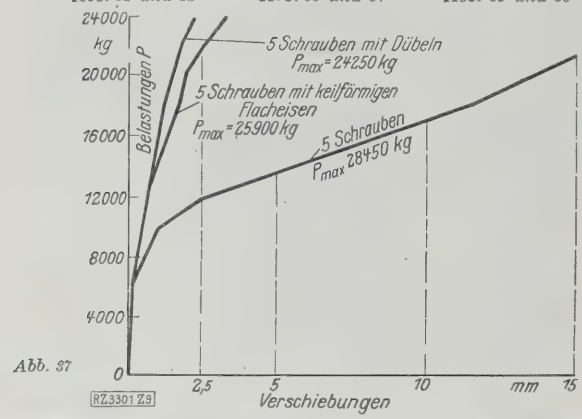



Abb. 37





Abb. 31 bis 39 Schrauben mit keilförmig abgebogenen Flacheisen und Eichenklotzdübeln ergeben eine günstigere Verteilung der Lochwanddrücke.

Abb. 38 mit Flacheisen. Abb. 39 mit Dübeln

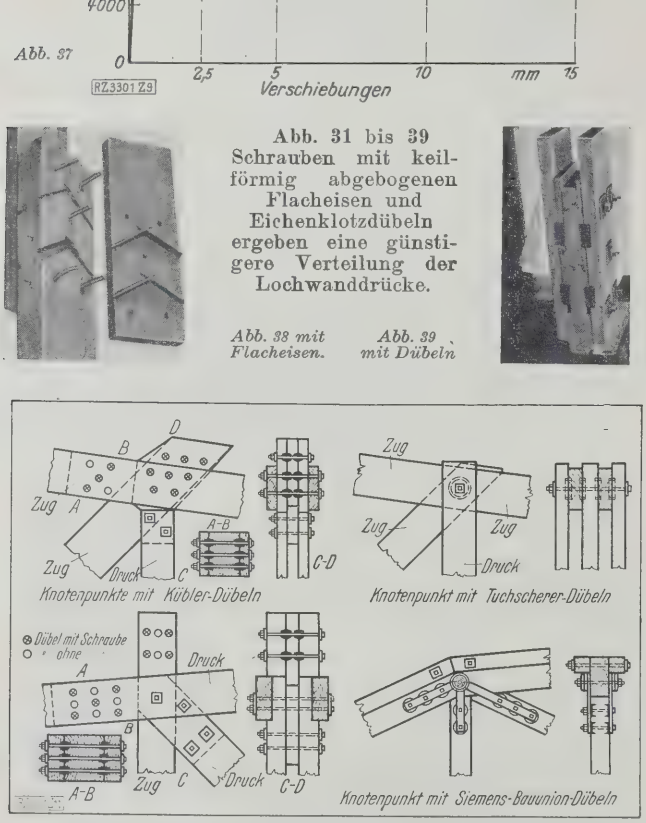



Abb. 53. Knotenpunktausbildungen verschiedener Fachwerkträger.

Die Tragfähigkeit der Runddübelverbindungen i vom Durchmesser und der Eingrifftiefe der Dübel u von dem Widerstand der Verbindungsschrauben abhäng und für jede Form durch Versuche zu ermitteln. D Verhalten von Verbindungen mit Teller-, Ring-, Vo und Eierdübeln bei Zuganstrengung bis zum Bruch aus Abb. 40 bis 52 zu ersehen.

Knotenpunktausbildungen neuzeitlicher Holzfac werkträger sind in Abb. 53 dargestellt.

### Berechnung von Holztragwerken

Dem alten Zimmermeister stand noch kein wisse schaftliches Rüstzeug für die Gestaltung und Berechnun seiner Bauwerke zur Verfügung. Er arbeitete auf Grun von Beobachtung, Erfahrung und Gefühl. Der Bauing nieur von heute berechnet und bemißt die Tragwerk mit Hilfe der Elastizitäts- und Festigkeitslehre, a Grund von Versuchsergebnissen oder vorgeschriebene zulässigen Spannungen. Zur Zeit gelten für den Holzba noch die Bestimmungen des preußischen Ministers fü Volkswohlfahrt über die bei Hochbauten anzunehmende Belastungen und zulässigen Beanspruchungen der Ba stoffe vom 24. Dezember 1919, Zahlentafel 2.

**Zahlentafel 2**
Zulässige Beanspruchungen von Bauholz.

| Nr. | Holzart | Zustand | Zulässige Beanspruchung parallel zur Faser kg/cm² | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Zug | Druck | Biegung | Abscherung |
| 1 | Eichenholz | gesundes trockenes Holz von einwandfreier Beschaffenheit | 100 | 80 | 100 | 10 |
| 2 | Kiefernholz | | 100 | 60 | 100 | 10 |
| 3 | Fichtenholz | | 90 | 50 | 90 | 8 |
| 4 | Tannenholz | | 80 | 50 | 80 | 8 |

Zusätze zu Tafel 2:

1. Dauernd durchnäßtes Holz hat wesentlich geringere Widerstandfähigkeit.
2. Bei Bauten für vorübergehende Zwecke (Rüstungen, Ausstellungshallen und dergl.) dürfen die Zahlen um 25 vH erhöht werden.
3. Stützen und gedrückte Bauglieder müssen nach der *Eulerschen* Formel mit $E = 100\,000$ kg/cm² eine sieben- bis zehnfache Knicksicherheit haben. ($J_{min} = 70\ Pl^2$ bis $100\ Pl^2$. Die untere Grenze von J gilt aber nur für Bauten zu vorübergehenden Zwecken.

An den baupolizeilichen Vorschriften wird vor allem ausgesetzt, daß der Uneinheitlichkeit des Baustoffs nicht genügend Rechnung getragen ist, daß insbesondere Angaben über die zulässigen Spannungen quer und schräg zur Faser fehlen. Zahlreiche Bau

Abb. 40 bis 52
Verhalten verschiedener Runddübelverbindungen bei Zugbeanspruchung bis zum Bruch.

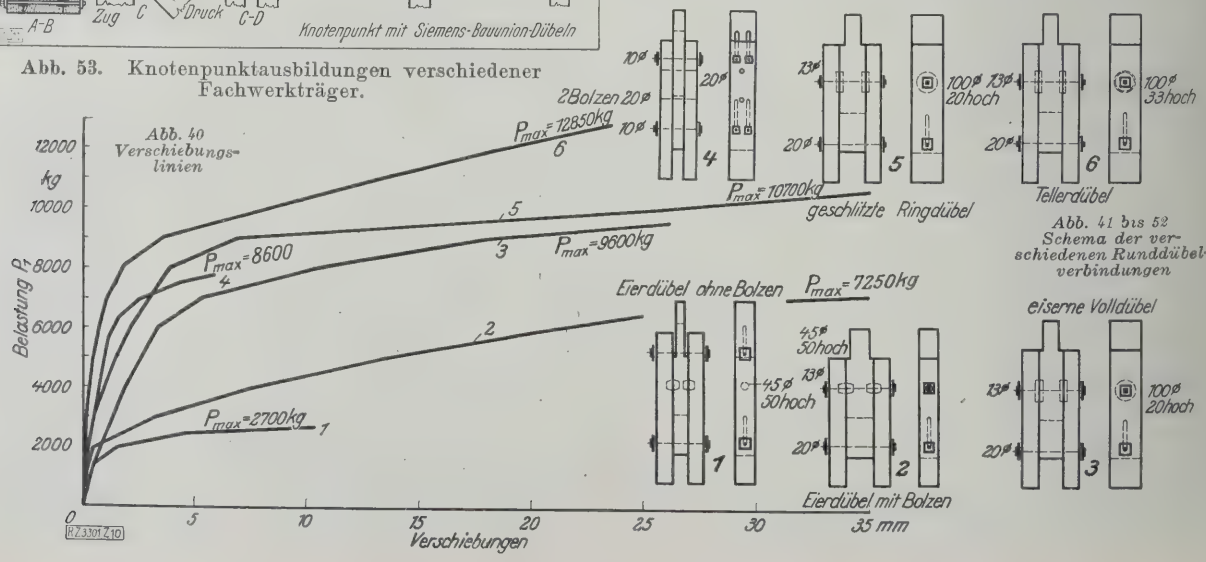



Abb. 41 bis 52 Schema der verschiedenen Runddübelverbindungen

lle und ungünstige Erfahrungen mit freitragenden konstruktionen sind auf Überbeanspruchung des es quer zur Faser sowohl bei unmittelbarer Drucktragung (Längsfaser auf Querfaser) als auch bei lbarer Übertragung der Kräfte durch die Verbinsmittel zurückzuführen. Überbeanspruchungen des es quer zur Faser sind um so schädlicher, als gleichig das hohe Schwindmaß quer zur Faser unberechenNebenfolgen haben kann.

Für die Holztragwerke sind inzwischen neue Bestimgen aufgestellt worden, in denen die Erfahrungen Ergebnisse der wissenschaftlichen Forschung gemelt und gesichtet niedergelegt sind. (DIN 1074 Entf). Die Reichsbahnbestimmungen für tragwerke (BH) enthalten über Holzbeschaffenheit, auswahl, Prüfung und Abnahme allgemeine Richtn. Ein Nachweis der Normenfestigkeit[4]) ist nicht angt. Es ist auch keine Stufung der zulässigen Spangen, entsprechend den Ergebnissen von Normenprüen, vorgesehen. Gegen die Einführung von Normenen im Holzbau können technische und wirtschaftliche enken geltend gemacht werden. Für die überwiede Mehrzahl der Bauausführungen genügt die Hanware und die Ausscheidung ungeeigneter Hölzer ch Außenbesichtigung. Besonderer Nachdruck ist daen auf die Prüfung der Bauteile in der Werkstatt auf der Baustelle, die Feststellung der Tragfähig- und Zuverlässigkeit der Verbindungen durch Verhe, schließlich auch auf die Abnahme der fertigen nstruktion und auf die Vornahme von Belastungsverhen gelegt. Die zulässigen Spannungen für verschiee Holzarten zeigt Zahlentafel 3.

Für Druckspannungen schräg zur Faser ten die Werte nach Abb. 54 und 55.

Zu erwähnen sind noch die Bestimmungen über die erschnittermittlung und Berechnung von einfachen gegliederten Druckstäben. Die Knickspannungsen (Knickspannungen, bezogen auf Schlankheitsgrade), b. 56 und 57, sind durch die im Auftrag der Deutschen

[4]) Holzprüfnormen. DIN D.V.M. 218.

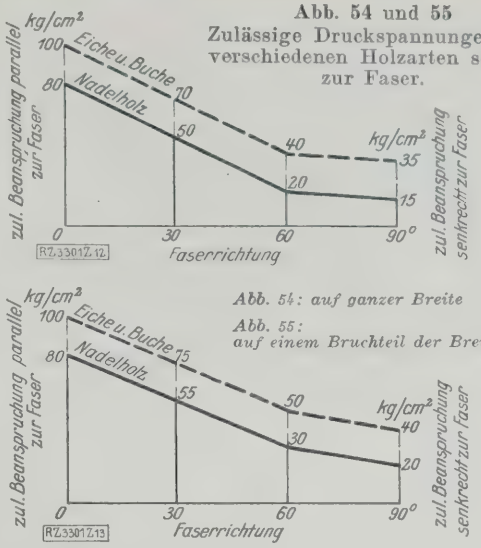



**Abb. 54 und 55**
Zulässige Druckspannungen bei verschiedenen Holzarten schräg zur Faser.

*Abb. 54: auf ganzer Breite*
*Abb. 55: auf einem Bruchteil der Breite*

Reichsbahn-Gesellschaft von Prof. *O. Graf*, Stuttgart, durchgeführten Versuche ermittelt worden. Die Knickspannungslinie für Vollstäbe weicht wenig von der schon von *Tetmajer* ermittelten Linie ab. Die von Prof. *Graf* mit vollständig astfreiem, engringigem Fichtenholz angestellten Versuche[5]) haben zwar — wie das bei dem ausgezeichneten elastischen Stoff nicht anders zu erwarten war — ergeben, daß die Eulergleichung bis nahe an die Quetschgrenze gilt, indem ihre Voraussetzungen annähernd erfüllt sind, Abb. 58. Demgegenüber trägt die für die Vorschriften gewählte Knickspannungslinie den praktischen Verhältnissen (Unregelmäßigkeiten im inneren Holzaufbau, Ästigkeit, schiefer Faserverlauf, ungleichmäßige Verteilung der stützenden Fasern auf den Querschnitt, Lochungen usw.) Rechnung.

[5]) s. a. *Graf*, Druck- und Biegeversuche mit gegliederten Stäben aus Holz. Forschungsarbeiten des V. d. I. Heft 319.

**Zahlentafel 3.** Zulässige Spannungen $\sigma_{zul.}$

| Art der Beanspruchung | Holzart: Eiche und Buche (kg/cm²) | Holzart: Nadelholz (kg/cm²) | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Druck in der Faserrichtung | | | |
| 1. im vollen Querschnitt | 100 | 80 | Zu a 2. Nur für ungedeckte Stöße maßgebend |
| 2. Hirnholz auf Hirnholz | 60 | 50 | |
| Biegung | 110 | 90 | |
| Zug in der Faserrichtung | 120 | 100 | Nur für scharfkantig geschnittenes Holz mit nur kleinen festverwachsenen Ästen |
| | — | 80 | Für gutes vollkantiges Holz |
| Druck rechtwinklig zur Faserrichtung | | | |
| 1. auf ganzer Breite | 35 | 15 | Überstand der Schwelle über die Druckfläche in der Faserrichtung mindestens gleich dem $1^1/_2$fachen der Schwellenhöhe |
| 2. auf einem Bruchteil der Breite | 40 | 20 | Überstand der Schwelle beiderseits des Stempels in der Breitenrichtung mindestens 0,2 der Stempelbreite, in der Längsrichtung mindestens gleich dem $1^1/_2$fachen der Schwellenhöhe |
| Abscherung in der Faserrichtung | 20 | 12 | |

Zusätze zu Tafel 3:

1. Bei Hilfsgerüsten und Schuppen untergeordneter Betung können die angegebenen Spannungswerte um 20 vH öht werden.

2. Bei Holztragwerken, die der Feuchtigkeit und Nässe gesetzt und nicht durch Tränkung oder Schutzanstrich en Fäulnis geschützt sind, bei Holz, das dauernd durchist (Wasserbauten) und bei frisch gefälltem Holz für Gerüste dürfen die zulässigen Spannungen höchstens zwei Drittel der aufgeführten Werte erreichen.

3. Wird gebrauchtes Holz verwendet, so ist die zulässige Spannung entsprechend dem Zustand des Holzes zu vermindern.

4. Zugspannungen rechtwinklig und schräg zur Faser sind zu vermeiden. Rechtwinklig und schräg zur Faser wirkende Zugkräfte sind durch besondere Vorkehrungen aufzunehmen.

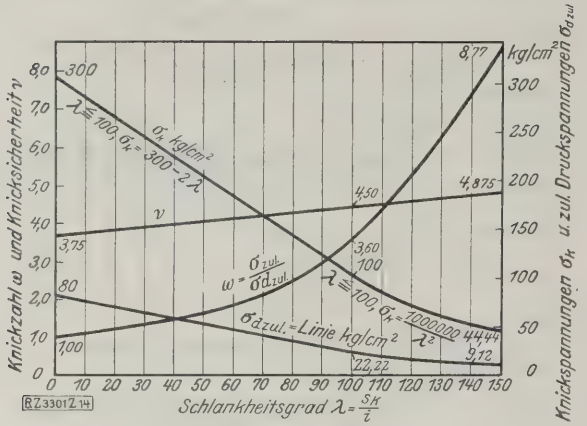



Abb. 56. Knickberechnung von Vollstäben.

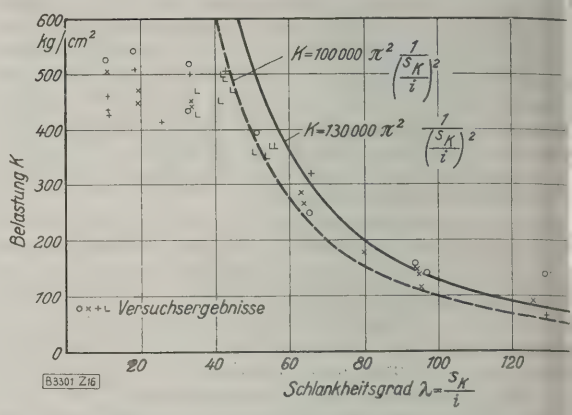



Abb. 58. Belastungen von astfreiem, engringigem Fichtenholz in Abhängigkeit vom Schlankheitsgrad.

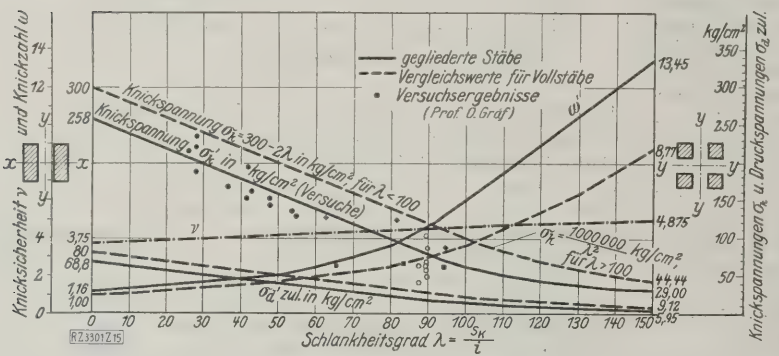



Abb. 57. Knickberechnung gegliederter Stäbe.

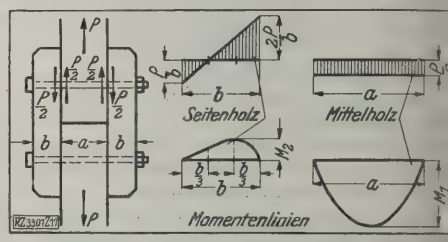



Abb. 59. Druckverteilung bei Bolzen ohne Dübel.

Schließlich ist noch darauf aufmerksam zu machen, daß die Widerstandfähigkeit des Holzes gegen oftmals wiederholte Belastung kleiner ist als beim gewöhnlichen Zug-, Druck-, Biegeversuch. So beträgt z. B. die Biegefestigkeit bei oftmals wiederholter Be- und Entlastung höchstens drei Fünftel der aus statischen Versuchen ermittelten Biegefestigkeit.

Die Wahl der zulässigen Anstrengungen ist von großer wirtschaftlicher Bedeutung, aber bis zu einem gewissen Grad Gefühlssache, weil zur Gewährleistung dauernder Betriebsicherheit die Unterhaltung eine große Rolle spielt. Die Sicherheitszahl, oder besser Unsicherheitszahl, muß außerdem dazu herhalten, die Unvollkommenheiten unsrer Erkenntnisse über die Belastungen, das tatsächliche Verhalten der Konstruktion und den Einfluß der Zeit zu decken.

Aus der Gegenüberstellung der zulässigen Spannungen, Zahlentafel 3, und der aus statischen Versuchen ermittelten Festigkeitswerte des normalen Bauholzes, Zahlentafel 1, ergibt sich eine rd. drei- bis vierfache rechnerische Sicherheit gegen Bruch. In Wirklichkeit ist die Sicherheit wegen der ungleichmäßigen Güte des Holzes, der dem Holz anhaftenden Fehler und Mängel, der Ungenauigkeiten der Verbindungen und der Einflüsse von Feuchtigkeit, langandauernden und wechselnden Belastungen nur zwei- bis dreifach, erscheint aber nach den Erfahrungen an ausgeführten Bauwerken unbedenklich, wenn eine der Eigenart des Holzes entsprechende Konstruktion gewählt wird, die Voraussetzungen der statischen Berechnung erfüllt sind und die größtmöglichen Kraftwirkungen unter Berücksichtigung der dynamischen Einflüsse der Betriebslasten mit weitgehender Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse erfaßt werden.

Werden neue, eigenartige Verbindungsmittel und Konstruktionen für die Ausführung eines Tragwerkes vorgeschlagen, so sind vor der Ausführung Versuche in einer staatlichen Materialprüfungsanstalt vorzunehmen.

Die zulässige Beanspruchung der Verbindung ergibt sich hierbei aus der mittleren Versuchsbruchlast unter Annahme einer 2,5- bis 3fachen Sicherheit. Neben der zulässigen Beanspruchung soll gleichzeitig ein Grenzmaß von höchstens 2 mm für die Verschiebung unter Gebrauchslast nicht überschritten werden.

Bolzen ohne Dübel und dergl. sind auf Lochleibun druck und Biegung zu berechnen, wobei die Druckver lung nach Abb. 59 und die Momente

$$M_1 = \frac{P\,a}{8} \text{ und } M_2 = \frac{2\,P\,b}{27}$$

anzunehmen sind. Die gleichmäßig auf die Lochleibu bezogene Pressung darf betragen bei Mittelhölz 100 kg/cm², bei Seitenhölzern 50 kg/cm². Für Be spruchung rechtwinklig zur Faserrichtung sind di Werte auf ein Drittel zu ermäßigen.

Für Verbindungen mit gebogenen oder geknick Flacheisen, die mindestens 6 mm dick sein müssen, falls keine ausreichenden Versuchsergebnisse staatlich Prüfungsanstalten ein Abweichen von dieser Regel statten, bei Annahme gleichmäßiger Verteilung auf Druckübertragungsfläche mit einer zulässigen Spannu von 40 kg/cm² in der Faserrichtung und 15 kg/cm² rec winklig zur Faser zu rechnen.

Bei Dübeln und Keilen dürfen die unter Berü sichtigung des auftretenden Kippmomentes berechne Spannungen die Werte der Zahlentafel 3 unter a), d) u e) nicht überschreiten. Die Wirkung der Dübel u Keile muß hierbei durch eine ausreichende Zahl v Schraubenbolzen gewährleistet sein.

Bei verdübelten oder verzahnten Balken ist Widerstandmoment zu rechnen bei zwei Lagen $W = 0{,}8\,\frac{b\,h^2}{6}$, bei drei Lagen zu $W = 0{,}6\,\frac{b\,h^2}{6}$. Mehr drei Lagen sind unzulässig.

## Holzbauwerke

Für

Dächer, Schuppen, Hallen

haben sich im Laufe der Zeit gleichartige, immer wied kehrende Binderkonstruktionen herausgebildet, die au für größere Anlagen genügen, wenn Zwischenstützen gelassen sind. Zur freitragenden Überspannung größe Räume bedient sich der Zimmermann der Hänge- u Sprengwerke sowie ihrer verschiedenartigen Verei

Abb. 60 bis 63
Ausgeführte Holzbauwerke.

Abb. 60
Stadthalle Münster,
K. Kübler, A.-G.,
Stuttgart.

Abb. 61 (links)
Laugenkühlturm,
Bauart Christoph
& Unmack,
Niesky.

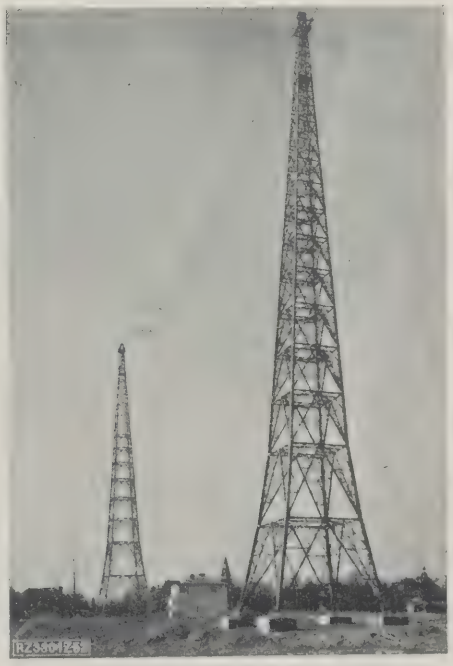


Abb. 62 (rechts)
80 m hoher
Funkturm, Rundfunksender
Königsberg i. Pr.
Bauweise
Meltzer.

gungen (Hängesprengwerke), der verzahnten und verdübelten Balken- und Bogenträger, der aus hochgestellten, kurvenförmig ausgeschnittenen Bohlen zusammengesetzten Bohlenbinder (de l'Orme), der aus flach zusammengeschraubten Brettern hergestellten Bogenträger (Emy), der Armand- und Möller-Konstruktionen und auch der von den Amerikanern entwickelten, gegliederten, engmaschigen Gitter-Fachwerkträger (Town) sowie der Ständer-Fachwerkträger (Howe). Den Übergang zu den neuzeitlichen Konstruktionen bilden die von *Stephan* erfundenen Fachwerk-Bogenträger. Die Howe-Träger wurden in den Bauweisen Ibiansky, Richter, Sommerfeld, Ambi, Tuchscherer weiterentwickelt. Von den dem Eisenbau nachgebildeten Holzfachwerk-Konstruktionen mit Kegel-, Teller-, Ring- und Krallendübelverbindungen sind die Bauweisen Kübler, Christoph & Unmack, Tuchscherer, Siemens-Bauunion hervorzuheben. Andere Bauweisen wie Meltzer, Cabröl, Deutsche Haus- und Hallenbau-Ges. München, zeichnen sich durch die Eigenart der Verbindungsmittel und Knotenpunktbildung aus. In den Abb. 60 bis 63 sind einige bemerkenswerte Bauausführungen wiedergegeben. Im Großhallenbau sind Spannweiten bis 80 m erreicht worden. Der Turm für den Rundfunksender Königsberg (Meltzer-Bauweise) ist 80 m hoch.

### Im Holzhausbau

sind drei Bauarten zu unterscheiden: der ortfeste Stiel- und Riegelbau, der Tafel- und Plattenbau und der Blockbau.

Bei der ersten Bauart, die aus dem altdeutschen Fachwerkbau entwickelt worden ist, bildet ein Stiel-

**Abb. 63**
Gleishallen des Hauptbahnhofes Stuttgart. — K. Kübler A.-G. Stuttgart.

und Riegelwerk den konstruktiven Rahmen des Hauses; die Wände sind innen und außen verschalt und enthalten die zur Wärmehaltung notwendigen Isolierstoffe und Luftschichten, Abb. 64. Sie eignet sich besonders zur Reihenherstellung von billigen Siedlungshäusern.

Das Tafel- und Plattenhaus wird aus einzelnen Wand-, Fenster-, Tür-, Decken-, Fußboden- und Dachtafeln von handlichen Breitenabmessungen zusammengesetzt. Fenster und Türen werden schon in der Fabrik angeschlagen und verglast. Die Tafeln werden auf der Baustelle verbunden und sorgfältig gedichtet. Die Bauart stellt das schnellste Verfahren dar, ein Haus zu errichten. Ein weiterer Vorzug liegt darin, daß die Bauten leicht abgebrochen, zerlegt, befördert und an andrer Stelle wieder aufgebaut werden können. Sie gestatten weiterhin den Vorratbau, indem die Holzindustrie größere Tafelreihen auf Lager halten und bei Bedarf sofort liefern kann. Die Bauart eignet sich für Unterkunftsbauten, Schul- und Krankenbaracken bei plötzlich auftretenden Bedarf, Abb. 65 und 66.

Das Holzblockhaus besteht aus waagerecht aufeinander geschichteten, mit Nut und Feder verbundenen Blockbohlen, die an den Ecken durch Überschneidungen zusammengehalten werden, Abb. 67 bis 69. Diese Bauart stellt die schwerste und solideste Holzhauskonstruktion dar, die — aus der uralten Blockhausbauweise entwickelt — sich sowohl im kalten Klima als auch in den heißen Zonen bewährt hat. Durch Verwendung genormter Teile und durch Rationalisierung der Fertigung ist die Bauart, die eine fast unbeschränkte Lebensdauer hat, in ihrer Herstellung verbilligt worden.

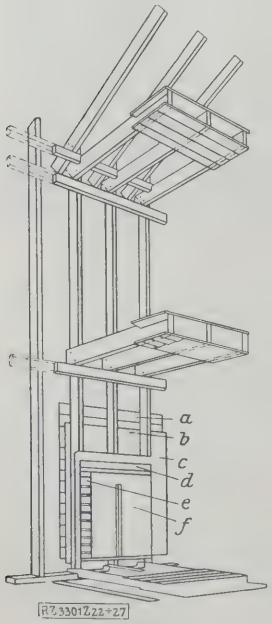



**Abb. 64**
Ortfeste Stiel- und Riegelbauweise.

*a* Außenschalung
*b* teerfreie Dachpappe
*c* Torfisolierung
*d* innere Isolierpappe
*e* innere Wandschalung
*f* Lignatplatte

**Abb. 64 bis 69**
Bauweisen für Holzhäuser.

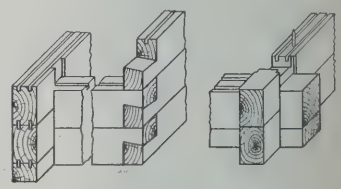


**Abb. 67 bis 69**
Blockbauweise.

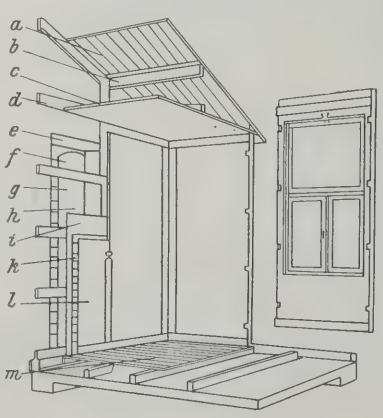
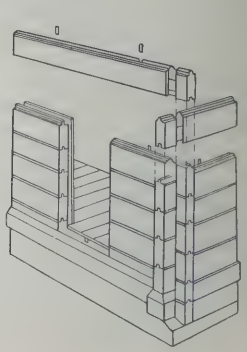



**Abb. 65 und 66**
Tafel- und Plattenbauweise.

*a* Dachtafel
*b* eingehängte Pfette
*c* Deckentafel mit Torfisolierung
*d* Tafelrahmen mit Verstärkungsrahmen
*e* Außenschalung
*f* äußere Isolierpappe
*g* mittlere Isolierpappe
*h* Torfisolierung (nicht zu sehen)
*i* innere Isolierpappe
*k* Innenschalung
*l* Lignatplatte
*m* Fußbodentafel



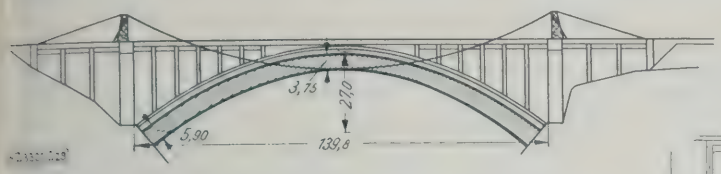



**Abb. 70**
Lehrgerüst für die Caillebrücke bei Crusseilles mit 136 m Spannweite.

Die Wirtschaftlichkeit des Holzhausbaues ergibt sich aus

1. der reihenmäßigen Herstellung der Konstruktionsteile in der Fabrik, unabhängig von Witterungseinflüssen,
2. der einfachen und schnellen Aufstellung,
3. der sofortigen Beziehbarkeit der Wohnräume,
4. der Anpaßfähigkeit an wechselnde Bedürfnisse (der Abbruch- und Versetzungsmöglichkeit),
5. der Verbilligung durch Massenfertigung (z. B. gegenüber der Einzelherstellung um 5 vH bei 20 Stück, um 15 vH bei 100 Stück).

Dabei steht ein gut ausgeführtes Holzhaus in seiner Wohnlichkeit einem Haus aus andern Baustoffen kaum nach, es bietet einen vorzüglichen Schutz gegen Kälte und Wärme und ist bei der neuerdings üblichen Verkleidung der Innenwand- und Deckenflächen mit unentflammbarem Plattenstoff hinreichend feuersicher.

Zur Erzielung einwandfreier Bauwerke haben die vom Deutschen Normenausschuß aufgestellten „Gütevorschriften für Holzhäuser" Din 1990 beigetragen.

Ein wenig beachtetes aber trotzdem wichtiges Anwendungsgebiet des Holzes im Bauwesen ist der

Rüst- und Schalungsbau.

In jüngster Zeit hat für Beton-, Eisenbeton- und Stahlgerippebauten der Klettergerüst- und Gleitschalungsbau Eingang und Verbreitung gefunden. Dabei werden die Wandschalungen aus versteiften Schaltafeln von handlichen Abmessungen zusammengesetzt und abschnittweise mit Hilfe von Kletterern (Spindeln) nach dem Einbringen und Erhärten des Betons aufwärts bewegt, wobei die Arbeitsböden zwangläufig mitgenommen werden. Für Decken werden frei gestützte oder frei aufgehängte Schalungen benutzt, die in der Höhe einstellbar sind. Für Mauer- und Putzarbeiten im Hochbau haben sich die Leitergerüste (Altmann G. m. b. H., Berlin) bewährt. Die Vorteile dieser Anordnungen liegen in der Einfachheit und Handlichkeit der Konstruktionselemente, der Anpaßfähigkeit an wechselnde Bedürfnisse, der häufigen Wiederverwendbarkeit und der Ersparnis an teurer Handarbeit.

Große Fortschritte sind im Bau von Lehrgerüsten für gewölbte Brücken zu verzeichnen. An Stelle der bisher üblichen verschwenderischen Zimmermannsgerüste, die einem Wald von Stämmen glichen, sind elegante, freitragende Lehrgerüste mit Hetzerbogen oder feingegliederten Bogenfachwerkbindern getreten. Abb. 70 und 71 zeigen zwei Beispiele aus neuerer Zeit. Die großartige Entwicklung des Lehrgerüstbaues in Frankreich durch den berühmten Brückenbauer *Freyssinet* beweist, daß die Möglichkeiten des Holzbaues noch nicht ausgeschöpft sind, daß im Gerüst- und im Großhallenbau Spannweiten bis 150 m heute technisch einwandfrei bewältigt werden können.

Was die wirtschaftliche

**Wettbewerbfähigkeit des Holzbaues mit dem Stahlbau**

anlangt, so ist für schwere Lasten der Stahlbau überlegen. Anders liegen aber die Verhältnisse, wenn das Eigengewicht gegenüber der Nutzlast eine ausschlaggebende Rolle spielt.

Ein Stab aus Flußstahl St 37 von 1 cm² Querschnitt und 1 m Länge wiegt 0,785 kg und bricht bei 4100 kg Zuglast. Ein gleich schwerer Holzstab hat 13,5 cm² Querschnitt und bricht bei einer Zuglast von 8100 kg. Das Verhältnis Tragfähigkeit bezogen auf Eigengewicht ist also bei Holz günstiger als bei Eisen.

Hiernach ist zu erwarten, daß Holztragwerke, bei denen die Nutzlast gegenüber dem Eigengewicht klein ist, im allgemeinen leichter ausfallen als Eisentragwerke,

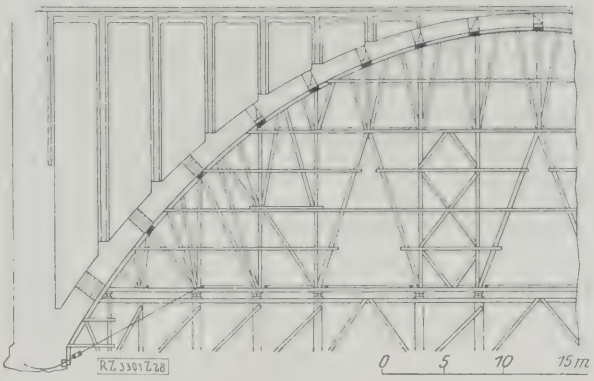



**Abb. 71**
Lehrgerüst für die Gminder Tobelbrücke mit 90 m Spannweite.

was durch Vergleiche an ausgeführten Hallenbauten bestätigt worden ist. Eine Dachkonstruktion aus St 37 kostet 300 bis 350 ℳ/t; im Holzbau ist demgegenüber mit einem mittleren Preis von 180 bis 220 ℳ/m³ Fertigkonstruktion zu rechnen, was auf Gewicht umgerechnet in Holz 310 bis 380 ℳ/t ergibt. Wenn also die freitragende Überspannung eines Raumes geringeres Gewicht erfordert, so fällt im allgemeinen der wirtschaftliche Vergleich zugunsten der Holzausführung aus.

Der Zwang zu sparsamstem Wirtschaften auf allen Gebieten zwingt heute dazu, so einfach und billig wie möglich zu bauen, das Holz in weitgehendem Maß für Bauzwecke heranzuziehen. An der dringlichsten Aufgabe unserer Zeit, dem Wohnungsbau, ist das Holzgewerbe in stattlichem Umfang beteiligt. Neben den Wohnbauten kommt die Verwendung des Holzes zu Schuppen und Hallen, zu Schalungen und Rüstungen, zu Behelfsbrücken für Erd- und Baustoffbewegung in Betracht. Wegen der Unempfindlichkeit des Holzes gegen Rauchgase und Säuren wird bei Lokomotivschuppen und Lagerschuppen für Salz, Kali und Düngemittel die Holzvor der Eisenausführung bevorzugt. Güterschuppen und Lagerhallen auf Bahnhöfen, in See- und Binnenhäfen werden vorwiegend in Holz gebaut.

Ein Vorzug des Holzbaues gegenüber dem Steinbau, in geringerem Maße gegenüber dem Stahlbau, besteht darin, daß Änderungen an den Holzbauten sowie Verstärkungen zur Erhöhung der Tragfähigkeit ohne Schwierigkeiten und mit geringem Kostenaufwand möglich sind. Holzbauten können leicht abgebrochen, abgefahren und an anderen Stellen in kürzester Zeit wieder aufgestellt werden. Das beim Abbruch anfallende Holz kann schließlich für andere Zwecke zugerichtet und wieder verwertet werden.

Die

**Haupteinwände**

gegen Holzbauten sind Fäulnis und Brandgefahr. Holz ist gegen Feuchtigkeit und Witterungseinflüsse zu schützen. Zu freistehenden, ungedeckten Bauten (Brücken, Krangerüste, Ladebühnen, Maste, Türme) sollte nur getränktes Holz verarbeitet werden. Holz in lufttrockener Umgebung, durch Abdeckung und Verschalung vor Witterungseinflüssen geschützt, ist von unbegrenzter Haltbarkeit. Holz, das ständig unter gasfreiem Wasser, also luftabgeschlossen ist, wird steinhart. Holz, das abwechselnd der Nässe und der Trockenheit ausgesetzt ist, unterliegt den Angriffen der Fäulnispilze am meisten, die Gebrauchsdauer wird durch Tränken mit Salzlösungen oder Teerölen verlängert. Gedeckte Brücken, Dachstühle und Tragdecken haben Jahrhunderte gehalten. Wo schlechte Erfahrungen vorliegen, hat man nicht genügend auf den Schutz des Holzes

gegen Feuchtigkeit geachtet. Zu beachten ist jedoch, daß die neueren Holzbauweisen mit ihrem großen Bedarf an eisernen Verbindungsmitteln größerer Sorgfalt in der Unterhaltung bedürfen. So müssen sämtliche Schrauben und etwaige Keile nach der Aufstellung der Tragwerke mehrmals nachgezogen oder nachgetrieben werden.

Die Brandgefahr wird bei Holzbauten vielfach überschätzt. Starke Hölzer geraten erst bei höheren Wärmegraden in Brand, die Verkohlung der Oberfläche hemmt den Verbrennungsvorgang, bei sofortiger Bekämpfung des Feuers kann meist der Einsturz verhindert werden. Bei den neuzeitlichen Holzbauten mit ihren feingliedrigen und aufgelösten Querschnitten ist die Feuergefahr größer. Bei solchen Bauten ist für weitgehende Sicherung gegen Feuer durch Löscheinrichtungen zu sorgen. Im übrigen ist bei größeren Holzbauwerken (Güter- und Lagerschuppen) zum Schutz gegen die Ausbreitung des Feuers die Unterteilung durch feuersichere Wände zu empfehlen. Da die Stützen bei Brandfällen zunächst gefährdet sind und wegen Einsturzgefahr die Löscharbeiten behindern, so sind freitragende B der möglichst auf Mauern und Eisenbetonsäulen ab stellen. Zur Erhöhung der Feuersicherheit kann n noch die gefährdeten Bauteile durch Verkleidung Eternit, Tekton, durch Betoneinhüllung oder feu sichern Anstrich schützen.

Die Holzbauweise kann als Spar- und Schnellb weise angesprochen werden. Holz als bodenständig Baustoff ist überall in ausreichenden Mengen vorhand oder leicht beziehbar, weite Förderungen können me gespart werden. Die Holzbauweise wird verbilligt, we alle vorbereitenden Arbeiten in gut ausgestattete We stätten verlegt werden.

Die wirtschaftliche Verwertung des Holzes und Holzerhaltung wird von Jahr zu Jahr wichtig weil das Verhältnis von Holzerzeugung zum Holzbeda immer ungünstiger wird und daher alles getan werd muß, um die wertvollen Eigenschaften möglichst ausz nutzen und den Holzerzeugnissen eine möglichst lan Lebensdauer zu sichern. [B 3301]

## Vermittlungsstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis

Der beim Deutschen Verband Technisch-Wissenschaftlicher Vereine bestehende Ausschuß für Technisches Schrifttum hat nach eingehenden Vorarbeiten[1]) eine Vermittlungsstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis gegründet. Der Gründung voraus ging eine umfangreiche Umfrage in den Kreisen der Technik des deutschen Sprachgebietes über vorhandene Quellennachweise, und es hat sich gezeigt, daß weit über hundert derartige Fachauskunftstellen bereits bestehen. An der Spitze marschieren Elektrotechnik und Elektrizitätswirtschaft mit 22 Fachauskunftstellen; es folgen Maschinenbau mit 20, Chemie mit 12, Eisen mit 9, Bergbau und Verkehrswesen mit je 6, Bauwirtschaft, Materialprüfung, Wärmetechnik und Luftfahrt mit je 5, Metalle, Nahrungsmittelindustrie mit je 4, Normung mit 3, Gas- und Wasserfach, Wasserwirtschaft und Textilindustrie mit je 2 Nachweisen usw.

Die neue Vermittlungsstelle hat zwei Aufgaben: Sie soll einmal die bereits bestehenden Fachauskunftstellen mehr als bisher in der Öffentlichkeit bekanntmachen und weiter alle die Anfragen, die nicht unmittelbar den Weg zu einer Fachauskunftstelle finden, durch Weitergabe in die richtigen Kanäle leiten.

Damit ist schon angedeutet, daß die neue Stelle keine Fachauskünfte unmittelbar erteilen wird. Hierdurch wird die Schaffung eines großen wissenschaftlichen und Verwaltungsbetriebes vermieden, und die Arbeit kann mit den denkbar einfachsten Mitteln durchgeführt werden. Nur durch dieses Abgliedern der Auskunfterteilung war es möglich, den seit Jahrzehnten schwebenden Plan einer zentralen Reglung des technischen Auskunftswesens durchzuführen.

Die neue Vermittlungsstelle, die ihren Sitz bei der Geschäftsführung des Deutschen Verbandes Technisch-Wissenschaftlicher Vereine, Berlin NW 7, Ingenieurhaus, hat, wurde am 8. November 1929 im Rahmen einer außerordentlichen Hauptversammlung des Deutschen Verbandes der breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Über die dort gehaltenen Vorträge berichteten die VDI-Nachrichten 1929 in Nr. 46.

[N 3852] Dr. *Fr.*

[1]) Vergl. hierzu *A. Predeek*, VDI-Nachrichten, 7. Jahrg. 1927 Nr. 31 u. 50; *J. Hanauer*, ebenda Nr. 38; *F. Zeidler*, ebenda; *W. Jani ki*, Z. Bd. 72 (1928) S. 471; *A. Predeek*, ebenda S. 1253.

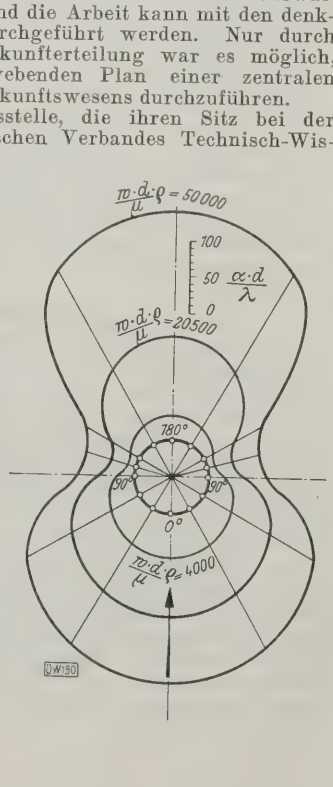



**Abb. 1**
Veränderlichkeit der Wärmeübergangszahlen auf einem Rohr bei verschiedenen *Reynoldss hen* Zahlen, und zwar $\frac{w\,d\,\varrho}{\mu} = 4000$, 20 500 und 50 000.

## Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche[1])

Die Bestimmung von Wärmeübergangzahlen aus Di fusionsversuchen baut sich auf der Analogie zwisch Wärmeübergang und Diffusion auf. Ein Luftstrom, dem e bestimmtes Gas beigemengt ist, fließt um das Modell ein Heizkörpers; ist die Oberfläche des Modells so beschaffe daß sie das beigemengte Gas absorbiert und chemisc bindet, so herrscht an dieser Oberfläche der Gasteildruc null. Aus der Mitte des Luftstromes wird dann durch Di fusion und infolge der Konvektion des Luftstrom immer neues Diffusionsgas an den Heizkörper hera gebracht. Der Gasübergang an das Modell vollzieht sic nach demselben mathematischen Gesetz, wie der Wärm übergang von Luft an eine Wand. Dabei entsprechen de Temperatur und der Temperaturleitzahl beim Wärmeübe gang der Gasteildruck und die Diffusionszahl bei der Diff sion.

Die Bestimmung von Wärmeübergangzahlen durc Diffusionsversuche wird folgendermaßen durchgeführt: einem Versuchskanal sind Heizkörpermodelle (z. B. Rohre eingesetzt, deren Oberfläche mit einem Absorptionsmitte (z. B. konzentrierter Phosphorsäure) überzogen ist. Durc den Kanal wird Luft gesogen, in der das Diffusionsga (z. B. Ammoniak) gleichmäßig verteilt ist. Dieses Ga wird an der Oberfläche der Modelle absorbiert. Das vo Heizkörper aufgenommene und das im ganzen durch de Kanal geschickte Gewicht an Ammoniak geben unmittelba ein Maß zum Berechnen der Wärmeübergangzahl. Luft un Heizkörper haben gleiche Temperatur. Das Verfahren ha schon *H. Thoma*[2]) angegeben und auch an einer kleinen Ver suchseinrichtung zahlenmäßig geprüft. Die vorliegende weiteren Versuche in einer größeren Anlage ließen be größeren Heizkörpern genauere Ergebnisse erwarten.

Die Ergebnisse der Versuche über den Wärmeüber gang von strömender Luft an Einzelrohre stimmten gu überein mit früheren Arbeiten von *H. Reiher*[3]) und *I. A Hughes*[4]). Die Versuche an Röhrenbündeln bestätigten ein wandfrei die Richtigkeit der Diffusionsmethode durch Ver gleich ihrer Ergebnisse mit denen der Versuche vo *H. Reiher*.

Die Veränderlichkeit von Wärmeübergangzahlen an Umfang eines Rohres mit kreisförmigem Querschnitt zeig Abb. 1, worin bei drei verschiedenen Geschwindigkeite $\left(\text{\textit{Reynoldsschen} Zahlen } \frac{w\,d\,\varrho}{\mu}\right)$ die ermittelten Kenngröße der Wärmeübergangzahlen senkrecht zum Rohrumfang auf getragen sind. Bei umlaufenden Rohren (Atmoskessel wurde gefunden, daß man den Wirkungsgrad einer Heiz anlage vom wärmetechnischen Standpunkt aus durch großer Abstand der Rohre voneinander, große Umfangsgeschwin digkeit, Anbringen von Scheiben (Rippen) an den Rohr enden und kleine Luftgeschwindigkeiten erhöhen kann.

Berlin [M 3550] Dr.-Ing. *W. Lohrisch*.

[1]) Mitteilung aus dem Laboratorium f. techn. Physik der Techn Hochschule München. Auszug aus der Arbeit in Nr. 322 der Forschungs arbeiten, herausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, Berlin 192 VDI-Verlag.

[2]) „Hochleistungskessel", Berlin 1921.

[3]) „Wärmeübergang von strömender Luft an Rohre und Röhren bündel im Kreuzstrom". Heft 269 der Forschungsarbeiten des V. d. I. 1925

[4]) „On the cooling of cylinders in a stream of air", Phil. Mag London 1916, S. 118.

# Neuerungen in der Hartzerkleinerung

*Von Zivilingenieur CARL NASKE, Charlottenburg*

***Gegenstand dieses Berichtes sind die seit Erscheinen meines gleichbenannten Aufsatzes in dieser Zeitschrift 1920[1]), also seit rund zehn Jahren aufgetretenen neuen oder wesentlich verbesserten Bauarten von Maschinen, die der Vorzerkleinerung, Vermahlung und Sichtung harter Stoffe, in erster Linie der Rohstoffe für die Zementfabrikation und des Zementklinkers, sowie für Kohlenstaub und andre feinste Vermahlung dienen. Da der verfügbare Raum knapp ist, darf der Bericht keineswegs Vollständigkeit für sich in Anspruch nehmen, sondern muß sich auf die m. E. wichtigsten Tatsachen und hervortretenden Erscheinungen beschränken.***

### Backenquetschen

Bemerkenswert ist die Neigung, die Abmessungen dieser Vorbrecher sehr zu vergrößern. Die größte deutsche Backenquetsche von Krupp-Gruson, Magdeburg, hat 800 × 1400 mm Maulweite und leistet etwa 600 t/h, während die größte amerikanische Backenquetsche von Allis-Chalmers bei einer Maulweite von 2100 × 1650 mm etwa 900 t/h leistet. Der praktische Vorteil dieser Riesenbrecher besteht darin, daß man bei ihrer Verwendung die Schießarbeit im Steinbruch einschränken, unter Umständen sogar ganz entbehren kann, und den Abbau nur noch mittels des Löffelbaggers vornimmt.

Zum Feinbrechen geringerer bis mittlerer Mengen grob vorzerkleinerten Gutes, vorzugsweise zum Zerkleinern aufzubereitender und zum Aufschließen schalig verwachsener Erze hat sich die Backenquetsche Bauart *Bartsch*, Abb. 1, gut bewährt. Man könnte sie einen vereinfachten Krom-Brecher[2]) nennen, mit dem sie die Verschiebbarkeit der Schwingenlager *f* und die geringe Bewegung im Spalt *g* gemeinsam hat. Da hier keine Druckplatten verwendet werden, ist die Brechschwingenachse *c* als Sicherheitsbruchglied ausgebildet.

### Hammerbrecher

Die Aufstellung der Vorbrecherei im Steinbruch und die Abbeförderung des Vorgebrochenen mittels geeigneter Fördermittel an den Ort der weiteren Verarbeitung führt sich infolge der damit verbundenen Vorteile immer mehr ein. Abb. 2 zeigt eine Vorbrech- und Verladeanlage für Zementrohstoffe. Der Titanbrecher[3]) *d* hat eine Maulweite von 1200 × 2000 mm. Von dem Titanbrecher wird das auf Nußgröße Vorgebrochene mittels eines zweiten Plattenbandes von 1000 mm Breite durch ein Schwenkrohr *f* in Kähne von 3000 t Tragfähigkeit gefördert. Die Anlage leistet rd. 200 t/h und wird durchweg elektrisch angetrieben.

[1]) Z. Bd. 64 (1920) S. 469. [2]) Z. Bd. 64 (1920) S. 470.
[3]) Z. Bd. 64 (1920) S. 471.

Riesige Abmessungen weist auch der von der Maschinenfabrik G. Polysius-A.-G., Dessau, für ein amerikanisches Zementwerk gelieferte „Z-Brecher" auf, der ein Hammerbrecher mit nur einer Schlägerwelle ist und 350 t/h leistet, Abb. 3. Es werden Kalksteine von durchschnittlich 1200 + 760, und 640 mm Kantenlänge in einem Durchgange bis auf Walnußgröße vorgebrochen.

### Walzwerke

Zur Herstellung des für den Straßenbau gebrauchten Splittes in großen Mengen sind besondere Walzwerke, Abb. 4 und 5, entwickelt worden, die nur wenig Sand, dagegen aber ein scharfkantiges, griffiges Erzeugnis liefern, wie es der genannte Zweck vorwiegend fordert.

Einen „Hammerwalzenbrecher" zeigt Abb. 6. Die tiefliegende Festwalze *c* ruht hier in einem, zum Regeln der Spaltweite verstellbaren Lagerschlitten *d*, während die andre, unter Federdruck stehende hämmernde Walze in eine gabelförmige Schwinge überhöht eingebaut ist. Das Hämmern entsteht dadurch, daß beim Einziehen des Brechgutes die obere Walze fortwährend angehoben wird und wieder zurückfällt. Dank der über-

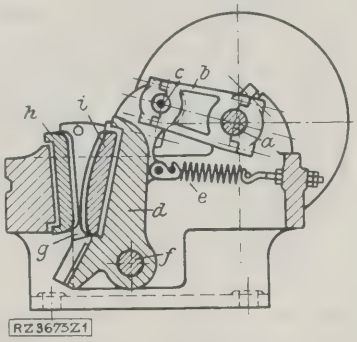



**Abb. 1**
Backenquetsche zum Feinbrechen von grob vorzerkleinertem Gut.
Bauart *Bartsch*, Maschinenfabrik Humboldt, Köln-Kalk.
*a* Exzenterwelle
*b* Druckkloben
*c* Brechschwingenachse
*d* Schwinge
*e* Rückziehfeder
*f* Schwingenlager
*g* Spalt
*h*, *i* Backen

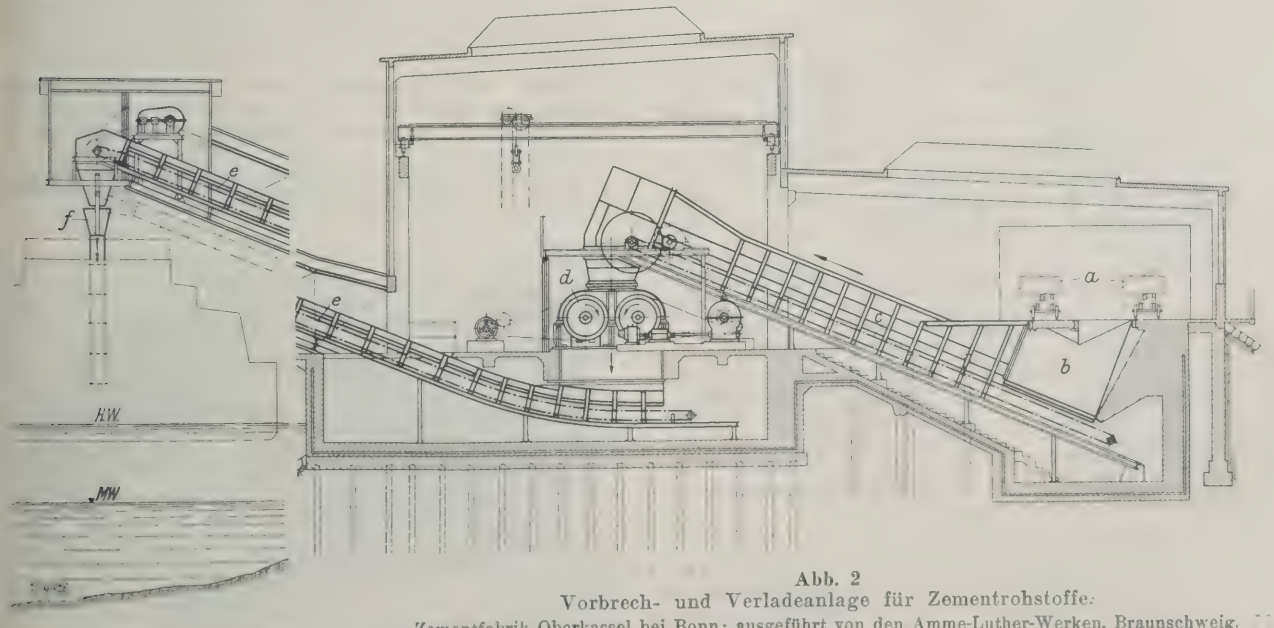



**Abb. 2**
Vorbrech- und Verladeanlage für Zementrohstoffe.
Zementfabrik Oberkassel bei Bonn; ausgeführt von den Amme-Luther-Werken, Braunschweig.
*a* Kippkarren Absturzsilo *c* Plattenband, 1500 mm breit *d* Titanbrecher *e* Plattenband, 1000 mm breit *f* Schwenkrohr

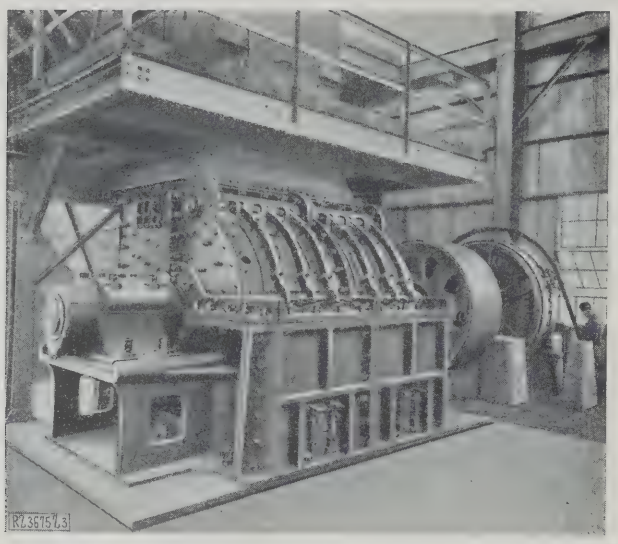


Abb. 3
Hammerbrecher mit einer Schlägerwelle für eine Leistung von 350 t/h.
*Maschinenfabrik G. Polysius A.-G., Dessau.*

| Abmessungen: | | |
|---|---|---|
| Maulweite | 2450 × 1130 | mm |
| Mahlraumdurchmesser | 2000 | „ |
| Mahlraumbreite | 2460 | „ |
| Wellendurchmesser | 420 | „ |
| Anzahl der Schläger | 48 | |

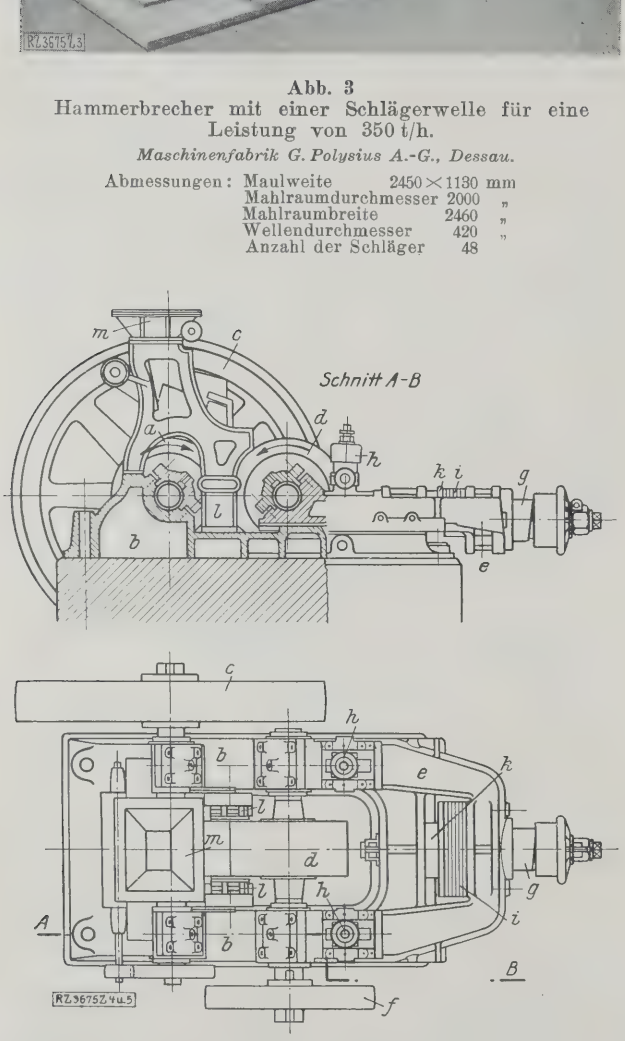



Abb. 4 und 5
Walzenbrecher für Splitt mit Gleitrahmen.
*Krupp-Gruson, Magdeburg.*

*a* ortfeste Walze
*b* Hauptrahmen
*c* Schwungrad-Riemenscheibe
*d* gleitende Walze
*e* Gleitrahmen
*f* Riemenscheibe
*g* zentrale Druckfeder
*h* Druckvorrichtungen zur Gleitbahn
*i* Einlegeplatten
*k* Gummipuffer
*l* seitliche Führung für das Rohgut
*m* Rohgut-Aufgabetrichter

höhten Anordnung der Schwingwalze wird also auch Eigengewicht für die Zerkleinerung ausgenutzt; auß dem kann man durch Spannen oder Entspannen Feder wahlweise ein grießreiches oder grießarmes Bre gut erzeugen. Bei diesem Walzwerk ist eine Umfan geschwindigkeit der Walzen bis zu 4 m/s zulässig.

### Verbundmühlen

Bei den wegen ihrer praktischen Vorzüge ungem beliebten Verbundmühlen zielte die Entwicklung in d hier in Betracht stehenden Zeitraum dahin, die ursprün lich um die Mahltrommel herum angeordneten Dra gewebsiebe als den schwächsten Punkt der Konstru tion zu beseitigen und die Scheidevorrichtung ins nere der Trommel zu verlegen. Ferner ist ein den g steigerten Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit e sprechendes Wachsen der Abmessungen, namentlich d Länge, zu verzeichnen[4]). Endlich erscheint noch die A kehr von der Laufringlagerung bemerkenswert, an der Stelle fast allgemein die reine Stirnzapfenlagerung zu 1000 mm Dmr. getreten ist.

Einen Längsschnitt durch eine Vierkammer-Verbun mühle von 2,2 m Dmr. und 13 m Länge zeigt Abb. Die Sichtwand *h* für die erste Scheidung ist mit von auße auswechselbaren Rosten *i* ausgerüstet, durch dere Spalten das Feine über den Stern *k* in die Mittelkamm eintritt, während der Überschlag durch den Stutzen in die Vorschrotkammer *e* zurückgeführt wird. Die fo genden Trennwände *n* sind einfache Platten mit radial Schlitzen. Wichtig ist für solche langen Mühlen, i Hinblick auf die Gefahr einer übermäßigen Erwärmun des Mahlgutes, eine wirksame Entlüftung, die am Au trittende sowohl am Umfang der Schutzhaube als auc durch den hohlen Zapfen hindurch wirkt.

Eigenartig und wirkungsvoll ist die von *Pfeiff* und *Köppen* erfundene Zwischenkammer der Rekord-Ve bundmühle der Firma Curt von Grueber Maschine bau A.-G., Berlin. Die vom Einlauf aus gesehene ers Wand der Zwischenkammer besteht hier aus Ringen, d derart geformt sind, daß ein Zusetzen der Ringschlitz durch den Vormahlkammerschrot nicht stattfinden kan während die hintere Wand, mit Ausnahme einer mittlere kreisrunden Öffnung, die auch die Vorderwand aufweis geschlossen ist. Beide Wände sind mittels einer Anza eigenartig gekrümmter Schaufeln verbunden, die das au den Ringschlitzen austretende Gemenge hochheben un auf einen Doppelkegel fallen lassen, der mit der eine Spitze in den Vorschrotraum, mit der andern in die Fei mahlkammer hineinragt. Die besondere Form der Scha feln im Verein mit jener des Doppelkegels bewirken nu eine scharfe Trennung der Überschläge von dem Feine Die Überschläge wandern in den Vorschrotraum zurück während das Feine in die Feinmahlkammer eintritt.

Das Siebdiagramm einer Rekord-Dreikamme mühle von 2 m Dmr. und 15 m Länge, Abb. 8, zeig daß die Kammerfüllungen richtig bemessen und gut g

[4]) Krupp-Grusonwerk, Magdeburg, baut Verbundmühlen bis z 2,4 m Dmr. und 18 m Länge mit einem Gesamtgewicht (einschl. Füllun von rd. 200 t und einer Kraftaufnahme von 750 PS.

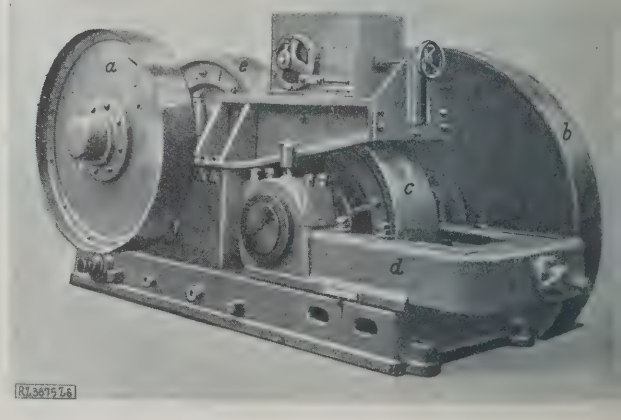



Abb. 6
Hammerwalzenbrecher.
*J. Vögele A.-G., Mannheim.*

*a*, *b* Riemenscheiben
*c* Festwalze
*d* Lagerschlitten
*e* Schwingwalze

gegeneinander abgestimmt sind. Die Mühle leistet 13 t/h Portlandzement mit 2,5 vH Rückstand auf einem Sieb von 4900 M/cm² (Maschen auf 1 cm² Siebfläche).

Bei der Mehrkammermühle, Bauart Fellner & Ziegler, Frankfurt a. M., ist zwischen Vorschrot- und Feinmahlkammer gleichfalls eine Doppelwand eingebaut. Die vordere Wand hat Ringschlitze, in die eine aus einzelnen Ringen bestehende Platte eingreift, die von außen verschiebbar zwischen Vorder- und Hinterwand angeordnet ist, wodurch man bei gleichbleibender Füllung die Feinheit der Mahlung bequem ändern kann. Die Mühle wird zentral angetrieben, Abb. 9, und zwar unter Zwischenschaltung eines im Ölbad laufenden *Luth-* und *Rosénschen* Getriebes, dessen Gehäuse beiderseits auf starken, den Zahndruck aufnehmenden Schraubenfedern ruht. Das Getriebe, dessen Wirkungsgrad 97 vH beträgt, ist mit der Mühle starr, mit dem Motor aber mittels einer nachgiebigen Kupplung verbunden.

Der zentrale Antrieb von Verbundmühlen im Gegensatz zum Antrieb am Trommelumfang mittels Zahnkranz und Ritzel ist meines Wissens zuerst von Krupp-Gruson, Magdeburg, ausgeführt worden („Centra"-Antrieb). Es wurde dadurch zweierlei erreicht: 1. eine Ersparnis an Erneuerungskosten, da das im niemals ganz staubfrei zu haltenden Mühlenraum fast offen liegende Zahnkranz-Ritzel-Getriebe nur eine beschränkte Lebensdauer zeigt, und 2. eine Erhöhung des Wirkungsgrades, die Krupp-Gruson mit über 13 vH angibt. Dafür darf der zentrale Antrieb schon etwas teurer sein. Er wird noch von G. Polysius A.-G., Dessau (Solo-Mühle) und F. L. Smidth, Kopenhagen, (Unidan-Mühle mit Symetro-Antrieb) gebaut.

### Kugel- und Rohrmühlen mit Luftstromsichtung

Kugel- und verkürzte Rohrmühlen, bei denen das Feinmehl aus dem Mahlraum durch Windsichtung beständig herausgehoben und gewissermaßen im Augenblick des Entstehens schon der weiteren Einwirkung des Mahlmittels entzogen wird, sind schon sehr lange bekannt[5]). Von diesen unterscheiden sich die nachstehend beschriebenen Mühlen dadurch, daß das Gemisch aus Mehl und Grieß nicht wie bei der erstgenannten Bauart mittels eines Becherwerks auf einen Windsichter gehoben und dort zerlegt wird, sondern daß zur Sichtung und Förderung ein und derselbe Luftstrom dient, der von einem Gebläse in der nötigen Menge und mit dem erforderlichen Überdruck erzeugt wird. Daraus ergibt sich eine ge-

[5]) Z. Bd. 50 (1906) S. 1588.

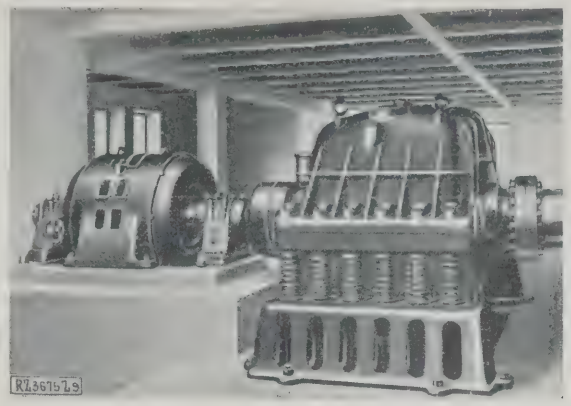


Abb. 9
Getriebe zur Mehrkammermühle.
*Fellner & Ziegler A.-G., Frankfurt a. M.*

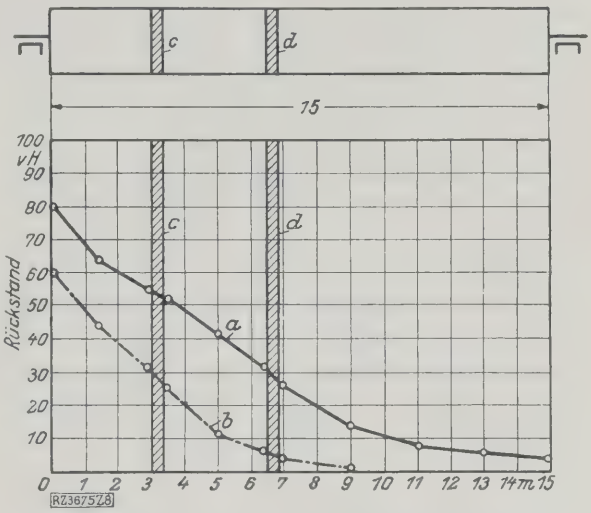



Abb. 8
Siebdiagramm einer Rekord-Dreikammermühle.
*a* Rückstand auf dem Sieb von 4900 Maschen auf 1 cm²
*b* „ „ „ „ 900 „ „ 1 „
*c*, *d* Trennwände. ○ Meßstellen

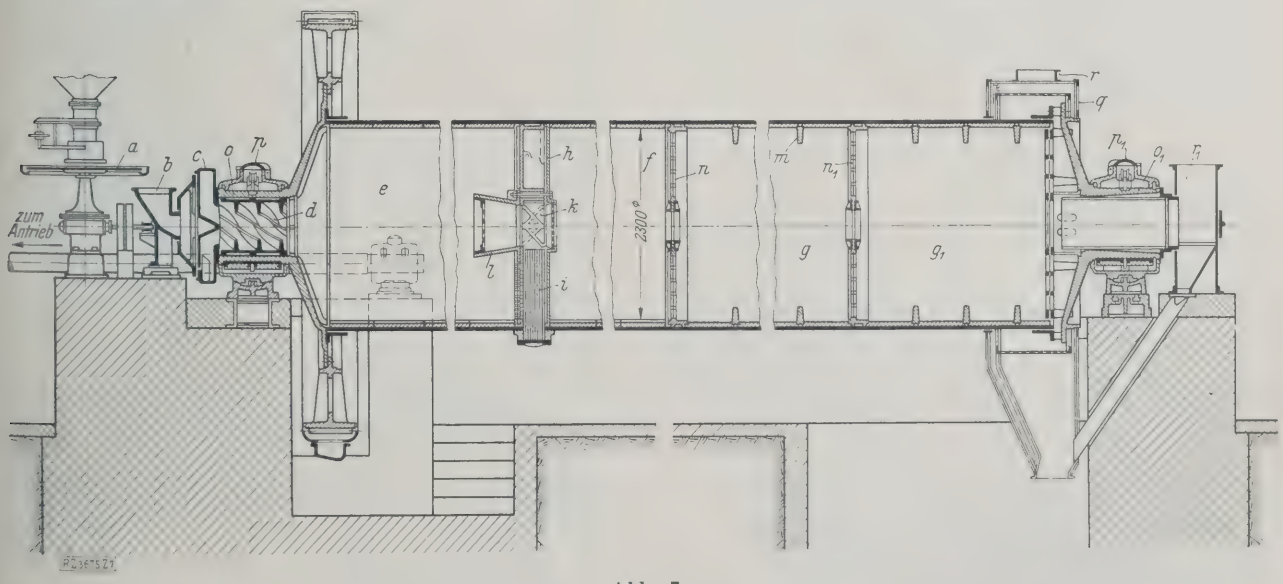



Abb. 7
Vierkammer-Verbundmühle von 2,2 m Dmr. und 13 m Länge.
*Amme-Luther-Werke. Braunschweig.*

*a* Telleraufgabe
*b* Einlaufstutzen
*c* Hubrad
*d* mehrgängige Schnecke
*e* Vorschrotkammer
*f* Mittelkammer
*g*, *g*$_1$ Feinmahlkammern
*h* Sichtwand
*i* Roste
*k* Austrittstern
*l* Rückführstutzen
*m* Ringpanzer
*n*, *n*$_1$ Trennwände
*o*, *o*$_1$ Lagerzapfen
*p*, *p*$_1$ Lager
*q* Schutzhaube
*r*, *r*$_1$ Saugstutzen zur Entlüftung

drungene, raumsparende Bauart neben einer bequemen und genauen Regelfähigkeit in bezug auf die Feinheit und in gewissen Grenzen auch in bezug auf die Menge des Erzeugnisses.

Abb. 10 zeigt eine amerikanische „Hardinge"-Mühle. Ein abgedichtetes Zellenrad *a* speist die Mühle *b*, in die das Gebläse *g* die im Zyklon *e* gereinigte Luft hineindrückt; diese sättigt sich im Mahlraum mit einem Gemisch von Mehl und Grieß, dessen gröbste Bestandteile das Schutzsieb *c* zurückhält, während der Drehsichter *d* die nächstfeinen Teile niederschlägt und sie dem in den Mahlraum eintretenden Luftstrom übergibt. Der restliche Staub, also das Mehl von der gewünschten Feinheit, entschwebt in den großräumigen Abscheider *e*, schlägt sich in ihm nieder und wird bei *f* unter Luftabschluß abgezogen.

Die Hardinge-Mühle wird in zahlreichen amerikanischen Kalkwerken verwendet, wogegen die in Abb. 11 schematisch dargestellte, verkürzte Rohrmühle mit Luftstromsichtung sich in der Kohlenmüllerei gut eingeführt hat, was natürlich ihre Verwendung in andern Gebieten der Hartzerkleinerung durchaus nicht ausschließt. Die Mühle hat einen spezifischen Kraftbedarf von rd. 15 kWh/t Steinkohlenstaub (10 vH Rückstand auf einem Sieb von 4900 M/cm²) und rd. 20 kWh/t Drehofenzement (8,5 vH Rückstand auf einem Sieb von 4900 M/cm²).

### Die Fuller-Mühle mit Luftstromsichtung

Die neueste Ausführungsform der in dieser Zeitschrift[6]) bereits ausführlich behandelten Fuller-Mühle zeigt Abb. 12. Um den seinerzeit erwähnten schwachen Punkt der Konstruktion, die Unmöglichkeit der Rückführung der Luft von unten her, zu beseitigen, ist über der Mahlbahn ein Armkreuz *a* mit Ventilatorschaufeln angebracht, das zur Verstärkung der Wirbelbewegung im Mahlraum und zur rascheren Sättigung der Luft mit Staub ganz wesentlich beiträgt. Der Mahlraum steht unter Druck, das Mahlgut muß daher unter Luftabschluß aufgegeben werden. Der Sichteraufsatz *c* trägt, genau wie bei der Raymond-Mühle[7]), eine Reihe von Drehklappen *d*, die man von außen einstellen kann, während der Einsatz *e* zur Veränderung des Unterdruckes im inneren Trichter und der Trichter *f* zur Rückführung der Grieße, die sich im äußeren Sichtraum abscheiden, dient. In der Mahlbahn befinden sich sechs Kugeln.

Eine 70″-Fuller-Mühle liefert 10,5 t/h Staub aus einem Gemisch von je 50 vH Steinkohle und Anthrazit bei einem Rückstand von 6,9 vH auf 4900 M/cm² bei einem Kraftbedarf von 16,73 kWh/t; eine 46″-Fuller-Mühle liefert 5,24 t/h Staub aus schlesischer Feinkohle, bei derselben Feinheit und einem Kraftbedarf von rd. 13 kWh/t.

[6]) Z. Bd. 70 (1926) S. 875.
[7]) Z. Bd. 70 (1926) S. 873.

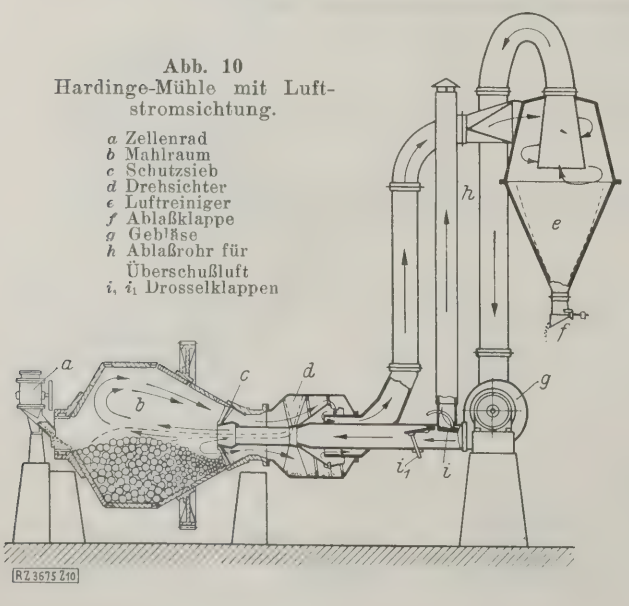



**Abb. 10**
Hardinge-Mühle mit Luftstromsichtung.

*a* Zellenrad
*b* Mahlraum
*c* Schutzsieb
*d* Drehsichter
*e* Luftreiniger
*f* Ablaßklappe
*g* Gebläse
*h* Ablaßrohr für Überschußluft
*i*, $i_1$ Drosselklappen

Abb. 13 zeigt eine vollständige Fuller-Mühlenanlage mit Entlüfter, Staubabscheider und Fuller-Kinyon-Staubpumpe.

### Die Loesche-Mühle

Auch diese Ringwalzenmühle, bei der eine Anzahl, meist drei, sich um ihre eigene Achse drehender Walzen unter regelbarer Federspannung gegen eine umlaufende Mahlbahn gepreßt werden, arbeitet mit Luftstromsichtung, Abb. 14. Die Leitschaufeln *d* haben die Aufgabe, das über den Rand der Mahlschüssel fallende Gut wieder auf die Mahlbahn zurückzubefördern. Mittels der Schraube *l* und des Anschlags *m* kann man die Spaltweite zwischen Walze und Bahn genau einstellen, so daß niemals Eisen auf Eisen läuft. Die Höhe des verstellbaren Aufsatzringes *r* beeinflußt die Höhe der auf der Mahlbahn befindlichen Mahlgutschicht und dadurch auch die Dauer der Vermahlung. Bemerkenswert ist ferner das Stufensieb *f*, das mit einem sehr weitmaschigen und grobdrähtigen Gewebe bespannt ist und mittels des verstellbaren Reibradgetriebes *g*, *h*, *i* in mehr oder weniger rasche Umdrehung versetzt wird. Je nach seiner Umfangsgeschwindigkeit wird also dieser Sichter feineres oder gröberes, vom Luftstrom getragenes Mahlgut durch die Gewebemaschen hindurchtreten lassen. Da er unabhängig von der Luftmenge arbeitet, so eignet er sich besonders gut für wechselnd belastete Einblasmühlen; für Anlagen mit Zwischenbunkerung dagegen genügt der bekannte Raymond-Sichter.

Die Loesche-Mühle ist bisher hauptsächlich in großen und kleinen Kraftwerken, Schwelereien usw. in Anwendung; ihr spezifischer Kraftverbrauch beträgt 15 bis 16 kWh/t Steinkohlenstaub,. bei der üblichen Feinheit, ihre Leistung, je nach Größe der verwendeten Maschine, von 0,8 bis 16 t/h.

### Mühlen für feinste Vermahlung

Die Aufgabe, harte Stoffe wie Oxyde, Glasuren, keramische Erden, Farbenzusätze, Glas usw. zu kolloidaler Feinheit zu vermahlen, konnte bisher nur auf nassem Wege und vielfach auch dann nur durch eine langdauernde Behandlung gelöst werden, die dort, wo der gewonnene Schlamm nicht ohne weiteres gebrauchsfähig

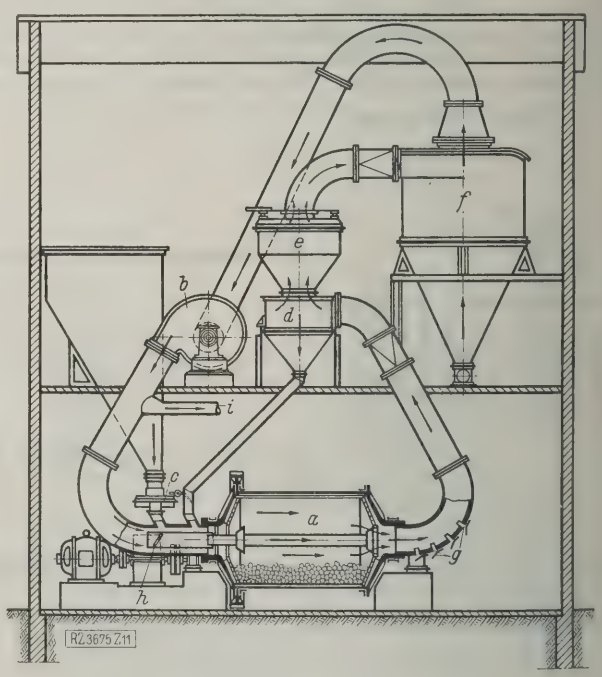



**Abb. 11**
Verkürzte Rohrmühle mit Luftstromsichtung.
Bauart Humboldt, Köln-Kalk.

*a* Rohrmühle
*b* Gebläse
*c* Aufgabe
*d* Grobsichter
*e* Feinsichter
*f* Luftreiniger (Zyklon)
*g* Frischluftschlitze
*h* Drosselklappe
*i* Überschußluft

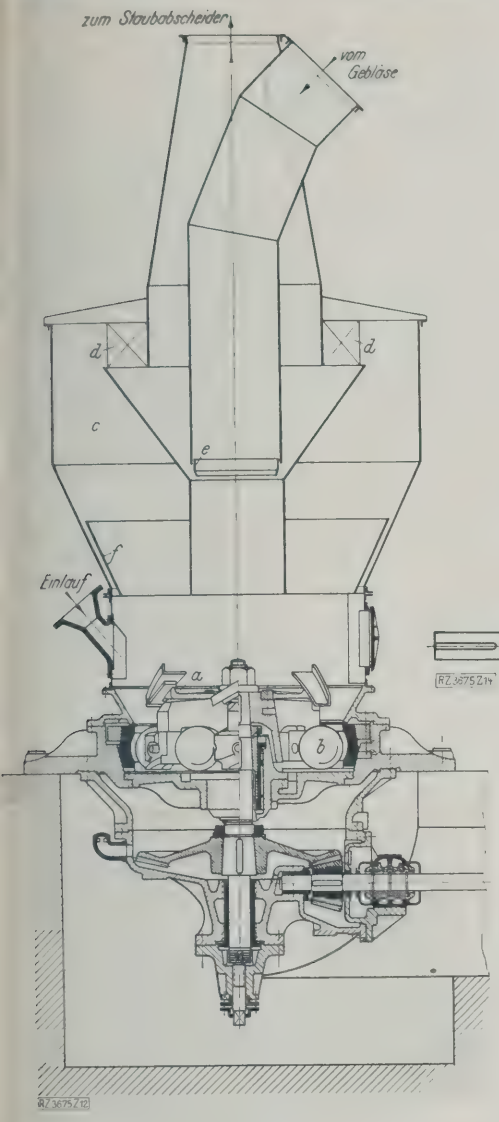



**Abb. 12**
Fuller-Mühle mit Luftstromsichtung.

*a* Armkreuz mit Windschaufeln
*b* Kugeln
*c* Sichteraufsatz
*d* Drehklappen
*e* Einsatz
*f* Trichter für das Rückführen ungesichteten Mahlgutes

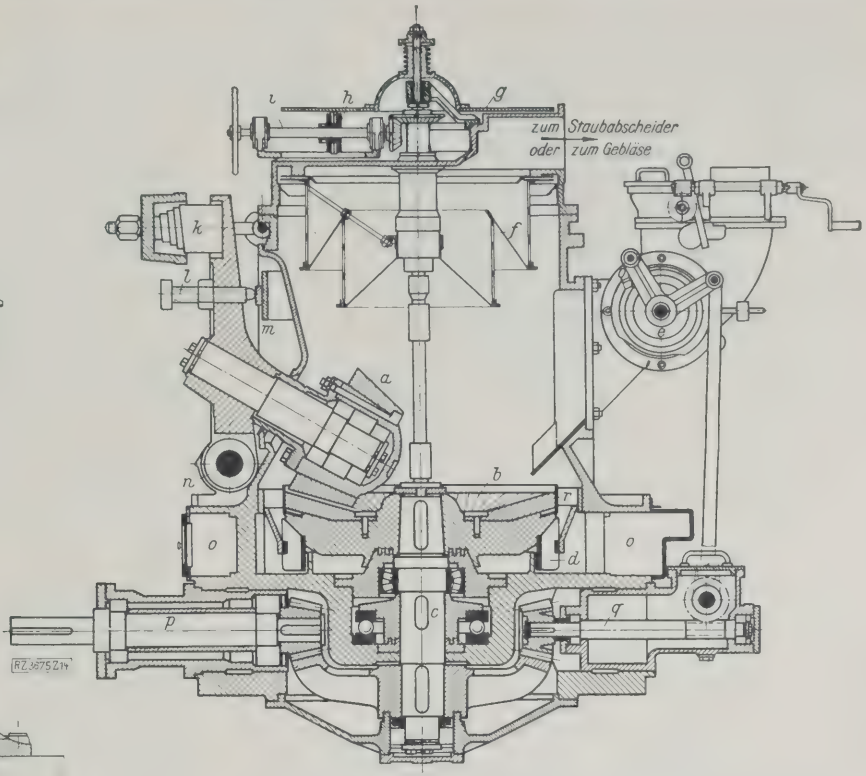



**Abb. 14.** Ringwalzenmühle mit Luftstromsichtung, Loesche-Mühle.

*a* Mahlwalze
*b* Mahlbahn
*c* Königswelle
*d* Leitschaufeln
*e* Zellenrad
*f* Drehsieb
*g*, *h*, *i* verstellbarer Reibradantrieb
*k* Evolutfeder
*l* Stellschraube
*m* Anschlag
*n* Bolzen
*o* Rückluftkanal
*p*, *q* Vorgelegewellen
*r* verstellbarer Aufsatzring

war, ein scharfes Trocknen mit darauffolgendem „Auflösen" (Zerstäuben) der wieder festgewordenen Masse bedingte. Es hat nun, soweit die bisherigen Ergebnisse ein Urteil gestatten, den Anschein, als wäre die vor kurzem auf den Plan getretene Hildebrandt-Mühle dazu berufen, die umständliche Naßaufbereitung durch eine rasch zum Ziele führende und daher weit billigere Trockenmahlung zu ersetzen.

Die Hildebrandt-Mühle, Abb. 15, besteht aus der Mahlschüssel *a*, der daran anschließenden Mahlbahn *b* und der Leitbahn *e*. Als eigentliche Mahlteile dient eine große Anzahl (1000 bis 100 000) Kugeln von 8 bis 15 mm Dmr., die bei der raschen Umdrehung von *a* den in der Abbildung angedeuteten Weg zurücklegen, wobei sie mit hoher Geschwindigkeit gegen *b* und über den Rand von *e* geschleudert werden und in der Minute Millionen von Schlägen gegen die Leitbahn *b* und das denselben Weg wie die Kugeln beschreibende Mahlgut vollführen, das von der Speisevorrichtung *g* herangebracht wird. Die zur Entfernung des fertigen Gutes aus dem Mahlraum dienende Luftstromsichtvorrichtung besteht aus dem Gebläse *h* mit dem Saugrohr *i*, dem Sichteraufsatz *k* und dem Abscheider *l* mit dem Absackstutzen *m*.

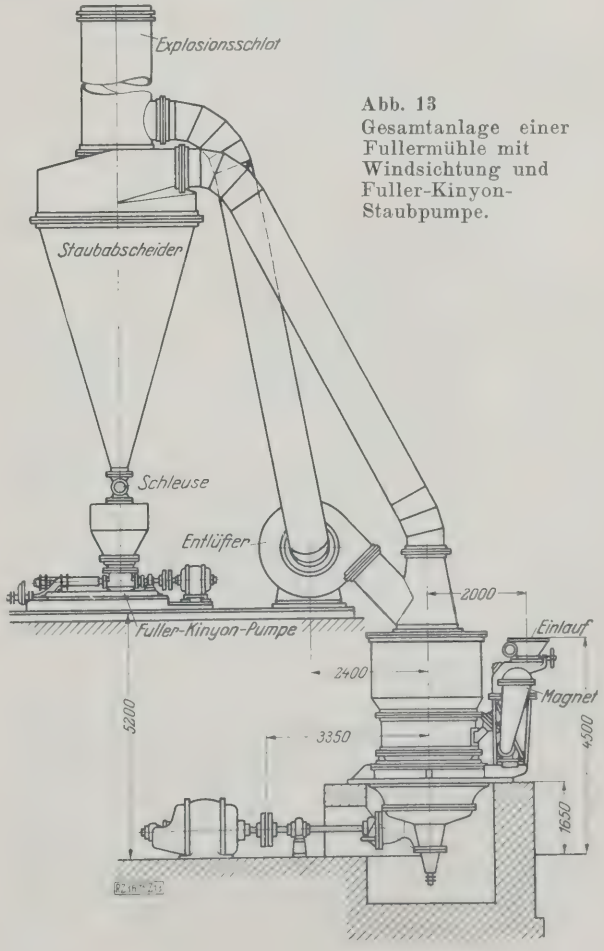



**Abb. 13**
Gesamtanlage einer Fullermühle mit Windsichtung und Fuller-Kinyon-Staubpumpe.

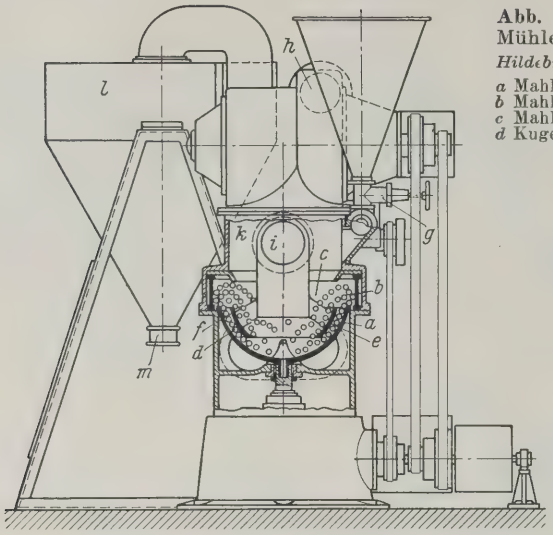



**Abb. 15**
**Mühle für feinste Vermahlung.**
*Hildebrandt-Zerkleinerung, G. m. b. H., Hannover-Wülfel.*

| | | |
|---|---|---|
| *a* Mahlschüssel | *e* Leitbahn | *i* Saugrohr |
| *b* Mahlbahn | *f* Führungsraum | *k* Sichteraufsatz |
| *c* Mahlraum | *g* Speisevorrichtung | *l* Staubabscheider |
| *d* Kugeln | *h* Gebläse | *m* Absackstutzen |

Mikroaufnahmen von auf einer Hildebrandt-Mühle vermahlenem Kohlenstaub und Schwerspat zeigen eine mittlere Korngröße von 2 bis 4 $\mu$ neben vielen feinere Teilchen, bis an die ultramikroskopische Grenze herab. Diese Feinheit, die sich, natürlich auf Kosten der Mengenleistung, noch steigern läßt, dürfte in vielen Fällen die Naßmahlung bereits entbehrlich machen.

Wie die Hildebrandt-Mühle unterwirft auch die „Kolloplex-Mühle", Abb. 16, das Mahlgut in der Zeiteinheit einer ungeheuren Anzahl von Schlägen, um es bis zur sogenannten „Unfühlbarkeit" und darüber hinaus aufzulösen. Sie ist ein Desintegrator mit einer feststehenden und einer umlaufenden Stiftscheibe, die Umfangsgeschwindigkeiten bis zu 150 m/s aufweist. Das Mahlgut wird mittels eines Streutellers gleichmäßig und in genau regelbaren Mengen zugeführt, gleitet über einen unterteilten Magneten in den Mahlraum und verläßt diesen an der untersten Ausfallöffnung des heiz- baren und auch kühlbaren Gehäuses. Die Kolloplex-Mühle ist nicht nur zur feinsten Zerstäubung aller Arten von Chemikalien, Füllstoffen für die Gummifabrikation, Kreide, Talkum, Schwefel usw., sondern auch zum innigen Mischen, zur Herstellung von Emulsionen und Extraktionen im Gebrauch, ist leicht auseinanderzunehmen und bequem zu reinigen.

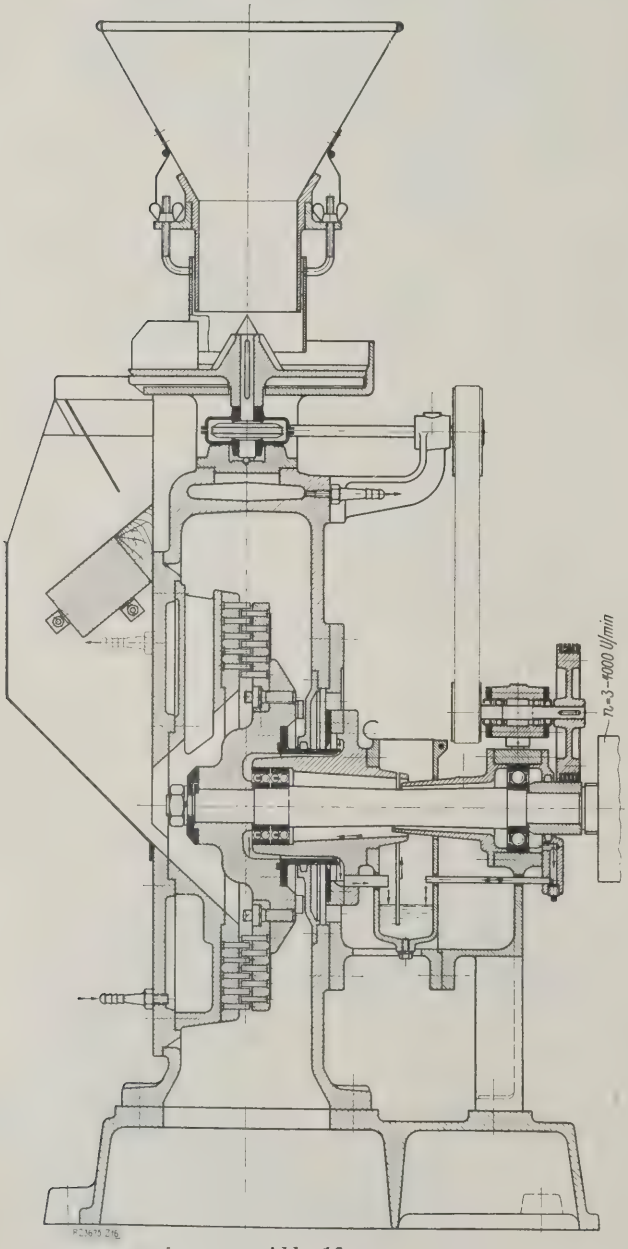



**Abb. 16**
**Kolloplex-Mühle für feinste Vermahlung.**
*Alpine Maschinenfabrik, A.-G, Augsburg.*

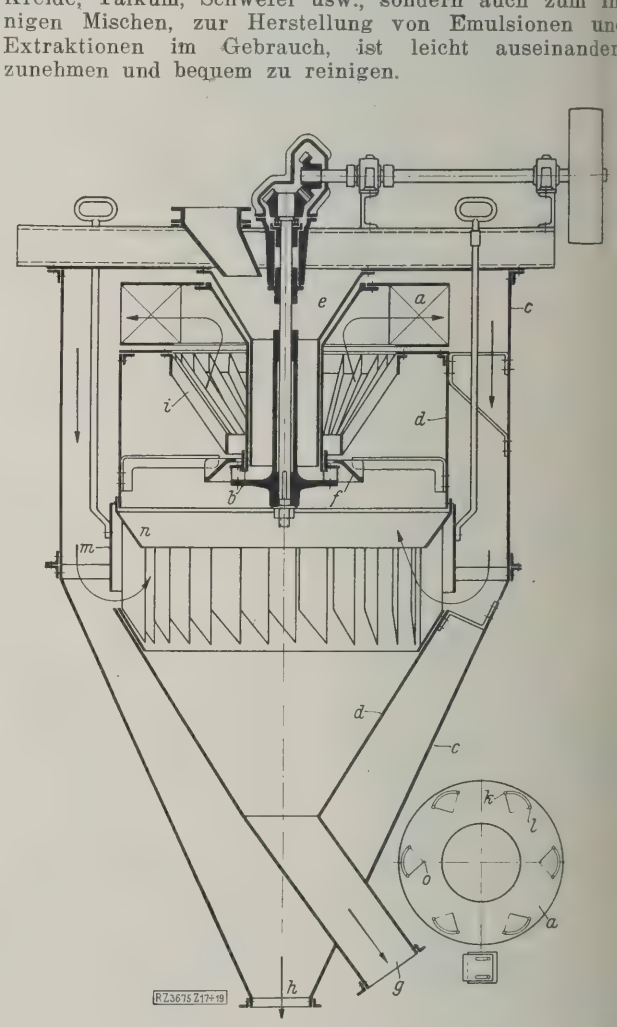



**Abb. 17 bis 19**
**Ventoplex-Sichter**

| | |
|---|---|
| *a* Gebläse | *h* Mehlauslauf |
| *b* Streuteller | *i* Kegelgitter |
| *c* äußeres Sichtergehäuse | *k, l* Stellflügel |
| *d* inneres " | *m* Ringschieber |
| *e* Einlauftrichter | *n* Grießkegel |
| *f* Anwurfring | *o* Drehpunkt |
| *g* Grießauslauf | |

### Windsichter

Die Aufgabe, den Feinheitsgrad des einem Windsichter entfallenden Mehles zu ändern, war bei Sichtern älterer Bauart durch das Auswechseln der Antriebriemenscheibe gegen eine größere oder kleinere nur unbefriedigend gelöst. Mit der Zu- oder Abnahme der Umfangsgeschwindigkeit des Windrades wuchs oder ermäßigte sich auch die des Streuteller; während nun die Zunahme in vielen Fällen unbedenklich erschien, führte die Abnahme, namentlich beim Sichten spezifisch leichter Stoffe, zum allmählichen Aufhören jeglicher Sichtwirkung, weil der langsamer laufende Streuteller nicht mehr imstande war, das Sichtgut mit der nötigen Geschwindigkeit gegen den Anwurfring zu schleudern und es gehörig aufzulockern.

Die Maschinenfabrik Gebr. Pfeiffer A.-G., Kaiserslautern, begegnete der Schwierigkeit in einfachster Weise dadurch, daß sie bei ihrem Feinwindsichter[8]) den Streuteller heb- und senkbar machte, so daß der Gutstrom, je nach Lage des Anwurfringes, mehr oder weniger abgelenkt wird und verschiedene Richtungen gegenüber dem Sichtluftstrom einnimmt. Das Heben und Senken kann während des Betriebes geschehen.

Bei dem „Ventoplex-Sichter", Abb. 17 bis 19, sind dagegen die Flügel des Gebläses verstellbar. Werden die um den Punkt *o*, Abb. 18, schwenkbaren Flügel in der Drehrichtung des Gebläses, d. i. von *k* nach *l*, gestellt, so wird das Erzeugnis feiner. Die Windflügel kann man auch verlängern, Abb. 19. Den Feinheitsgrad kann man durch den auch während des Betriebs verstellbaren Ringschieber *m*, Abb. 17, beeinflussen, wogegen man zum Verstellen der Windflügel den Betrieb unterbrechen muß.

[B 3675]

[8]) *C. Naske*, Zerkleinerungsvorrichtungen und Mahlanlagen. 4. Aufl. S. 220, Leipzig 1926.

---

## Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen[1])

Die heutige Technik kennt fast keine Konstruktion, bei der nicht dynamische Beanspruchungen auftreten. Bei diesen brechen die Werkstoffe aber schon viel früher als bei statischer Beanspruchung. Wir müssen deshalb mit der zulässigen Belastung weit unterhalb der Streckgrenze bleiben, wollen wir den Bruch unserer Konstruktionen verhüten. Nun verhalten sich die einzelnen Werkstoffe sehr verschieden; die einen haben bei gleicher Streckgrenze und Bruchfestigkeit eine verhältnismäßig hohe, andre wieder eine sehr geringe Dauerfestigkeit. Unser Ziel muß es sein, eine möglichst hohe Dauerfestigkeit zu erreichen.

In jüngster Zeit fanden amerikanische und deutsche Forscher, daß ähnlich wie bei statischer Beanspruchung unter Umständen auch bei dynamischer Beanspruchung eine Verfestigung möglich ist. Sie haben den Werkstoff „trainiert", indem sie durch langsames Steigern der Belastung die Dauerfestigkeit erhöhen konnten. Der höchste Belastungswert, der ohne Bruch erreicht werden konnte, wurde obere Dauerfestigkeit $\sigma_{Do}$ genannt im Gegensatz zur gewöhnlichen Dauerfestigkeit $\sigma_{Du}$, die der unverfestigte Werkstoff noch unendlich oft aushielt.

Die Erscheinungen der dynamischen Verfestigung bei unseren hauptsächlichsten Maschinenbaustoffen, den Stählen, näher kennen zu lernen, ist nun von großer Wichtigkeit. Eine eng damit zusammenhängende wichtige Frage ist die, wie kurzzeitige oder länger dauernde dynamische Überbelastungen, die doch bei jedem Maschinenteil vorkommen können, die Dauerfestigkeit beeinflussen, ob sie verfestigend oder festigkeitmindernd wirken.

Zur Untersuchung all dieser Fragen wurde zunächst der Versuch gemacht, den Vorgang der Verfestigung im Innern des Gefüges metallographisch zu verfolgen. Hierbei ließ sich aber mit den gebräuchlichen Mitteln keine Veränderung des Gefüges erkennen.

Daher wurde ein andrer Weg beschritten und die Veränderung der Werkstoffe mittels der Beobachtung des Verlaufs von Temperatur, Leistungsaufnahme und Durchbiegung verfolgt. Die Untersuchungen wurden mit einer *Schenckschen* Dauerbiegemaschine, zunächst an einem Weichstahl vorgenommen (0,14 C, $\sigma_B = 38{,}4$ kg/mm², $\sigma_S =$ 23 kg/mm², $\sigma_{Du} = 20$ kg/mm²). Die wesentlichsten Versuchsergebnisse wurden dann noch bei einigen andern Werkstoffen nachgeprüft.

[1]) Auszug aus *W. Wiß*, Doktorarbeit Techn. Hochschule Darmstadt 1929.

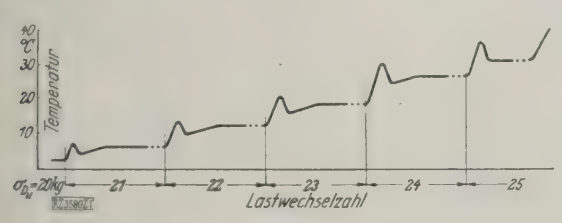



**Abb. 1**
Temperaturverlauf mit der Zeit bei Laststeigerungen im Dauerversuch. Laststeigerung 1 kg/mm² nach jeweils $5 \cdot 10^6$ Lastwechsel.

### Verfestigung der Probe beim Dauerversuch

Die Versuche ergaben hierbei tatsächlich, daß sich die Dauerfestigkeit bei den verschiedenen Stählen unter der Dauerfestigkeit unterworfen und die Belastung jeweils nach fünf Millionen Lastwechseln um 1 kg/mm² gesteigert Die Temperatur stieg zuerst um einige Grad, sank dann aber sofort auf einen sich gleichbleibenden geringeren Wert zurück. Hierauf stieg sie ganz langsam wieder an, um allmählich in einen gleichbleibenden Zustand überzugehen, Abb. 1. Dieser Vorgang wiederholte sich jeweils nach jeder neuen Laststeigerung.

Die Versuche ergaben hierbei tatsächlich, daß sich die Dauerfestigkeit bei den verschiedenen Stählen unter Umständen weitgehend erhöhen läßt. Bei dem Weichstahl stieg sie z. B. von 20 kg/mm² auf 24 kg/mm², also um 20 vH, bei einem mittelharten Kohlenstoffstahl mit 0,5 C, $\sigma_B = 67{,}4$ kg/mm², $\sigma_S = 44{,}6$ kg/mm² von 34 auf 37 kg/mm². Zugleich konnte festgestellt werden, daß mindestens zehn Millionen Lastwechsel aufgebracht werden müssen und daß man möglichst schon unterhalb von $\sigma_{Du}$ beginnen muß, wenn aus dem Werkstoff alle Verfestigungsfähigkeit herausgeholt werden soll.

### Verfestigung der Probe beim Kurzversuch

Hierauf wurde die Verfestigung im Kurzversuch vorgenommen, d. h. die Belastung wurde jeweils schon nach 50 000 und noch weniger Lastwechseln um 1 kg/mm² erhöht. Indem die Zahl der jeweils ausgeübten Lastwechsel in weiten Grenzen verändert wurde, konnte der Einfluß der Verfestigungsgeschwindigkeit auf die Lebensdauer sowie auf die erreichte Höchstlast festgestellt werden, wobei unter Lebensdauer diejenige Zahl von Schwingungen verstanden wird, die der Werkstoff vom Versuchsbeginn bis zum Bruch aushält, Abb. 2. Je langsamer nun die Belastung gesteigert wurde, um so größer war die Lebensdauer, um so geringer aber auch die erreichte Höchstlast. Bei jeder Höherbelastung erfolgte, sofern sie nicht zu schnell nach der vorhergehenden aufgebracht wurde, wieder eine Rückbildung der durch die Spannungen verursachten Temperatur- und Leistungserhöhungen: Zuerst schneller Anstieg, dann Zurückpendeln und Annäherung an einen Festwert. Dieses Auf und Ab im Zustandsverlauf wurde besonders deutlich von dem Gebiet der oberen Dauerfestigkeit an, Abb. 2; unterhalb dieses Belastungsgebietes hatte der Werkstoff entsprechend schneller den Weg zur Verfestigung gefunden. Da zur vollständigen Verfestigung sehr viele Schwingungen erforderlich sind, erhöhte sich, wie schon gezeigt, die Lebensdauer mit der Zahl der bei der Verfestigung ausgeübten Schwingungen; anderseits ließen sich durch schnelleres Hochgehen mit der Belastung höhere Bruchlasten erzielen. So erreichte z. B. ein Probestab, dessen Belastung nach je 10 000 Lastwechseln um 1 kg/mm² erhöht wurde, eine Lebensdauer von $0{,}42 \cdot 10^6$ Lastwechseln und eine Höchstlast von 30,2 kg/mm², ein andrer, der nur nach je 45 000 Lastwechseln um 1 kg/mm² höher beansprucht wurde, $1{,}47 \cdot 10^6$ Lastwechsel und 28,9 kg/mm².

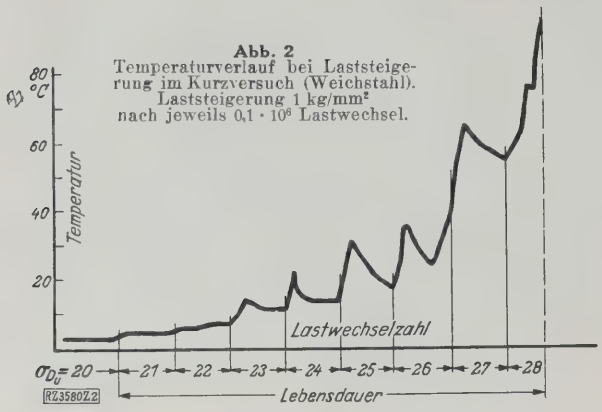



**Abb. 2**
Temperaturverlauf bei Laststeigerung im Kurzversuch (Weichstahl).
Laststeigerung 1 kg/mm²
nach jeweils 0,1 · 10⁶ Lastwechsel.

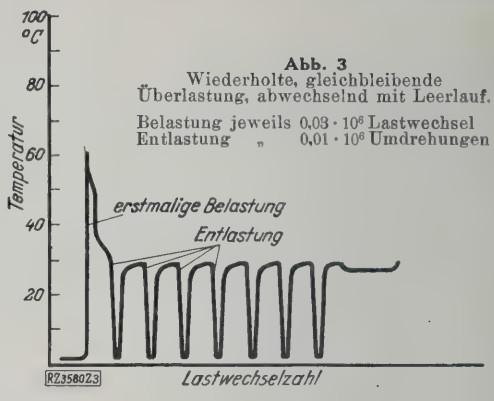



**Abb. 3**
Wiederholte, gleichbleibende Überlastung, abwechselnd mit Leerlauf.
Belastung jeweils 0,03 · 10⁶ Lastwechsel
Entlastung „ 0,01 · 10⁶ Umdrehungen

### Versuche mit vorbeanspruchtem Werkstoff

Wenn der Werkstoff nicht in jungfräulichem, sondern in vorbeanspruchtem Zustand steigender Belastung ausgesetzt („trainiert“) wurde, konnte keine so hohe Lebensdauer erreicht werden; sobald die Vorbeanspruchung nur wenig oberhalb von $\sigma_{Du}$ lag, hatte sich dieser schon verausgabt und demgemäß eine geringere Lebensdauer als der jungfräuliche Werkstoff. Dieser hat also, da er sich am wenigsten verausgabt hatte, die größte Lebensdauer, wenn er steigender Belastung ausgesetzt wird.

Die Wirkung einer beliebigen, wiederholt auftretenden Überlastung, zwischen der vollkommene Entlastung eintritt, hat, wie in längerer Untersuchung festgestellt werden konnte, ebenfalls einen verringernden Einfluß auf die Lebensdauer des Probestabes. Auch dieser Belastungsfall tritt in der Praxis häufig ein. Man denke nur an die ruckartigen Beanspruchungen bei Fahrzeugen und häufig anlaufenden Fördermaschinen. Es zeigte sich, daß die Lebensdauer, wenn man nur die Belastungszeit rechnete und die Leerlaufzeit abzog, verringert war, da die Verfestigung immer wieder unterbrochen wurde. Im übrigen ergab sich derselbe Zustandsverlauf wie bei stetiger Beanspruchungsart: Anstieg auf einen Höchstwert anschließend Rückbildung von Temperatur und Leistung, Abb. 3, bei stetig ansteigender Belastung, die durch Entlastung periodisch unterbrochen wurde, ein immer schnelleres Ansteigen, Abb. 4.

Wird der Werkstoff unter Beobachtung der Temperatur und Leistungsaufnahme bei verschiedenen Überlastungen zu Bruch gebracht (*Wöhlersches* Verfahren), so zeigte sich noch kurz unterhalb der oberen Dauerfestigkeit ein vollständiges Zurückgehen dieser Größen, nachdem die Spannungserhöhungen überwunden sind. Auch die Lebensdauer war hier noch ziemlich hoch (etwa eine halbe Million Lastwechsel), während sie oberhalb der oberen Dauerfestigkeit sehr stark abfiel. Auch die Rückbildung trat nicht mehr ein, sondern Temperatur und Leistungsaufnahme stiegen stetig bis zum Bruch an. Anscheinend war hier schon ein Zustand eingetreten ähnlich dem Fließzustand bei statischer Beanspruchung.

Wenn der Werkstoff einer beschränkten Zahl von Lastwechseln, z. B. 50 000 Schwingungen der Überlastung, ausgesetzt war und dann nur mit der Dauerfestigkeit beansprucht war, so ergab sich, daß eine solche befristete Überlastung sehr wohl ertragen werden konnte. So hatten z. B. bei einem Werkstoff mit 20 kg/mm² Dauerfestigkeit 200 000 Schwingungen bei 26 kg/mm² noch keinen Bruch verursacht. Der Probestab lief dann, mit der Dauerfestigkeit beansprucht, noch praktisch unbegrenzt weiter.

Von sonst noch untersuchten Stählen sind vor allem noch ein Silberstahl (1,2 vH C), sowie ein Chromnickelstahl (0,38 vH C, 1,75 vH Ni und 0,8 vH Cr) zu erwähnen. Bei diesen war der Temperatur- und Leistungsanstieg nach aufgebrachter Überlast viel gemäßigter als bei dem weichen Kohlenstoffstahl und dementsprechend auch die Rückbildung geringer, Abb. 5.

Von großem Wert war es nun, zu wissen, ob ein durch statische Kaltreckung bereits verfestigter Werkstoff auch dynamisch noch weiter verfestigt werden könnte. Hier zeigte sich, daß bei derartiger Beanspruchung die Dauerfestigkeit zwar erhöht wird, eine weitere dynamische Verfestigung aber nur in ganz geringem Maße möglich ist, weil der Werkstoff sich in seiner Verfestigung schon im voraus verausgabt hat. Weiter war wichtig, festzustellen, ob eine künstliche Alterung von kaltgerecktem Werkstoff die Dauerfestigkeit herabsetzt. Hierbei zeigte sich, daß die untere Dauerfestigkeit im Verhältnis zum gereckten Werkstoff nur wenig herabgesetzt wurde.

Die Untersuchungen lassen auch einige Schlüsse auf unsere theoretischen Ansichten über dynamische Beanspruchung zu. Vor allem ist eine Verfestigung durch Dauerbeanspruchung stets mit einer erhöhten Sprödigkeit erkauft. Der Werkstoff wird durch das Aufbrauchen der dämpfenden Kräfte sehr empfindlich gegen Überlastung. Die fortwährende innere Wechselbeanspruchung braucht die Kohäsionskräfte auf, so daß schließlich Lockerstellen entstehen, die zu Rißbildung und allmählich zum Bruch führen.

[M 3580]

Darmstadt Prof. Dr. *A. Thum* und Dipl.-Ing. *W. Wiß*

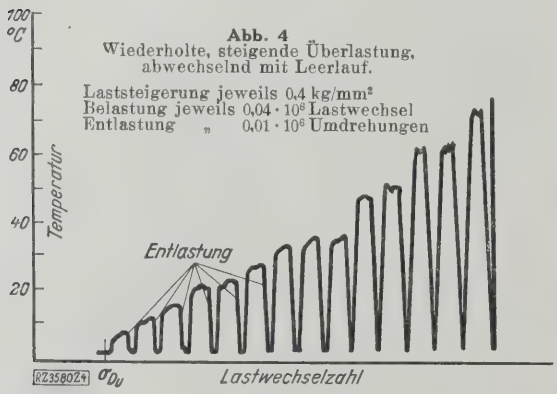



**Abb. 4**
Wiederholte, steigende Überlastung, abwechselnd mit Leerlauf.
Laststeigerung jeweils 0,4 kg/mm²
Belastung jeweils 0,04 · 10⁶ Lastwechsel
Entlastung „ 0,01 · 10⁶ Umdrehungen

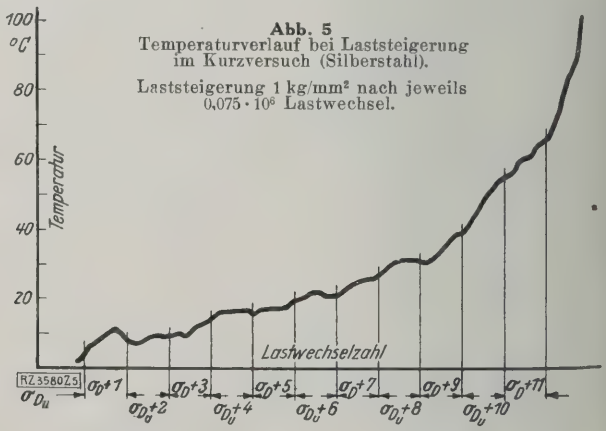



**Abb. 5**
Temperaturverlauf bei Laststeigerung im Kurzversuch (Silberstahl).
Laststeigerung 1 kg/mm² nach jeweils 0,075 · 10⁶ Lastwechsel.

# Schrappereinrichtungen für Unter- und Übertagebetriebe

*Von Dipl.-Ing. FR. PROCKAT, Berlin*

***Allgemeiner Aufbau von Schrapperanlagen. Anwendung von Schrappern und Schrappladern im Kali-, Steinkohlen- und Erzbergbau unter Tage und bei Braunkohlen- und Steinbruchbetrieben über Tage zur Bedienung von Lagerplätzen und Speichern für Schüttgüter.***

Abb. 1. Schrapper-Kratzgefäß.

Die wenig leistungsfähige und unwirtschaftliche Verladung und Bewegung von Schüttgütern in Förderwagen durch Arbeiter hat seit einigen Jahren im Untertagewie auch im Übertagebetrieb einer verschiedenartigen maschinenmäßigen Verladung und Förderung Platz gemacht[1]); davon hat diejenige mit Hilfe von Schrappereinrichtungen trotz ihrer erst kurzen Entwicklung wegen ihrer großen Einfachheit bereits eine gewisse Bedeutung erlangt. Grundsätzlich stellt die Schrapperförderung eine Nachahmung der Arbeit mit Kratze und Trog durch maschinenmäßig betriebene Kratzer dar, die das von ihnen gefaßte Haufwerk über eine ansteigende Ladebrücke in den Förderwagen oder ein sonstiges Abfördergefäß hineinziehen. Die ganze Vorrichtung besteht daher in der Hauptsache aus dem Kratzgefäß, dem eigentlichen Schrapper, Abb. 1, dem Schrapperhaspel mit zwei gegenläufig bewegten Seiltrommeln zum Hin- und Herbewegen des Kratzgefäßes, zwei Förderseilen als Zugorganen und einer schräg ansteigenden Verladebrücke, unter die im allgemeinen der zu beladende Förderwagen geschoben wird.

### Baueinzelheiten

Der Schrapper besteht in der allgemein angewendeten Ausführung aus einem Kasten ohne Deckel und Boden, dessen Rückwand je nach dem Zweck verschieden ausgebildet sein kann. Die runde Ausführung, Abb. 2, wendet man besonders bei kleinstückigem Haufwerk an, während man die eckige Ausführung, Abb. 3, die die sogenannte Schilderhausform des Kastens ergibt, bei grobstückigem Haufwerk benutzt. Der Vorteil dieser Form liegt in dem geringen Widerstand, den der Kasten beim Zurückziehen durch das Haufwerk erfährt. Eine weitere Verringerung dieses Widerstandes ist bei der Ausführung des Kastens mit doppelter Rückwand erreicht, Abb. 4, die sich besonders in Kaligruben bewährt hat.

Zur Verringerung ungleichmäßigen Kraftbedarfes, der dadurch entstehen würde, daß sich der Schrapper nach seiner Füllung unnötig weit ins Haufwerk eingräbt, ist an der Oberseite des Schrappers häufig ein Deckelblech angebracht, wodurch ein Schwimmen des Schrappers auf seiner Ladung bis zum Entleerungspunkte hin eintritt. Das Fassungsvermögen solcher Schrapper kann bis zu 5 m³ betragen; durchschnittlich wird man einen Füllungsgrad von 60 vH erreichen. Soll der Schrapper neben der eigentlichen Förderarbeit auch noch eine Gewinnungsarbeit leisten, so wird man, besonders bei zähem Gut (anstehende Braunkohle, Ton, feuchter Schlamm) an Stelle einer glatten Schneide den hinteren Kastenteil mit besonderen pflugscharartig wirkenden Messern versehen.

Der Schrapperhaspel, Abb. 5 und 6, besteht im allgemeinen aus zwei nebeneinander liegenden Seiltrommeln *a* zur Aufnahme des Zugseiles und des Leerseiles, die über ein Vorgelege *b* von einem Elektromotor *d* angetrieben werden. Auf den äußeren Bremskranz wirkt bei der Haspelausführung der Maschinenfabrik Schmidt, Kranz & Co., Nordhäuser Masch.-Fabrik A.-G., Nordhausen, das

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1313.

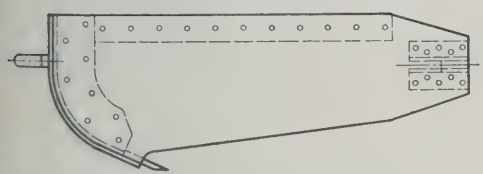


Abb. 2
Schrapper in runder Ausführung der Rückwand für kleinstückiges Haufwerk.

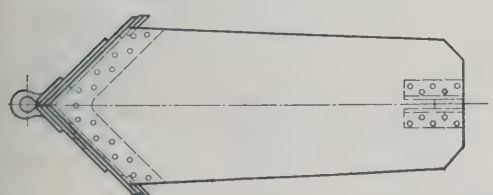


Abb. 3
Schrapper in eckiger Ausführung der Rückwand für grobstückiges Haufwerk.

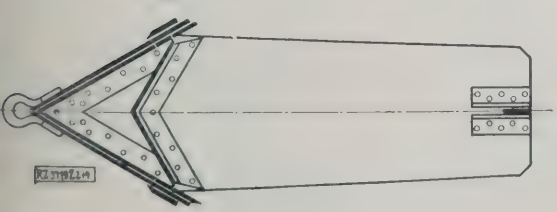


Abb. 4
Schrapper mit doppelter Rückwand für Kaligruben.

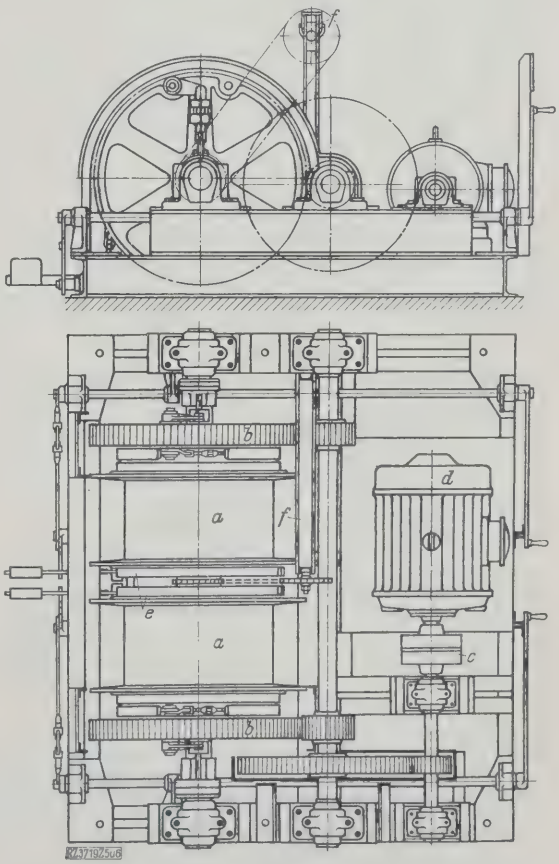



Abb. 5 und 6
Schrapperhaspel mit nebeneinanderliegenden Seiltrommeln und selbstschließender Bandbremse.

*a* Seiltrommeln
*b* Vorgelege
*c* nachgiebige Kupplung
*d* Elektromotor
*e* Bandbremse
*f* Streckenanzeiger

Bremsband je einer an den Trommelzahnrädern gelagerten Bandbremse, die vom Führerstand aus durch Handhebel angezogen werden kann und mit der die Trommeln von dem Zahnrad mitgenommen werden. Zur Überwachung des Fördervorganges ist der Haspel mit einem besonderen Streckenanzeiger *f* ausgerüstet, der von einer Trommel durch Kettenräder angetrieben wird.

Für die Schrapperförderung in engen Grubenräumen werden Haspel mit hintereinander liegenden Seiltrommeln, Abb. 7 und 8, gebaut. Der Schrapperhaspel wird im allgemeinen elektrisch oder auch durch Druckluft mittels Pfeilradmotoren angetrieben. Um die Leerlaufverluste beim Zurückziehen des Schrappers zur Füllstelle möglichst klein zu halten, wird zur Erreichung einer größeren Fördergeschwindigkeit die Leertrommel häufig mit größerem Durchmesser gebaut als die eigentliche Zugtrommel.

Für die Schrapperförderung benutzt man Längsschlagseile von mindestens 14 bis 18 mm Dmr. und etwa 130 kg/mm² Zerreißfestigkeit. Um auch von schräg liegenden Arbeitspunkten ein gleichmäßiges Auflaufen des Seiles auf die Seiltrommel zu gewährleisten, sind vor dem Schrapperhaspel besondere Wanderrollen als Seilführung angebracht. Die Bewegungsrichtung des Seiles wird durch Umlenkrollen, Abb. 9, mit aufklappbarem Bügel zum Einlegen des Seiles geändert. Bei diesen Umlenkrollen muß der freie Raum zwischen Seilrille und Bügel so groß gewählt werden, daß auch Seilknoten hindurchgehen können. Dagegen darf das Seil sich keinesfalls zwischen Lagerschilde und Seilrolle pressen können. Die mittlere Seilgeschwindigkeit beträgt etwa 1,5 m/s, bei höherer Geschwindigkeit tritt im Kalibetrieb im allgemeinen ein Springen des Schrappers über das Haufwerk ein, wobei dieser das bereits gefaßte Gut wieder verliert.

Das Seil unterliegt beim Schrapperbetrieb außerordentlichen Beanspruchungen. Die Frage der zweckmäßigsten Seilbauart ist augenblicklich besonders im Kalibergbau Gegenstand eingehender Untersuchungen. Der Seilverschleiß ist beim Leerseil etwa doppelt so groß wie bei dem Zugseil, da das Leerseil infolge der Führung über mehrere Umlenkrollen besonders stark beansprucht wird. Wenn auch bei Seilbruch das Seil schnell wieder geknotet oder gespleißt werden kann, so geben doch gerade die Knoten wieder Anlaß zu neuen Brüchen des Seiles.

### Kalibergbau

Der Schrapper hat sich im Kalibergbau unter Tage zum Leerfördern der großen Firsten wie auch zum Wiederverfüllen leergeförderter Firsten mit Bergeversatz als außerordentlich brauchbar erwiesen. Die allgemeine Anordnung einer solchen Schrapperanlage für den Kalibergbau unter Tage zeigen Abb. 10 und 11. Mittels des Schrappers mit 1,5 m³ Inhalt wird das hereingeschossene Haufwerk aus der First über eine schräg stehende Schurre unmittelbar in den Förderwagen gekratzt. Der Haspel wird hierbei häufig durch eine besondere Fernsteueranlage *b* bestätigt, die so angeordnet wird, daß der Bedienungsmann den Weg des Schrappers und auch den Zulauf der Förderwagen genau verfolgen kann. Die Leistung einer solchen Anlage mit einem feststehenden 40 kW-Haspel beträgt im Mittel 120 t in einer Schicht bei einer durchschnittlichen Förderlänge von 120 bis 150 m. Abb. 12 zeigt eine derartige Anlage auf dem Brügmanschacht der Wintershall-A.-G., Zweigniederlassung Glückauf, Sondershausen; in der Abbildung sind die Führungsrolle für die Seile und im Hintergrunde die schräg stehende Schurre mit dem Ausfalloch für das hoch gekratzte Salz sichtbar.

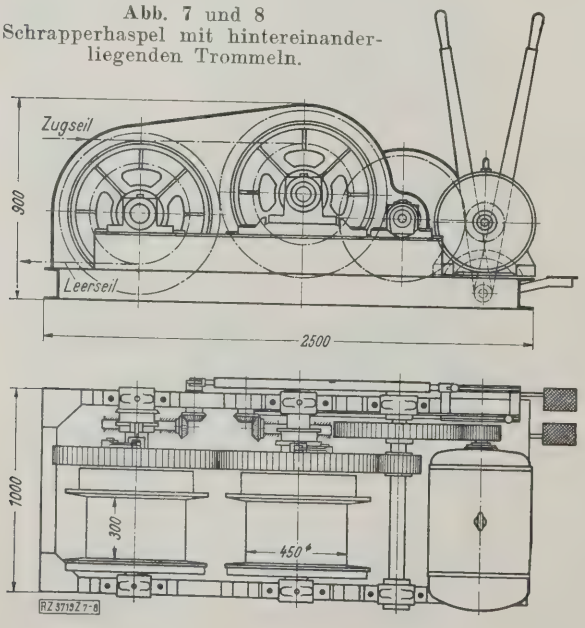



**Abb. 7 und 8**
Schrapperhaspel mit hintereinanderliegenden Trommeln.

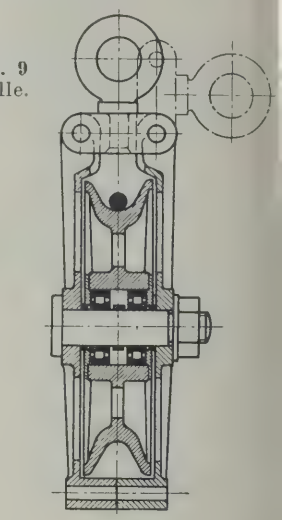
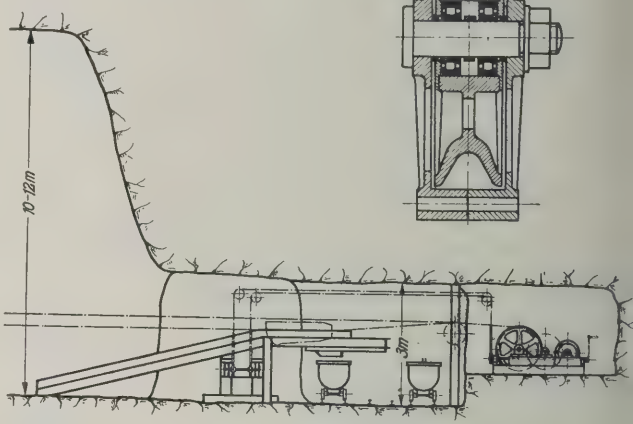
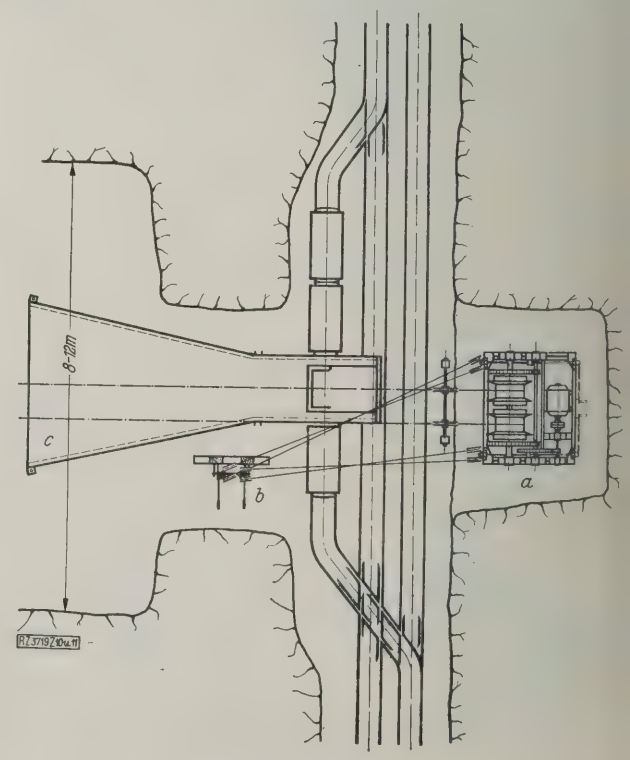


**Abb. 9**
Seilumlenkrolle.

**Abb. 10 und 11** (unten)
Schrapperanlage im Kalibergbau.
*a* Schrapperhaspel
*b* Fernsteuerung
*c* Schurre



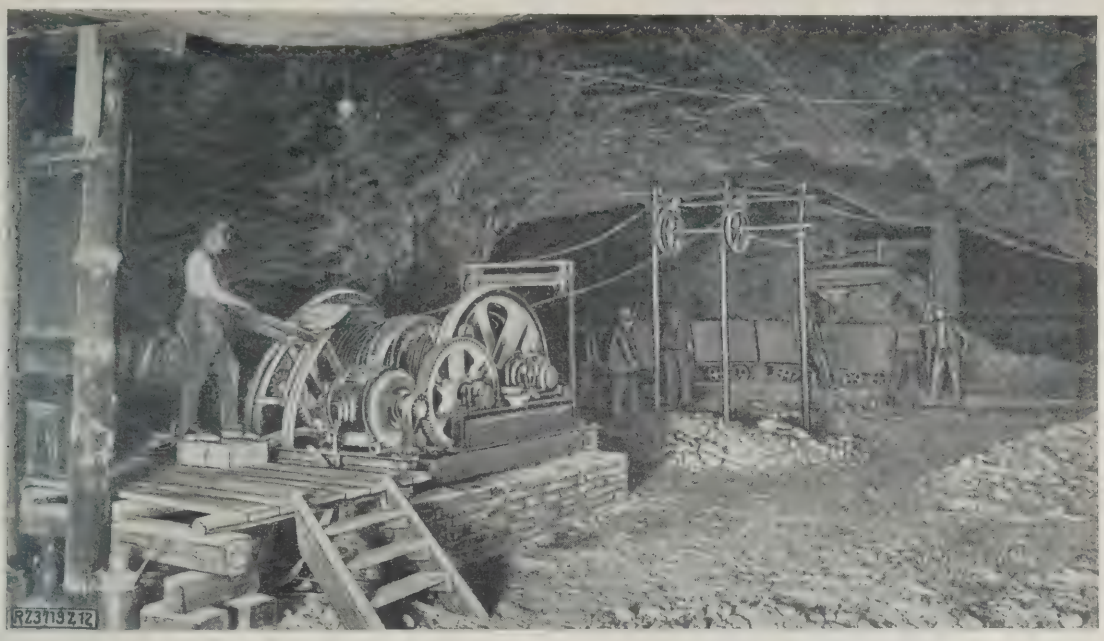


Abb. 12 Schrapperanlage auf dem Brügmanschacht der Wintershall-A.-G., Zweigniederlassung Glückauf, Sondershausen.

Für die Mechanisierung des Streckenvortriebes im Kali benutzt man fahrbare Schrapperlader, Abb. 13, bei denen der Haspel unmittelbar an die Schrägschurre mit einer waagerechten Abwurfplattform mit rechteckiger Öffnung angebaut ist. Das Schrappladergestell wird in Arbeitsstellung durch vier Schienenzangen fest mit dem Gleis verbunden. Der Vorteil dieser Art von Ladern ist, daß sie in einer Entfernung von 30 bis 50 m vom eigentlichen Gewinnungspunkte stehen und damit den Einwirkungen des Schießbetriebes entzogen sind. Allerdings ist nach jedesmaligem Schießen ein Versetzen der Seilumlenkrolle erforderlich. Zur restlosen Wegförderung des hereingeschossenen Haufwerkes mit dem Schrapper werden die Liegendschüsse so angesetzt, daß das gesamte Haufwerk möglichst vom Ortstoß weg- und dem Schrapper zufliegt.

### Steinkohlenbergbau

Im westfälischen Steinkohlenbergbau ist die Anwendung des Schrappers beim Strebbau mit breitem Blick in geringmächtigen Flözen versucht worden; hierbei hat sich trotz des stoßartigen Arbeitsvorganges beim Laden mit dem Schrapper in manchen Fällen eine gewisse Überlegenheit gegenüber dem Schüttelrutschenbetrieb[2]) herausgestellt.

Von besonderer Wichtigkeit ist im Steinkohlenbergbau die Möglichkeit eines schnellen Einbringens von Versatz in die ausgekohlten Grubenräume. Während mit Hilfe der Gewinnungsmaschine praktisch jede beliebige Verhiebgeschwindigkeit erzielt werden kann, wird durch den Versatz ein beschleunigter Abbau und damit eine Verkleinerung des Grubengebäudes durch Zusammenlegung der Betriebsorte verhindert. Die bisher bekanntgewordenen Versatzschleudern und Versatzstopfmaschinen haben sich wegen ihrer Größe und Empfindlichkeit trotz zahlreicher Versuche nicht recht einführen können. Dagegen scheint die Schrapperförderung eine Lösung der Versatzfrage zu ermöglichen, da bei ihr gleichzeitig die Schwierigkeiten der Heranförderung klebenden und nassen Haufwerkes wie Lehm oder Waschberge auf Rutschen in Wegfall kommen. Die Schrapperförderung stellt damit eine Vereinigung von Förderung und Versatzmaschine dar, die in gleicher Weise unabhängig vom Einfallen der Lagerstätte wie auch von der Art des Versatzgutes ist.

Die allgemeine Anordnung eines solchen Versatzbetriebes geht aus Abb. 14 und 15 hervor. Als größte Entfernung des Versatzgutes von der Kippstelle kommen praktisch 100 m in Frage. In einem mit 10 ° einfallenden Flöz von 1,8 m Mächtigkeit ergab sich eine Versatzleistung je Schicht von 200 bis 220 Wagen, entsprechend einer Schichtleistung von 35 Wagen mit 780 l Inhalt je Mann. Der Schrapper läuft belastet mit 1,8 m/s und auf dem Rückweg leer mit 2,8 m/s Geschwindigkeit. In einem andern Flöz von gleicher Mächtigkeit, jedoch einem Einfallen von 34 ° werden als mittlere Leistung bei sechsstündiger Arbeitzeit 250 Wagen angegeben. Die erforderliche Belegschaft setzt sich zusammen aus dem Haspelführer, drei Kippern und zwei Mann im Streb zum Ziehen einer Bergemauer und zum Rauben der Holzstempel.

Bei verschiedenen Anlagen auf westfälischen Gruben wird der Versatz vom Schrapper mit einer Stopf-

[2]) „Glückauf" Bd. 65 (1929) S. 922.

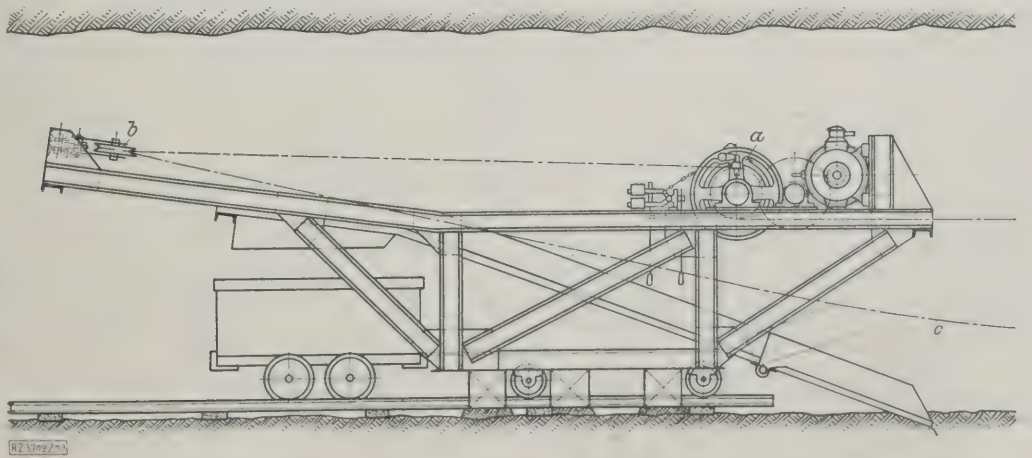



Abb. 13 Fahrbarer Schrapplader.
a Haspel
b Seilumlenkrolle
c Seil

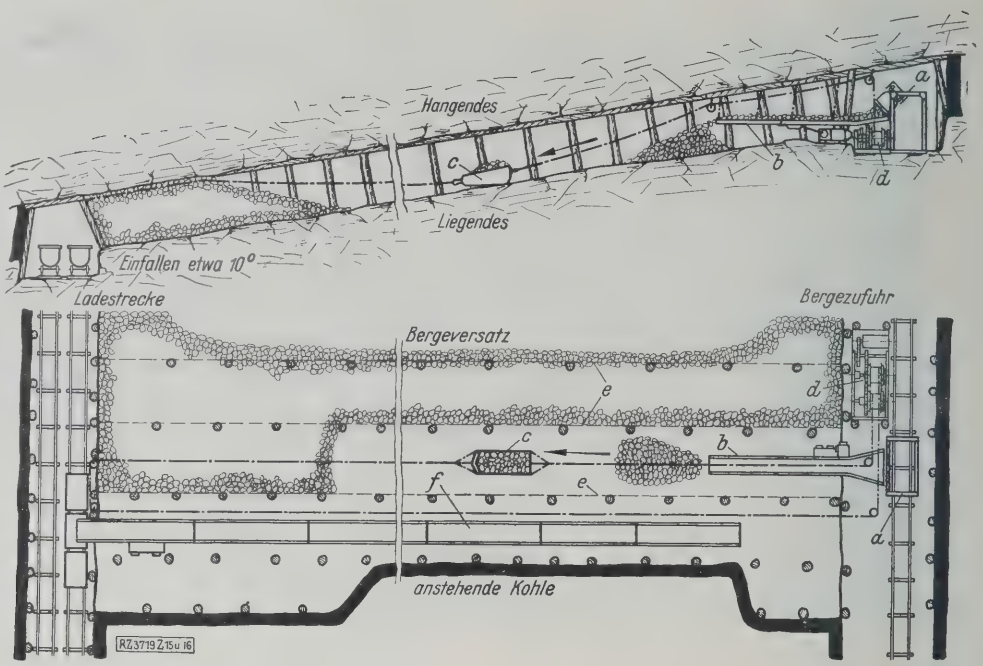



Abb. 14 und 15 Schrapperanlage für Bergeversatz bei Strebbau in flacher Lagerung.

a Hochkipper
b Hängerutsche
c Schrapper
d Haspel
e Versatzdraht
f Kohlenrutsche

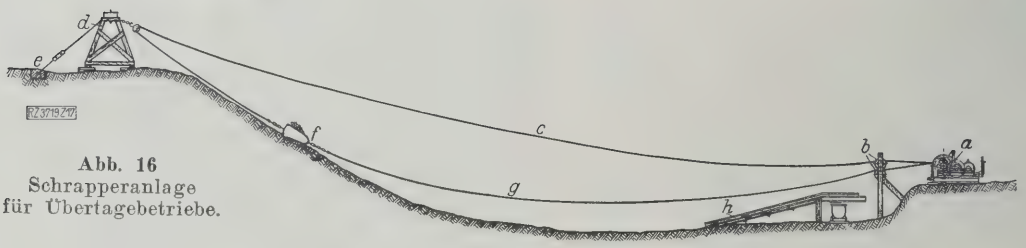



Abb. 16 Schrapperanlage für Übertagebetriebe.

a Haspel
b Rollenbatterie
c Leerseil
d Rollenbock
e Verankerung
f Schrapper
g Zugseil
h Schurre

kraft von 3 t zusammengeschoben und infolgedessen vorzüglich tragfähig. Hieraus ergibt sich allerdings auch eine Erhöhung des Bedarfes an Versatzgut von 25 bis 30 vH. Bei der Anwendung des Schrapperversatzes liegen die Schwierigkeiten nicht mehr wie bisher bei der eigentlichen Versatzarbeit als vielmehr in dem Heranschaffen der erforderlichen Bergemengen bis zum Streb.

Zusammenfassend kann man sagen, daß das Versetzen mittels Schrapper eine wesentliche Ersparnis an Leuten bringt und dadurch und durch die Möglichkeit, jedes beliebige Haufwerk zum Versatz zu verwenden und gegebenenfalls auch aufwärts zu fördern, eine Verbilligung des Versatzbetriebes herbeiführt. Durch Anwendung der Schrapperarbeit im Versatz kann die Möglichkeit geschaffen werden, Schüttelrutschenabbaue mit bisher einschichtiger Kohlenförderung in zwei Schichten laufen zu lassen und hierdurch den Abbaufortschritt zu beschleunigen.

### Erzbergbau

Die Schrapperförderung ist nicht nur auf spezifisch leichtes Haufwerk wie Salz und Kohle beschränkt, sondern sie wird auch bei spezifisch schwerem Erzhaufwerk angewendet. Auf der Schwefelkiesgrube in Løkken, Norwegen, werden beim Streckenvortrieb im Schwefelkies bei zwei Mann Bedienung 120 t je Schicht mit einem Schrapplader gefördert und in 5 t fassende Grubenwagen verladen. So hat man z. B. in einer Eisensteingrube, in der erdiger, toniger Eisenstein mit einem spezifischen Gewicht von etwa 3 gewonnen wird, Schrapper benutzt. Als Abbau steht Pfeilerbau in Anwendung, wobei aus jedem der 3 m hohen Pfeiler etwa 1000 t Eisenstein gewonnen werden. Es sollen hierbei zur Bedienung von drei nebeneinanderliegenden Kammern von je 6 m Breite und 30 m Länge drei Schrapper verwendet werden. Es wird dagegen nur ein Förderseil gebraucht, das je nach Bedarf mit einem der drei Schrapper verbunden wird. Der Haspel bleibt während der ganzen Abbauzeit der drei Kammern ortfest stehen.

### Übertagebetrieb

Im Übertagebetrieb werden besonders in den Vereinigten Staaten von Nordamerika Schrapper für die verschiedenartigsten Arbeitsgebiete benutzt. Einen besonderen Vorteil bilden hierbei die großen Reichweiten der Anlagen und die Möglichkeit einer Hochförderung, die den Bau besonderer schiefer Ebenen oder Brückenkonstruktionen unnötig macht. Seilspannweiten von 150 bis 200 m sind gebräuchlich. Der Schrapper *f*, Abb. 16, wird hierbei durch das Zugseil *g* auf eine aus Holz oder Eisenblech aufgebaute Schrägrampe *h* gezogen, von wo das Gut gewöhnlich unmittelbar in den Förderwagen oder auch einen Lastkraftwagen fallen kann. Die Seile werden vor dem Haspel *a* in einer Rollenbatterie *b* geführt, so daß der Schrapper an den verschiedensten Stellen der Lagerstätte angesetzt werden kann. In dieser einfachen Form erscheint der Schrapper für die verschiedensten Verwendungszwecke in wirtschaftlicher Weise anwendbar.

Im Braunkohlen-Tagebaubetrieb wird er nicht nur zum Wegräumen von Sandnestern und zum Putzen des Flözhangenden an Stelle einer größeren Zahl von Arbeitern verwendet, sondern er steht bei ungünstigen Lagerungsverhältnissen auch zur Gewinnung der Kohle selbst erfolgreich im Betrieb. Neben der Gewinnung von Ton aus Tongruben erscheint der Schrapper auch bei Aufbereitanlagen zum Ausräumen von Klärteichen geeignet, die bisher in kostspieliger Handarbeit entleert wurden.

Die wirtschaftlichen Vorteile des Schrapperbetriebes gehen aus folgendem Beispiel hervor: In dem Kalkbruch auf der Feuerkuppe des Kalkwerkes Wolkramshausen wurden bei Handförderung 100 t brauchbarer grobstückiger Kalkstein mit 14 Mann je Schicht gefördert. Nach Umstellung auf Schrapperbetrieb wurde die gleiche Leistung mit 5 Mann erreicht. Der Förderweg des 1,5 m³ fassenden Schrappers beträgt 50 m, die Fördergeschwindigkeit 1 m/s. Die Gesamtleistung des

Abb. 17
Schrägschurre mit Stangenrost.

:hrappers beträgt 200 t je Schicht. Da bei dem Schrap-
'rbetrieb ein Aushalten des nicht brauchbaren Fein-
ıtes nicht möglich ist, muß das geschrappte Haufwerk
ɔch gesiebt werden. Das Haufwerk gelangt von der
:hrägschurre auf einen Stangenrost, auf dem das Feine
ɔgesiebt und von einer Schüttelrutsche unmittelbar auf
:alde gestürzt wird, Abb. 17. Die zurückbleibenden
roben Stücke fallen von hier aus in den Förderwagen.

Eine weitere Gruppe von Anwendungsmöglichkeiten
at der Schrapper bei Förderung von Schuttgütern auf
:alden und Lagerplätzen. Besonders bei Kohlenlager-
lätzen macht sich die Eigenschaft des Schrappers, daß
:agerplätze von beliebiger Gestalt bedient werden kön-
en, vorteilhaft bemerkbar[3]). Ebenso wie für die Her-
tellung von Baugruben ist der Schrapper mit Vorteil
uch zur Entfernung der Asche in einem Kesselhaus er-
ɔlgreich in Gebrauch[4]). Zur Verbreiterung von Halden
enutzt man gleichfalls den Schrapper. So wurde eine
Rückstandhalde der Gewerkschaft Volkenroda in Men-

[3]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 37 S. 1325.
[4]) Wärme, Bd. 52 (1929), Nr. 40, S. 777, Porr Plaut Engineering. d. 33 (1929), S. 802.

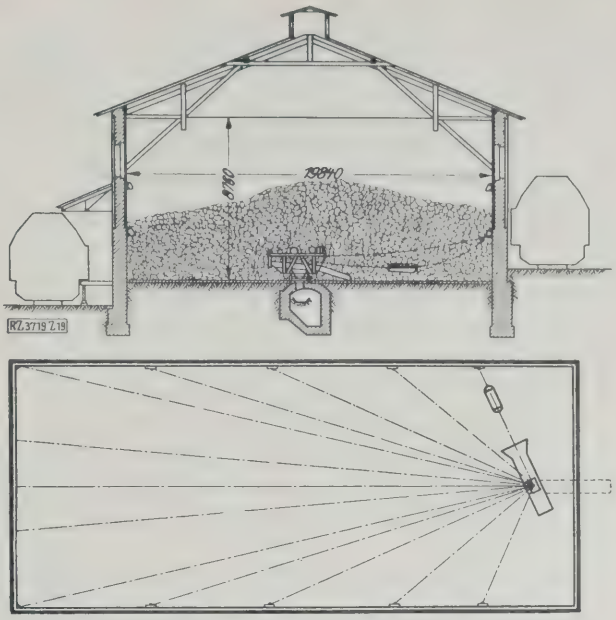



Abb. 18 und 19
Fahr- und drehbare Schrapplader im Speicher.

teroda durch einen Schrapper von 2 m³ Fassungsvermögen verbreitert. Die Entfernung zwischen Haspel und Seilumlenkrolle betrug 200 m.

Auch für Kalispeicher hat sich die Anwendung von fahr- und drehbaren Schrappladern als wirtschaftlich erwiesen. Bei der Anlage, Abb. 18 und 19, hat der drehbare Schrapplader in der Mitte einen Abwurftrichter, von wo aus das durch den Schrapper herangezogene Kalisalz auf ein unter dem Salzschuppen herlaufendes Förderband fällt. Zur Umlenkung des Seiles befindet sich am Schrapplader eine fest verlagerte Seilrolle. An der andern Seite wird eine Seilrolle an den Ösen eines U-Eisen-Rahmens, der an den Wänden des Salzschuppens verankert ist, aufgehängt. Der Schrapper hat Kastenform mit einseitiger harter Manganstahlschneide und 0,8 m³ Fassungsvermögen. [B 3719]

## Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive

### Zuschrift

Der Aufsatz von *W. Bauer* in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 39 . 1398 enthält einen Vergleich zwischen Caprotti- und entz-Ventilsteuerung, zu dem ich mir folgende Bemerkungen erlaube:

Die Zahlentafel 1 S. 1400 bezieht sich offenbar auf eine eraltete Lentz-Ausführung[1]). Die Schnellzuglokomotive eihe 214 der Oesterr. Bundesbahnen[2]) mit neuer Lentz-Wälzhebelsteuerung erreicht bei 10 vH Zylinderfüllung 5 mm Ventilhub und bei 5 vH noch 5,5 mm, während *Bauer* n seinem Beispiel 4 mm und 1,5 mm anführt. Diese Werte nd überholt. Auch die österreichische kleine Lokalbahnɔkomotive, Reihe 378,50, weist bei 10 vH noch 6,5 mm entilhub auf. Es ließen sich ohne Schwierigkeit die doppelten Hübe erreichen, doch hielt ich dies für überflüssig.

Die angeführte Kohlenersparnis auf den österreichihen Bundesbahnen stammt aus kurzen Paradeversuchen nd hat sich in zweijähriger Betriebsdauer als unhaltbar rwiesen. Tatsächlich fahren Lokomotiven mit Caprotti-

[1]) Die falsche Schreibweise „Lenz-Ventilsteuerung" in dem anezogenen Aufsatz ist infolge eines Druckfehlers entstanden. Es muß so richtig heißen: „Lentz-Ventilsteuerung". Die Schriftleitung.
[2]) s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 13 S. 441.

steuerung auf der österreichischen Ostbahnstrecke im gleichen Dienst wie solche mit Lentzsteuerung und erfordern nur wenig kleinere Füllungen, obwohl die Lokomotiven mit Lentzsteuerung veralteter Bauart sind. Leistungen und Verbrauchzahlen sind praktisch gleich. Gute Kulissensteuerungen liefern bei 10 bis 15 vH Füllung ausgezeichnete Dampfschaubilder, doch sind derartig kleine Füllungen im Dauerbetrieb ungünstig. Sie geben unruhigen Gang, vergrößern Abnutzung und Laufwiderstand und erschweren die Feuerhaltung. Diese alte Erfahrung hat sich an den österreichischen Caprottilokomotiven voll bestätigt; auch sie werden mit nicht unter 20 vH Füllung gefahren. Nicht die Kohlenersparnis, sondern die Gesamtwirtschaftlichkeit ist maßgebend. Die von *Bauer* gezeigten Dampfschaulinien der Caprottisteuerung lassen die gleichbleibende Verdichtung erkennen, die den Anforderungen des Lokomotivbetriebes zuwiderläuft. Leider wird sie manchmal für erwünscht gehalten, und so sei erwähnt, daß eine Lentzsche Sonderausführung jede beliebige, auch gleichbleibende Verdichtung ermöglicht.

Bei aller Wertschätzung des genialen Gedankens *Caprottis* und in der Erkenntnis, daß die Welt groß genug ist, um mehrere Steuerungssysteme leben zu lassen, sollen diese Bemerkungen doch eine Überschätzung der erwähnten Vergleiche verhüten. [D 3685]

New York, Ver. St. v. A. Dr.-Ing. *A. Giesl-Gieslingen*

# RUNDSCHAU

## Aus dem Ausland

### Eisenbahnwesen

#### Diesel-elektrische Triebwagen

Auf der Appenzellerbahn wurden kürzlich zwei Dieseltriebwagen, Abb. 1 bis 3, in Betrieb genommen, die von der Firma Gebrüder Sulzer, A.-G., Winterthur, entworfen wurden; diese lieferte auch die Dieselmotoren mit Zubehör, die elektrische Ausrüstung dagegen die Maschinenfabrik Oerlikon und den mechanischen Teil die schweizerische Industriegesellschaft Neuhausen. Die Triebwagen können bergauf bis zu drei, bei der Talfahrt bis zu acht vierachsige Anhängewagen mitführen.

**Die Maschinenanlage**

Mit dem sechszylindrigen Viertakt-Dieselmotor mit Vorkammer, Bauart Sulzer, ist ein Gleichstromerzeuger unmittelbar gekuppelt, Abb. 4. Die Dauerleistung des Motors beträgt bei 775 U/min 250 PS. Für geringere Leistung kann die Drehzahl auf 625 U/min vermindert werden. Der Brennstoff wird mit etwa 100 at eingespritzt. Die Br stoffzufuhr kann mittels einer durch Druckluft und elektri betätigten Vorrichtung vom Führerstand aus abgest werden, um den Dieselmotor z. B. in Gefällen stillzuset Kennzeichnend ist das Verfahren zum Anlassen des Die motors vom Führerstand aus mittels eines Handschalt wobei der mit dem Dieselmotor gekuppelte Stromerzeu Strom von einer Sammlerbatterie erhält und so als Reih schlußmotor den Dieselmotor antreibt. Das Anlas dauert nur einige Sekunden.

Die im Triebgestell untergebrachten Elektromoto sind in Ward-Leonard-Schaltung geschaltet, bei der Dieselmotor mit einer unveränderlichen Drehzahl und dem wirtschaftlichsten Brennstoffverbrauch unter prakti gleichbleibender Belastung unabhängig von der Fahr schwindigkeit arbeitet. Die Elektromotoren übertragen doppelter Zahnradübersetzung die Bewegung auf je e Treibachse. Zum Regeln der Zugkraft und der Geschw digkeit des Fahrzeugs ändert man die Spannung des Str

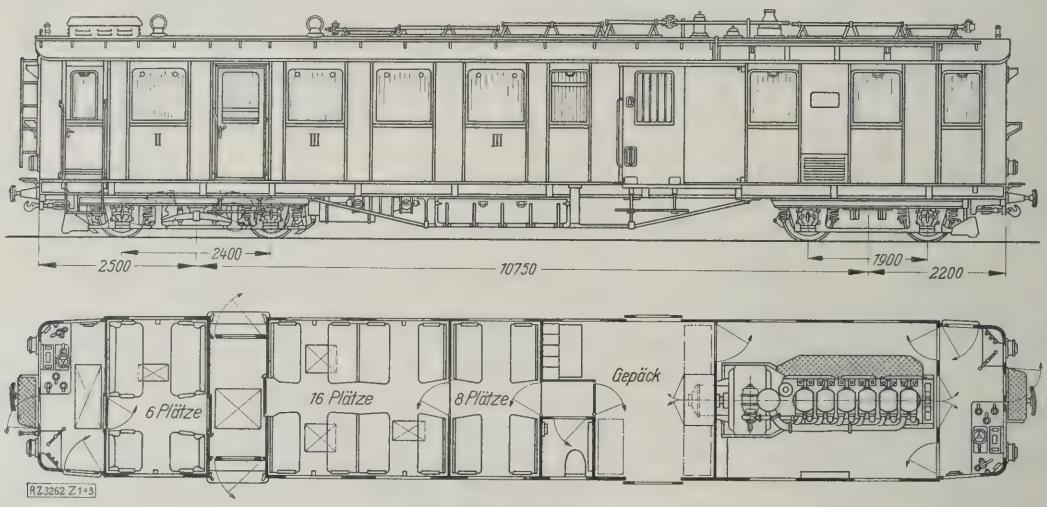



**Abb. 1 bis 3** Diesel-elektrischer Triebwagen für die Appenzeller Bahn.

Die Hauptkonstruktionszahlen der Triebwagen sind folgende:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Spurweite | 1000 mm | Anzahl der Triebmotoren | 2 | Stundenzugkraft am Radumfang bei 25 km/h Fahrgeschwindigkeit | 2000 kg |
| Dienstgewicht | 32 t | Übersetzungsverhältnis | 1 : 7.5 | Höchstzugkraft am Radumfang | 5000 „ |
| Reibungsgewicht | rd. 16 „ | Treibrad-Dmr. | 722 mm | Streckenverhältnisse: | |
| Treibachsdruck | 7,8 „ | Laufrad-Dmr. | 722 „ | Kleinster Krümmungshalbmesser | 90 m |
| Laufachsdruck | 8,2 „ | Anzahl Sitzplätze 2. Klasse | 6 | Größte Steigung | 37 vT |
| Normales Zuggewicht | rd. 74 „ | „ 3. „ | 24 | Streckenlänge | 26 km |
| Dauerleistung des Dieselmotors bei 775 U/min | 250 PS | Gepäckraum (mit 10 Notsitzen) | rd. 5,2 m² | Höhenunterschied zwischen dem Talbahnhof (Gossau) und dem Scheitel | rd. 265 m |
| desgl. bei 625 U/min | 200 „ | | | | |

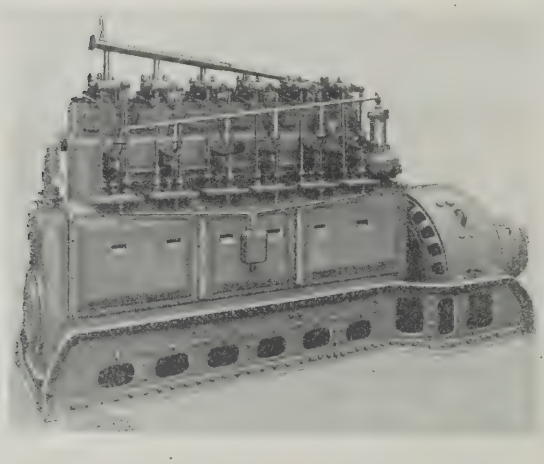


**Abb. 4** Sechszylinder-Viertaktmotor mit Stromerzeuger zum Dieseltriebwagen.

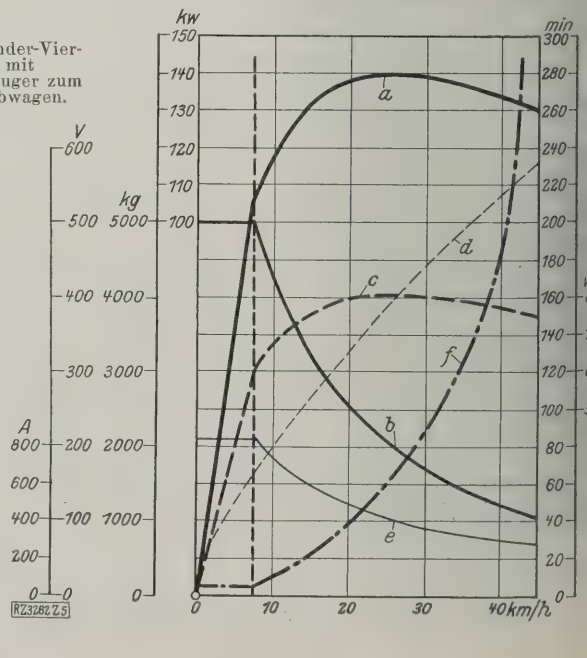



**Abb. 5** Schaulinien der elektrischen Übertragung der Dieseltriebwagen der Appenzeller Bahn.

*a* Motorleistung in kW am Triebrad
*b* Zugkraft in kg am Triebradumfang
*c* Gesamtwirkungsgrad in vH
*d* Klemmenspannung in V
*e* Stromstärke in A
*f* Zeit in min, während der die Zugkraft abgegeben werden kann, die der vollen Dieselmotorleistung (184 kW + 10 kW für Hilfsbetriebe) entspricht
Drehzahl des Dieselmotors 775 U/min

ugers in 14 Stufen von 0 bis 600 V mittels der Erregung. bei benutzt man bei den ersten Fahrstufen nur reine nderregung mittels Batteriestrom, bei den höheren rstufen außerdem zusätzliche Selbsterregung. Um mögst hohe Wirtschaftlichkeit bei Voll- und Teillast zu erzen arbeitet der Dieselmotor, wie bereits erwähnt, mit i verschiedenen Drehzahlen. Nach den Schaulinien für der vollen Dieselmotorleistung entsprechende Drehzahl, b. 5, beträgt die Höchstleistung der Elektromotoren rund kW. Die entsprechende Fahrgeschwindigkeit beträgt km/h und stellt die zur Stundenleistung gehörige Gewindigkeit dar. Die Triebmotoren sind als vierpolige zenlagermotoren ausgeführt und können einzeln außer rieb gesetzt werden. Die Erregermaschine, die auch zum len des Sammlers dient, ist unmittelbar mit dem Stromeuger gekuppelt. Die Spannung wird für die zwei verschiedenen Drehzahlen selbsttätig auf annähernd gleicher he gehalten.

### Der wagenbauliche Teil

Der Wagenrahmen aus Profileisen ist zwischen den ehgestellen durch ein Sprengwerk verstärkt. Der Wagensten ist in zwei für sich abgeschlossene Führerstände, i Maschinenraum, den Fahrgastraum 2. Klasse, zwei ume 3. Klasse und Gepäckraum eingeteilt. Um den höchstzässigen Achsdruck von 9 t einhalten zu können, mußte nerseits die Dieselmotorseite des Wagens möglichst leicht halten und anderseits auf der Triebmotorenseite das erderliche Reibungsgewicht erreicht werden. Demgemäß rde das aus Eichenholz bestehende Wagenkastengerippe f der Dieselmotorseite mit Aluminium und auf der Triebstellseite mit Eisenblech verkleidet. Der Wagen wird ktrisch mit Strom vom Stromerzeuger geheizt und zwar dies sowohl während der Fahrt als auch während des illstandes der Elektromotore möglich.

### Betriebserfahrungen

Bei einer Meßfahrt auf der Strecke Gossau – Appenzell it drei vierachsigen Anhängewagen, Gesamtzuggewicht t, ergab sich unter ungünstigen Verhältnissen ein Brennffverbrauch von 13 g/tkm. Dabei handelte es sich um ne ausgesprochene Gebirgsstrecke mit vielen Krümmunen und langen Steigungen. Die beiden Triebwagen haben reits über 50 000 km zurückgelegt und bedienen rd. ¾ des genwärtigen Verkehrs der Appenzellerbahn. Die Brennffkosten betragen hierbei einen kleinen Bruchteil der sten, die bisher für die beim Dampfbetrieb erforderlichen hlen aufgewendet werden mußten. [M 3262]

## *Elektrotechnik*

### Ölschalterversuche in einem 220 kV-Netz

Bei der Zusammenschaltung des Conowingo-Wasserkraftrkes (252 000 kVA Leistung) über eine 96 km lange 0 kV-Leitung mit dem Netz der Philadelphia Electric mpany[1]) konnte bei Störungen ein stabiler Betrieb nicht frecht erhalten werden, weil die Wasserkraft-Stromerzeur sehr viel schneller ihre Drehzahl steigerten als die von mpfturbinen angetriebenen Stromerzeuger. Damit man ne möglichst große synchronisierende Kraft zwischen den raftwerken erhält, muß der gesamte Blindwiderstand der rbindungsleitungen einschließlich der Stromerzeuger und ansformatoren klein gehalten werden. Es sind ferner Phasenschieber erforderlich, die in Störungsfällen die Ladeleistung der Übertragungsleitung liefern. Stromerzeuger und Phasenschieber müssen mit Schnellreglern ausgerüstet sein. Um bei Kurzschlüssen oder atmosphärischen Beeinflussungen der Leitung ein Außertrittfallen der Kraftwerke zu verhindern, müssen die Fehler in kürzester Zeit abgeschaltet werden. Bei Kurzschlüssen zwischen zwei Phasen und Erde (bei Netzen mit geerdetem Nullpunkt) müssen die Ölschalter in 8 bis 11 Perioden (bezogen auf 60 Hertz) und bei Dreiphasenkurzschlüssen in 5 bis 6 Perioden den Fehler abgeschaltet haben.

Die Gesamtausschaltzeit eines Ölschalters zerfällt in drei Teile:

1. Zeit vom Ansprechen der Auslösespule bis zum Beginn der Bewegung.
2. Zeit vom Beginn der Bewegung bis zur Trennung der Kontakte.
3. Zeit von der Kontakttrennung bis zum Stillstand in der Schalterendstellung.

Bei Löschkammerschaltern, die für den vorliegenden Fall ausschließlich in Frage kommen, ist die dritte Zeitspanne keine feste Größe. Sie hängt ab von dem in der Löschkammer erzeugten Gasdruck, der auf die Kontaktbrücke des Schalters beschleunigend einwirkt. Der Druck ist wieder vom unterbrochenen Strome abhängig. Bei mäßigen Spannungen und vollem Unterbrechungsstrom beträgt diese Zeit nur 40 vH der beim Leerschalten notwendigen Zeit. Bei höheren Spannungen beträgt sie 50 bis 60 vH. Um diese beträchtlichen Zeitunterschiede zu vermeiden, mußte ein Schalter gebaut werden, der bei allen Stromstärken die gleiche Schaltzeit ergibt.

Die General Electric Co. hat hierfür einen normalen Ölschalter besonders ausgebildet. Er ist für 187 kV und eine Abschaltleistung von 2 500 000 kVA entworfen. Die Auslöseeinrichtung ist mit geringster Zeitverzögerung, die Kontakte sind als Kolbenkontakte ausgeführt. Mit einem solchen Schalter wurde die Zeit vom Ansprechen der Auslösespule bis zur Kontakttrennung auf 5 Perioden (bezogen auf 60 Hertz) herabgedrückt. Ein einpoliger Versuchsschalter wurde einer Reihe von Abschaltversuchen im Netz der Philadelphia Electric Company unterworfen. Es wurden Ströme von 1200, 2200 und 3000 A unterbrochen. Bei der ersten Versuchsreihe lag der Schalter zwischen einer Phase und Erde und bei der zweiten Reihe zwischen zwei Phasen. Die letzte Versuchsreihe sollte Anhaltpunkte dafür ergeben, ob der Schalter auch für höhere Spannungen als 220 kV verwendbar ist.

Die Ergebnisse der Versuche sind Zahlentafel 1 zu entnehmen.

Zahlentafel 1
Abschaltversuche im Netz.

| | Schalter zwischen einer Phase u. Erde | Schalter zwischen zwei Phasen |
|---|---|---|
| Kurzschlußdauer ($t = t_1 + t_2$) Per. | 8 bis 11 | 11,5 bis 13,5 |
| Ansprechzeit des Relais $t_1$ . „ | 1,0 „ 1,75 | rd. 1,5 |
| Dauer der Schaltbewegung $t_2$ „ | 6,4 „ 9,75 | 9,9 bis 12 |
| Davon Lichtbogendauer . . „ | 0,5 „ 4 | 5 „ 5,5 |
| Gleichwertige Abschaltleistung, dreipolig . . . . MVA | 513 „ 1260 | 905 „ 933 |
| Spannung am Schalter . . kV | 128 „ 156 | 247 „ 261 |

[1]) „Electrical World" Bd. 94 (1929) Nr. 15 S. 734.

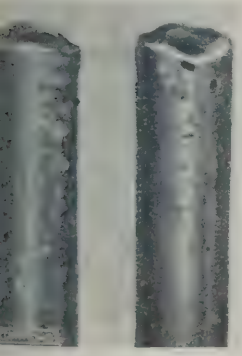


**Abb. 6 und 7**
Bewegliche Kontakte nach 15 Versuchen.

**Abb. 6 bis 9**
Ölschalterversuche in einem 220 kV-Netz.
Die Kontakte des Ölschalters.

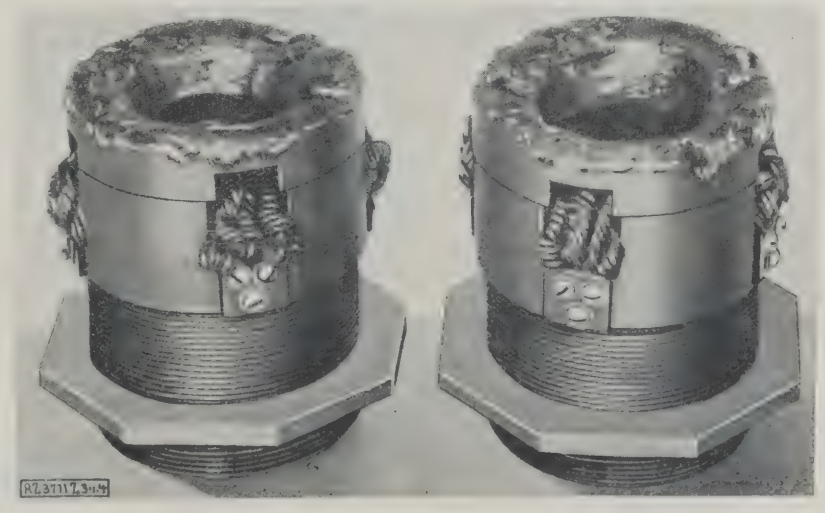


**Abb. 8 und 9**
Feste Kontakte nach 27 Versuchen.

Die Drücke im Schalterkessel können nicht groß gewesen sein, da bei den ersten 11 Versuchen eine Öleinfüllöffnung am Kessel offen war und sich nur einmal ein geringer Gasaustritt gezeigt hat. Dagegen ist bei einem Versuch eine Löschkammer aus Isolierstoff auseinandergeflogen. Abb. 6 bis 9 zeigen die Kontakte nach den Versuchsreihen. Der Abbrand ist im Hinblick auf die Zahl der Versuche nicht übermäßig groß. Allerdings betrug die erzielte Abschaltleistung nur 46 vH der Solleistung des Schalters. Die Durchführung solcher Versuche in einem der Stromversorgung dienenden Netz verdient besondere Erwähnung. [M 3711] —*ald.*

## *Eisenhüttenwesen*

### Die Ausbesserung von Hochofenschächten bei der Société Cockerill

Die Neuzustellung eines Hochofens ist immer eine kostspielige und zeitraubende Arbeit. Die Société Cockerill hat ein neues Verfahren durchgebildet, das die für die Neuzustellung eines Hochofens notwendige Zeit bedeutend abkürzt. Das Verfahren hat sich gut bewährt[1]).

Im allgemeinen hat ein Hochofen nach einer genügend langen Betriebsdauer ein Profil nach Abb. 10. Die Flächen *a* zeigen, was von dem Mauerwerk übrig ist, während die Flächen *b* die Ablagerungen darstellen, die immer im unteren Teil des Ofens auftreten und zur Verstärkung der feuerfesten Steine dienen. Diese Ablagerungen entstehen während des Betriebes im Ofen; sie sind sehr feuerfest und bestehen hauptsächlich aus CaO. Die Ablagerungen schmelzen nicht bei der im Ofen herrschenden Temperatur; anderseits sind sie sehr empfindlich gegen niedrige Temperatur und besonders gegen Feuchtigkeit. Wenn ein Ofen ausgeblasen wird, werden diese Ablagerungen natürlich abgekühlt und zerfallen in Berührung mit der Feuchtigkeit der Atmosphäre zu Staub. Es ist deshalb nicht möglich, die Ablagerungen zu erhalten; man muß den ganzen Ofen neu zustellen, obgleich nur der Schacht abgenutzt ist. Um das zu vermeiden, muß nur der untere Teil des Ofens genügend warm gehalten werden; der Ofen darf also nicht ausgeblasen werden. So einfach das scheint, bieten sich doch ernste Schwierigkeiten. Zunächst muß die Höhe der Einsatzsäule gesenkt werden, das Möllern muß aufhören und der Wind auf dem Ofen gelassen werden, bis die gewünschte Höhe erreicht ist. Dabei erhöht sich die Temperatur im Gestell.

Die größte Schwierigkeit liegt aber in der Abnutzung selbst. Da der Hochofen durch die geringe Wanddicke des Schachtes sehr geschwächt ist, hält er sich oft nur durch den Einsatz selbst, der einen nach außen gerichteten Druck ausübt; das Mauerwerk wird durch Bänder zusammengehalten. Besteht die Bandage aus unabhängigen Bändern, was gewöhnlich der Fall ist, so bilden Schacht, Bandage und Einsatz ein festes Ganzes, das bedroht wird, wenn ein davon fortfällt. Wird also der Einsatz niedergeschi zen, so liegt die Gefahr nahe, daß der Schacht unter Druck der Bänder in den leeren Raum zusammenfällt.

Die Bänder muß man daher durch einen Panzer setzen, der sich selbst, ohne das Mauerwerk, stützt, Abb. Jedes Band besteht aus acht Teilen und ruht mit der u ren Kante auf dem vorhergehenden Ring. Die Verbindu flansche sind an dicken senkrechten Streben befestigt, zugleich als Unterstützungen für die Bänder dienen sich ganz über die Höhe des Schachtes erstrecken. solcher Panzer verstärkt das Mauerwerk anstatt durch selbe unterstützt zu werden. In Amerika hat man Steifigkeit der Bandage durch einen durchgehenden Bl panzer erhalten, aber dadurch die Zugänglichkeit Mauerwerk verringert, so daß es nicht möglich ist, feh hafte Stellen auszubessern; der Ofen muß oft vorzeitig geblasen werden. Der Panzer der Société Cockerill ebenso steif wie der amerikanische Panzer, hat aber Vorteil der Zugänglichkeit zum Mauerwerk. Bei einem Panzer bewehrten Hochofen kann man die Einsatzsäule senken, ohne befürchten zu müssen, daß der Schacht fällt.

Mittels dieser Einrichtung hat die Gesellschaft i Hochöfen neu zugestellt, ohne das Gestell und die Rast neuern zu müssen. Das Aufmauern des Schachtes dau acht Tage, während vier bis fünf Monate erforderlich wesen wären, wenn man den Ofen ganz ausgeblasen hä Wenn die Einsatzsäule genügend gesunken ist, wird vorhandene Metall und die Schlacke sofort abgestoch Sobald der Gebläsewind abgestellt ist, muß in etwa Höhe über der Höhe der Einsatzsäule eine große Öffnung den Schacht gebrochen werden, so daß genügend Luft z Abkühlen des Schachtes eintreten kann. Nach 24 h ist Oberfläche des im Ofen verbliebenen Einsatzes kalt gen so daß die Maurer mit dem Aufbauen des Schachtes begin können.

Um einen Schacht schnell aufmauern zu können, wendet die Gesellschaft Steine, deren größte Abmessun genau der gewählten Schachtdicke entsprechen. Die Ste werden mittels Maschinen bearbeitet und vorher zusamm gesetzt. Jeder Stein erhält eine Nummer, so daß man schnell verlegen kann. Auf diese Weise sind schon vielen Jahren bei der Société Cockerill die Öfen neu zu stellt und sieben Öfen mit dem Panzer ausgerüstet wor wodurch die großen Ausgaben des Ausblasens der Öfen mieden werden. Vier der jetzt in Betrieb befindlichen Ö sind bereits nach dem neuen Verfahren zugestellt. Ein O ist seit März 1926 in Betrieb; man hofft, daß der Ofen n die gleiche Betriebsdauer haben wird wie vorher mit alten Bandagen. [M 3631

Amberg *H. Illie*

[1]) The Iron and Coal Trades Review Bd. 119 (1929) S. 513.

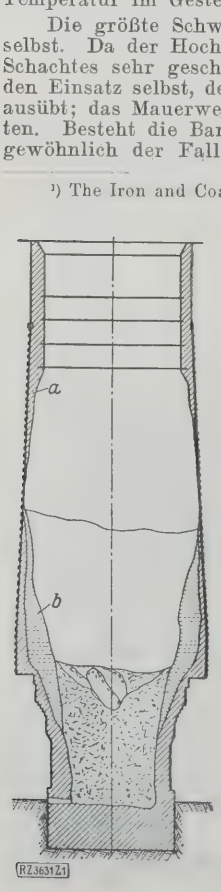



**Abb. 10**
Hochofen nach längerer Betriebsdauer.

*a* Mauerwerk
*b* Ablagerungen

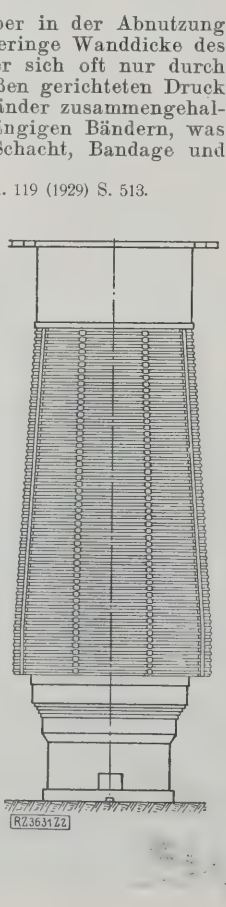



**Abb. 11**
Hochofenpanzer, Bauart Société Cockerill.

## *Physik*

### Von der Tätigkeit des National Physical Laborat im Jahre 1928[1])

Über den Aufbau des englischen Physikalisch-Tec schen Staatsinstituts wurde bereits im Vorjahre[2]) berich er darf deshalb als bekannt vorausgesetzt werden. Es deshalb nur kurz daran erinnert, daß die Aufgaben National Physical Laboratory, ebenso wie die des sprechenden deutschen Staatsinstituts, der Physikali Technischen Reichsanstalt, auf zwei Gebieten liegen: eine umfaßt Prüfungen aller Art, die auf Antrag für irge welche industriellen Zwecke ausgeführt werden, sowie Verwaltung und Überwachung der Normen für die ges lich festgelegten Einheiten. In das andre Gebiet fallen Forschungsaufgaben, die beim National Physical Laborat überwiegend Aufgaben der Technik gelten. In der E leitung des englischen Berichtes wird betont, daß in d Anwachsen der Prüfungsanträge (ohne Fieberthermome rund 50 500 gegen 43 100 i. Vorj.) zwar einerseits in freulicher Weise die wachsende Geltung des Instituts der Industrie und das innigere Zusammenarbeiten bei zum Ausdruck komme, anderseits aber dadurch der F schungstätigkeit wertvolle Kräfte entzogen würden. sehr letzteres bedauert werde, müsse man doch die große deutung der Prüftätigkeit anerkennen.

Um den ständig zunehmenden Aufgaben gewachsen sein, sind natürlich Erweiterungen des Instituts notwen geworden. Im Jahre 1928 wurde mit dem Bau eines bäudes für die physikalische Abteilung begonnen. E Hochspannungsanlage für 1 Mill. V und ein Windkanal

[1]) Bearbeitet nach „The National Physical Laboratory", Re for the year 1928, London 1929, His Majesty's Stationery Office, 28 m. Abb. u. 8 Taf. Preis 9 sh.

[2]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1683.

ckluft wurden fertiggestellt und in Betrieb genommen. das im Jahr 1923 erworbene, noch unbebaute Gelände de ein allgemeiner Bauplan aufgestellt.

Von den wissenschaftlichen Arbeiten können hier nur ge erwähnt werden.

### Physikalische Abteilung

Auf dem Gebiet der Wärme ergab die Untersuchung Wärmeleitfähigkeit von festem und geschmolzenem wefel zwischen 20 ° und 210 ° ausgeprägte Sprünge an Umwandlungspunkten und am Schmelzpunkt. Die Mes- g der Wärmeleitzahl von Aluminium- und Kupferlegie- gen (wichtig für Flugzeugmotoren) zwischen 50 und ° bestätigten das *Wiedemann-Franz-Lorentzsche* Gesetz. Ausdehnung der Messungen bis 900 ° wurde nach einem gleichsverfahren in Angriff genommen, wobei reines en als Vergleichsstoff dient. Für das Nahrungsmittel- ersuchungsamt (Food Investigation Board) wurden nthermometer untersucht, ferner der Wirkungsgrad von agen zur Luftbefeuchtung und von Silika-Gel zur Luft- knung. Bei der Messung des inneren Druckes, der in em von außen her gefrierenden Stück Fleisch entsteht, bachtete man bei Vorversuchen Drücke bis rd. 15 at.

Zahlreiche Arbeiten der Abteilung galten dem Ausbau der Festlegung der internationalen Temperatur- a la; auf diesem Gebiet besteht eine innige Zusammen- eit mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt und amerikanischen Bureau of Standards. Mit besonderer gfalt wurde die Messung der Temperatur von Endmaßen Angriff genommen, die für den Anschluß des Meters die Wellenlängenskala bestimmt sind. Zur Messung von mmentemperaturen bei Explosionen entwickelte man ein fahren, das die Umkehr der Spektrallinien des Natrium- mpfes benutzt.

Röntgenologisch wurde die Veränderung der erstruktur von Aluminium-, Eisen- und Zink-Einkristal- bei Zugbeanspruchung untersucht. Ausgedehnte Ar- en galten der Einführung der auf dem internationalen tgenkongreß in Stockholm festgelegten neuen Dosis- heit „Röntgen“. Bemerkenswert ist, daß die Zahl der egebenen Radiumpräparate von 41 im Jahre 1927 auf 7 im Jahre 1928 angestiegen ist.

Im akustischen Laboratorium wurde die Fort- nzung des Schalls in Wänden untersucht, ferner wurden stische Modellversuche für Gebäude (darunter die Albert l) angestellt. Mit Hilfe der Messung des Druckes von allwellen bildete die Abteilung ein Verfahren zur abso- n Schallstärke-Messung weiter aus.

In dem Bericht über die Linsenuntersuchungen des ischen Laboratoriums wird deren Bedeutung für den rnationalen Wettbewerb der englischen optischen Indu- e betont.

### Elektrische Abteilung

Von besonders großer Bedeutung war der Ausbau des chspannungslaboratoriums, dessen volle tungsfähigkeit von der Industrie gleich für Überschlag- sungen an Kettenisolatoren in Anspruch genommen de. Der Wirkwiderstand von Bleikabeln bei Wechsel- mbelastung und die Erwärmung und die dielektrischen luste von Hochspannungskabeln wurden gemessen.

Mit großer Sorgfalt wurden die Arbeiten zur Festlegung elektrischen Einheiten betrieben, wobei in internationa- Zusammenarbeit mit anderen Laboratorien eine außer- ntliche Meßgenauigkeit angestrebt und zum Teil bereits icht wurde.

Auf dem Gebiet der drahtlosen Telegraphie de unter anderem die Richtwirkung von Antennen in rechter Richtung mit Hilfe von Flugzeugen untersucht. schiedene Schaltungen für Wellen unter 25 m Länge den erprobt, wobei für 7 m lange Wellen eine Konstanz Wellenlänge von 1 : 100 000 erreicht wurde.

Die Unterabteilung für Photometrie beschäftigte mit der Beleuchtung von Straßen und Innenräumen. Rahmen des 1927 in Bellagio von der internationalen uchtungstechnischen Kommission aufgestellten Pro- mms wurden Blauglaser und gasgefüllte elektrische Nor- lampen mit der Deutschen Physikalisch-Technischen hsanstalt ausgetauscht. Für das Verkehrsministerium rsuchte das Institut rote Rückstrahler für Fahrzeuge. gemäß den gesetzlichen Bestimmungen für die Zulassung Verkehr vorgeschriebenen Prüfungen der Erzeugnis- ter verschiedener Firmen fallen ebenfalls in den Arbeits- ich des National Physical Laboratory.

### Abteilung für Maß und Gewicht

Die Arbeiten galten hauptsächlich der Verfeine- g der Meßverfahren auf verschiedenen Gebie- Mit der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, dem Bureau of Standards (Washington) und dem Bureau International des poids et mesures (Paris) wurden Vergleichsmessungen an Endmaßen ausgeführt, wobei Lichtwellenlängen als Maßeinheiten benutzt wurden. Bei diesen Messungen betrug die größte Abweichung vom Mittel 1,3 millionstel Zoll ($= 0{,}034\ \mu$).

Eine neue Bestimmung des Verhältnisses von Zoll und Meter ergab

$$1 \text{ Meter} = 39{,}370147 \text{ Zoll}.$$

Zwei Endmaße von 4 Zoll Länge, die seit 1919 und 1923 beobachtet wurden und von denen das eine sehr stabil, das andere unstabil war, wurden im Jahre 1926 mehrere Stunden lang auf 150 ° erhitzt und dann zwei Jahre lang weiter beobachtet. Es zeigte sich, daß nun beide Maße stabil waren.

### Ingenieur-Abteilung

Auf dem Gebiet der Lagerreibung wurde eine Untersuchung über den größten bei Fettschmierung zulässigen Lagerdruck und die dabei auftretenden Reibungszahlen durchgeführt, ferner über die Grenzschmierung bei ständig wechselnder Drehrichtung der Welle. Für das Aeronautical Research Committee wurden auf einer Ölprüfmaschine mit einem Zusatz von Blei-Äthyl und ähnlichen Stoffen „geimpfte“ Schmieröle geprüft. Für den Bau eines neuen Trockendocks wurden Modellversuche angestellt, um die Reibungskräfte beim Anziehen und Verschieben der Haltekeile kennen zu lernen.

Messungen des Druckabfalles heißer Gase und des Wärmeüberganges in rechteckigen Kanälen ($2{,}65 \times 0{,}355$ cm) ergaben, daß die *Reynoldssche* Theorie für diesen angenähert zweidimensionalen Strömungsvorgang der Wirklichkeit näher kommt als beim zylindrischen Rohr.

Die Zugfestigkeit von Eisen-Nickel-Chrom-Legierungen hat man bei Temperaturen bis 800 ° untersucht. Versuche über Ermüdungserscheinungen wurden an großen Zink-Einkristallen durchgeführt, wobei man röntgenographisch die Veränderungen des Kristallgitters verfolgte. Für die British Engineering Standards Association wurde ein Verfahren zur Bestimmung der Härte der Kugeln von Brinell-Härteprüfern ausgearbeitet.

Die Messungen des Winddrucks wurden unter anderem an der Forth- und an der Towerbrücke fortgesetzt; Gebäudeerschütterungen wurden an dem über der Eisenbahn liegenden New Scotland Yard gemessen.

### Aerodynamische Abteilung

Der bereits erwähnte Windkanal hat eine lichte Weite von über 5 m (Durchmesser des eigentlichen Arbeitsquerschnitts 1,8 m) und ist mit einer Wanddicke von über 70 mm (Stahl) für einen inneren Überdruck von 25 at gebaut. Bei diesem Druck beträgt die höchste erreichbare Windgeschwindigkeit etwa 25 m/s. Die in dem Windkanal gemessenen Druckkräfte werden durch Waagen mittels elektromagnetischer Kupplung außen angezeigt. Die im Vorjahr erwähnten Messungen des Widerstands umströmter Körper wurden an ebenen Platten und an Zylindern fortgesetzt. Eine Klärung der auch hierbei wieder festgestellten Unstimmigkeiten zwischen Luft- und Wasserversuchen erwartet man von einer Zusammenarbeit mit dem *William Froude* National Tank. Grundlegende Untersuchungen wurden angestellt über den Widerstand zusammengesetzter Körper, der immer größer ist als die Summe der Einzelwiderstände der Teile. Die für die Entwicklung der Luftfahrt sehr wichtigen Ergebnisse wurden der Luftfahrtindustrie mitgeteilt; eine Veröffentlichung erfolgt erst, wenn die Arbeit weiter fortgeschritten ist.

Bei der Strömung durch einen Staurand in einem Rohr wurde vom laminaren bis in das turbulente Gebiet die Bildung von Wirbeln am Staurand, Ablösung der Grenzschicht, Entstehen einer Rückströmung, Druckrückgewinn und Verlauf des statischen Druckes an der Wand untersucht; ferner bestimmte die Abteilung die Durchflußzahlen für Stauränder mit vier verschiedenen Durchmessern.

### Metallurgische Abteilung

Im Rahmen des großzügig angelegten Programms dieser Abteilung (Erforschung des Zusammenhangs zwischen Eigenschaften und Zusammensetzung, Atomstruktur, Vorbehandlung) wurde an der Reindarstellung von Mangan, Silizium, Beryllium, Kadmium, Titan gearbeitet. Legierungen von Eisen mit Silizium, Beryllium, Chrom, Mangan wurden untersucht. Leichtmetallegierungen untersuchte man in Zusammenarbeit mit Luftfahrtkreisen, Silberlegierungen für die königliche Münze, Amalgame für die Zahntechnik, Nickel-Chrom-Legierungen für die Technik der hohen Temperaturen. Diese Arbeiten erforderten eine Weiterentwick-

lung verschiedener Meß- und Untersuchungsverfahren, besonders für die Messung hoher Temperaturen und Verwendung verschiedener Hochfrequenzöfen.

**William Froude National Tank**
(Schleppversuchsabteilung)

Die Abteilung wurde für Prüfungen so stark in Anspruch genommen, daß man nur mit Mühe zwei Tage in der Woche für planmäßige Forschung freihalten konnte; deshalb wird eine zweite Schlepprinne gefordert. Die Untersuchungen über den Einfluß des Seeganges auf Bewegungswiderstand und Stampfen der Schiffe wurden fortgesetzt zum Teil am Schiff selbst bei Fahrten über den Atlantischen Ozean.

Außer den erwähnten Arbeiten enthält der Jahresbericht noch eine Fülle von Ergebnissen angewandter physikalischer Forschung. Man hat den Eindruck, daß zwischen dem englischen physikalischen Staatsinstitut und der Industrie, wie auch vielen Behörden eine verständnisvolle und für beide Parteien sehr nutzbringende innige Zusammenarbeit besteht. [N 3630]

Berlin-Charlottenburg *Erk*

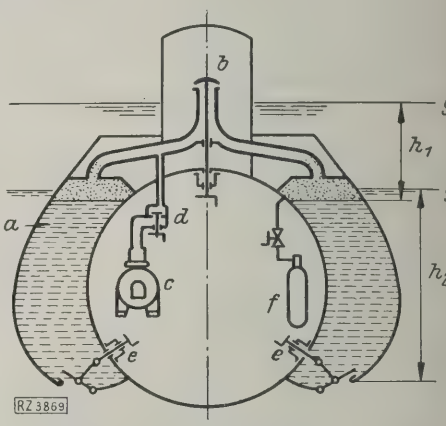
# *Kleine Mitteilungen*

## Tauchtankgebläse für Unterseeboote

Um unter Wasser fahrende oder ruhende Unterseeboote an die Wasseroberfläche zu befördern, muß man die in den Tauchtanks enthaltene Wassermenge verdrängen und durch Luft ersetzen. Zunächst bläst man in die Tauchtanks etwas Druckluft ein, bis das Boot auftaucht, und dann wird das in den Tanks verbleibende Wasser entweder ausgepumpt oder, wie jetzt allgemein üblich, mittels eines Turbogebläses durch Einblasen von niedriggespannter Druckluft verdrängt.

Die allgemeine Anordnung dieser Ausblaseeinrichtung zeigt die Abbildung. Das Gebläse saugt die Luft aus dem Bootsraum und drückt sie über einen Verteilkasten in die Tauchtanks, aus denen das Wasser durch Flutklappen entweichen kann. Der Gesamtdruck des Gebläses setzt sich zusammen aus den Widerständen in den Rohrleitungen und Ventilen und aus der zu überwindenden statischen Druckhöhe. Die Austauchzeit, die beim Auspumpen des Tanks etwa 10 bis 15 min beträgt, konnte bei Anwendung von Turbogebläsen auf etwa 5 min beschränkt werden.

In solcher Anlage haben sich Gebläse von Brown, Boveri & Cie. bewährt. Ein derartiges Gebläse wird von einem Gleichstrommotor von 40 bis 250 kW und 100 bis 330 V bei 6000 bis 4500 U/min mittelbar oder unmittelbar angetrieben; die Schaufeln sind aus dem Vollen gefräst; der Anlasser ist für 400 bis 1000 A bemessen. Die Lager werden mittels besonderer Druckölpumpen geschmiert. Höchst wichtig sind für die Verwendung auf Unterseebooten geringes Gewicht und kleiner Raumbedarf; das Gebläse hat daher ein dünnwandiges Gehäuse aus Sondergußeisen oder Leichtmetall und kleinen Durchmesser. Die Baufirma hat bisher 125 Tauchtankgebläse geliefert. (Brown-Boveri-Mitteilungen Dez. 1929 S. 320*) [N 3869 a] *W. B.*




Anordnung eines Tauchtankgebläses bei U-Booten.

*a* Tauchtank — *d* Verteilkasten für Gebläsedruckluft
*b* Luftventil
*c* Tauchtankgebläse — *e* Flutklappe
*f* Druckluftflasche
$g_1$ Wasserlinie zu Beginn des Ausblasens
$g_2$ „ Ende „ „
$h_1$. $h_2$ statische Druckhöhen

## Reihenschiffbau

Ein deutliches Beispiel für die Ersparnis, die man beim Bau von Schwesterschiffen besonders hinsichtlich der Bauzeit erzielen kann, bieten die elektrisch angetriebenen Dampfer „California", „Virginia" und „Pennsylvania" der Panama Pacific-Linie[1]). Diese Schiffe haben bei 186,8 m Länge, 24,4 m Breite und 15,8 m Seitenhöhe eine Verdrängung von 33 375 t und sind mit zwei Dampfturbinen von je 8500 PS bei 2880 U/min, zwei Wechselstromerzeugern von je 6600 kW und zwei Hauptmotoren von je 8500 PS bei 120 U/min ausgerüstet.

Die Zeit von der Erteilung des Auftrags bis zur Ablieferung betrug bei der „California", dem zuerst gebauten Schiff, 26 Monate, bei dem nächsten Schiff „Virginia" 18 Monate und bei der jetzt im Oktober abgelieferten „Pennsylvania" nur 15¼ Monate. („Marine Engineering and Shippinge Age" November 1929 S. 586*) [N 3869 b] *W. B.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 32 S. 1142.

## Ljungström-Dampfturbinen für große Leistungen

Die Erhöhung der spezifischen Dampfgeschwindigkeit und die Vergrößerung der Austrittquerschnitte der Dampfturbinen mit Rücksicht auf geringe Austrittverluste wirken einander entgegen, wenn man versucht, die Leistung zu steigern. Bei der neuesten Bauart der Ljungström-Turbine mit entgegengesetzt umlaufenden Lauf- und Leiträdern wird daher die aus den Hochdruckstufen kommende Dampfmenge geteilt und ebenfalls radial zwei Gruppen von Niederdruckstufen zugeleitet. Mit einer 12 000 kW-Turbine dieser Art im Kraftwerk Homburg hat man günstige Ergebnisse erzielt. Ihr Dampfverbrauch beträgt bei Regellast 4,3 kg/kWh, bei der Höchstlast von 14 436 kW 4,5 kg/kWh. Für ein schwedisches Kraftwerk wird nunmehr eine 50 000 kW-Turbodynamo für 1500 U/min gebaut, die nicht länger als eine von 15 000 kW bei 3000 U/min andrer Bauarten sein soll. („Power" 12. November 1929 S. 756*) [N 3869 c] *Stg.*

## Kraftwagen mit Ladegebläse

Die Stutz Motor Car Co. rüstet versuchsweise 25 ihrer Personenkraftwagen mit künstlicher Aufladung der Motore aus. Das Rootsgebläse mit zwei Laufrädern von rd. 160 m Länge wird an das vordere Ende der Kurbelwelle über ein in Öl laufende Kupplung mit Bronze-Reibscheiben von 117,5 mm Dmr. angeschlossen und fördert Luft von rd. 0,3 Überdruck in das rd. 76 mm weite Luftsaugrohr des Vergasers. Dieser Druck wird mit Hilfe eines Überdruckventils auf gleicher Höhe erhalten. Man kann ihn aber durch Nachspannen der sechs Ventilfedern, die aus dünnem Draht gewickelt sind, einstellen.

Mit dem Gestänge, das zum Verstellen der Gebläsekupplung dient, ist ein Hahn verbunden, der den Vergaser von gewöhnlichen Brennstoffsauger auf einen Hilfs-Brennstoffbehälter umstellt. Dieser Behälter wird mittels einer vom Motor angetriebenen Brennstoffpumpe gespeist sowie mittels eines Schwimmers gesteuert und beim Einrücken der Kupplung unter den Druck der Gebläseleitung gesetzt. Der Pumpe läuft der Brennstoff aus dem Behälter des Brennstoffsaugers zu. Durch den Überdruck wird ferner eine Luftklappe im Aussaugrohr des Vergasers, die auch bei Stillstand des Motors ein wenig offen gehalten wird, geschlossen, so daß der Vergaser gegen die Außenluft ganz abgeschlossen wird.

Die Anlage ist sehr feuersicher und hat den Vorteil, daß der Motor gegen Beschädigungen durch Betrieb mit zu hohem Ladedruck geschützt ist. Außerdem macht das Gebläse verhältnismäßig wenig Geräusch, da es keine schnellaufenden Rädergetriebe braucht. Versuche haben ergeben, daß die Höchstgeschwindigkeit des Wagens durch Einrücken des Gebläses von 96 auf rd. 130 km/h gesteigert wird. („Automotive Industries" 2. November 1929 S. 645/46*) [N 3869 d] *Il.*

## Tieflade-Kraftwagen von 100 t-Ladefähigkeit für Landstraßen

Bei diesem für die Beförderung schwerer Werkstücke auf der Landstraße von der Firma Scammel Lorries, Watford erbauten Wagen ist das eine Ende der Plattform um einen senkrechten Zapfen am Vorderwagen drehbar und außerdem versenkbar, damit man die Lasten bei möglichst tiefer Lage der Plattform aufnehmen kann[1]). Die Rahmenträger sind

schrägen Streben aufgehängt, die aus Zylinder und en bestehen und deren Länge durch Eindrücken von ittels einer Pumpe verändert werden kann. Das hin- Ende der Plattform ruht auf acht Rädern in einer e mit Doppelreifen; je zwei Räder sind auf einer Achse, sehr frei beweglich gelagert ist, zusammengefaßt. Der lerwagen läuft auf drei Achsen, von denen die zwei ren, nebeneinander angeordneten angetrieben werden. vorderen Achsen des Zugwagens haben übliche Achs- nkellenkung; von der Rädergruppe am Ende der Platt- sind nur die beiden hinteren Achsen lenkbar, und zwar t sie der Begleiter mittels eines Handrades von seinem nde der Plattform befindlichen Platz aus. („Engineer- 22. November 1929 S. 675*) [N 3869 h] *Ro.*

[1]) Vergl. a. VDI-Nachrichten Nr. 49 vom 4. Dezember 1929.

### Großer geschweißter Kondensator

Am 10. September hat man im Kraftwerk Parr Shoals Broad River Power Co. einen vollkommen geschweißten flächenkondensator von 2500 m² für eine 30 000 kW- odynamo in Betrieb genommen. Man wählte diese Bau- hauptsächlich darum, weil es wegen des geringen Abstandes zwischen Turbinen- und Kellerflur und der schlechten Zugänglichkeit bei Lagerung des Kondensators auf Stützen erwünscht war, das Kondensatorgehäuse am Turbinenauslaßflansch aufzuhängen. Das geringe Gewicht des geschweißten Kondensators war dieser Anordnung günstig.

Die Kondensatorrohre sind unmittelbar in die beiden Rohrböden eingewalzt. Von den Wasserkammern ist die eine fest, die andre beweglich unterstützt. Der Mantel hängt unmittelbar am Turbinenflansch und ist mit den Wasserkammern über Gummizwischenstücke verbunden. Eine besondre Stützanordnung im Innern der Rohre verhindert, daß diese sich senken, und überträgt einen großen Teil des Gewichts der Rohre und des in ihnen enthaltenen Wassers auf den Kondensatormantel[1]). Bei den Abnahmeversuchen wurde eine Luftleere von rd. 720 mm Q.-S. bei 30 ° Eintrittstemperatur des Kühlwassers und 10 400 t/h Kühlwassermenge erzielt. Besonders hervorgehoben wird der geringe Unterschied zwischen den Temperaturen des Dampfes am Turbinenaustrittstutzen und des Kondensats. („Power" 19. November 1929 S. 786*) [N 3869 e] *Le.*

[1]) Ein ähnlicher Kondensator ist im Holland-Kraftwerk aufgestellt, vergl. Archiv für Wärmewirtschaft Bd. 10 (1929) Nr. 12 S. 395.

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7. Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

schungsarbeiten auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, rausgegeben vom Verein deutscher Ingenieure, 323. H.: **ynamische und statische Zugversuche an Aluminium- nzelkristallen.** Von *J. Weerts.* Berlin 1929, VDI-Verg. 20 S. m. 30 Abb. u. 3 Zahlentaf. Preis 4 *RM*, für itglieder des V. d. I. 3,60 *RM*.

Die als Mitteilung aus dem Festigkeitslaboratorium Technischen Hochschule zu Berlin erschienene Abhand- ist die unter *E. Meyer* ausgeführte Doktorarbeit des assers[1]). Die Versuche wurden an 27 kreiszylin- chen Aluminiumeinzelkristallen ausgeführt, von denen n dynamischen und 13 in statischen Zugversuchen ge- t wurden. Für die Versuche wurde vom Lautawerk besonders reines Aluminium mit 0,20 vH Fe, 0,08 vH Si 0,02 vH Zn zur Verfügung gestellt. Die Einkristalle den durch Reckung und Rekristallisation gewonnen. Messung der Kristallorientierung wurde ein neues Ver- en entwickelt, das auf der Beobachtung beruht, daß die h Tiefätzung freigelegten Würfelflächen der Kristallite s Aluminiumschliffes linear-polarisiertes Licht unge- ert zurückwerfen, wenn es senkrecht auftrifft. Die nessung der Endorientierung einer Anzahl zerrissener talle ergab in Übereinstimmung mit früheren Arbeiten, die plastische Verformung stets in einem Gleiten dünner chten auf Oktaederflächen in Richtung von Oktaeder- en vor sich geht. Eine endgültige Bestätigung der bspannungshypothese, nach der durchweg eine einzige bspannungs-Abgleitungslinie für gleichartige Kristalle möglichen Orientierungen gelten soll, wurde auch durch vorliegende Untersuchung nicht erbracht. Im letzten e der Arbeit sind noch Versuche mit Vielkristallen mit- lt und die Beobachtungen an Ein- und Vielkristallen inander verglichen. Die Versuchsergebnisse sind am uß der Arbeit übersichtlich zusammengefaßt.
3780] *K. L. M.*

[1]) Ein Auszug erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

Berichtfolge des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlrates: **Theorie und Technik der Flugaschenabscheidung** mit besonderer Berücksichtigung der Kohlenstaublagen im europäischen Auslande. Von *E. Heitmann.* rlin 1929, VDI-Verlag. 45 S. m. 88 Abb. Preis 3 *RM*.

Die Arbeit ist das Ergebnis einer Studienreise im Auf- des Kohlenstaubausschusses des Reichskohlenrates. st besonders deshalb zu begrüßen, weil sie als ein gut ngener Versuch betrachtet werden kann, in die Frage Flugaschenabscheidung, die z. Z. infolge des schnellen nstums der Großkraftwerke die gesamte Öffentlich- stark bewegt, ein System zu bringen. Der Verfasser aus von der Dynamik der Flugasche (Abschnitt 2) und chtet zunächst das Verhalten der Staubkörner unter Einfluß von Massenträgheit, Schwere, Reibung am ergas und ablenkenden Kräften. Nach einer kurzen ndlung über die Natur der Flugaschen und ihre Be- ng in der Feuerungsanlage geht er auf Fragen der echnik ein, dabei auch die Arbeiten von *Förderreuther Meldau* berücksichtigend. Es wird notwendig sein, sich mit den Ausführungen des Verfassers näher zu beschäftigen, insbesondere im Hinblick auf die Arbeiten der Gruppe „Meßtechnik" des Fachausschusses für Staubtechnik im Verein deutscher Ingenieure, um Mängel an Übereinstimmung, die gerade hier stark stören müßten, von vornherein auszuschließen. Auch über die Meßverfahren (S. 18 u. f.) wird man noch viel sprechen müssen. Der Flugaschenabscheider und seine Wirkung werden im Abschnitt 5 beschrieben, und zwar an ungefähr einem Dutzend Beispielen, die aus dem Gebiete der Fliehkraftreiniger und der Naßentstaubung stammen. Über die Elektroentstaubung wird nur ganz kurz berichtet, was wohl damit zusammenhängt, daß in den bereisten Gebieten nur wenig derartige Anlagen vorhanden sind. (*Heitmann* erwähnt nur das Kraftwerk Vitry bei Paris.) Einige kurze Absätze über Verwertung der Rückstände und die Kostenfrage beschließen die Arbeit. Sie ist sehr beachtlich und wird viel Anregung geben. [E 3662] *Barkow*

**Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten.** Von *E. Krohne.* Berlin 1929, Julius Springer. 66 S. m. 27 Abb. Preis 6 *RM*.

Der Verfasser legt in seiner Veröffentlichung die wissenschaftlichen Grundlagen für die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten dar. Der Begriff der Spitzenkraft wird bestimmt durch die obere und untere Zeitgrenze, wobei die untere Zeitgrenze festgelegt wird durch die Überlastungsfähigkeit der Betriebsmittel, die obere Zeitgrenze durch die wirtschaftlichen Erfordernisse der Stromerzeugung. Nach einer Darlegung des Aufbaues der Erzeugungskosten bringt der Verfasser eine bestimmte Abgrenzung der verschiedenen Belastungsarten, Spitzen-, Mittel- und Grundlast, die sehr zweckmäßig erscheint.

Es wird dann weiter die Spitzenkrafterzeugung am Verbrauchsort durch Vergleich zweier Dauerkraftquellen (Dampfkraftwerk und Kraftwerk mit Dieselmotoren) erörtert, wobei jedoch ganz ungleiche Leistungen miteinander verglichen werden. Die Vernachlässigung der Bereithaltungskosten führt zu einer zu günstigen Behandlung des Dampfkraftwerkes, hat aber den Vorzug der Übersichtlichkeit und der Vereinfachung der ganzen mathematischen Betrachtungsweise.

Im folgenden wird die Betrachtung auf Speicherkraftquellen ausgedehnt und auch der Fernbezug von Spitzenkraft rechnerisch erfaßt. Es ergibt sich daraus, daß die Fortleitungskosten infolge ihres hohen Betrages an festen Kosten die Übertragung der Spitzenleistungen erheblich verteuern und das Heranrücken der Spitzenerzeugung an den Verbrauchsschwerpunkt nahelegen. Zusammenfassend werden mit einer Durchrechnung der Berliner Verhältnisse in Zahlen die wesentlichen wirtschaftlichen Gesichtspunkte darlegt.

Bei den Speicherkraftquellen spielt die Bewertung der für die Speicher bezogenen elektrischen Arbeit eine erhebliche Rolle. Bei einem Vergleich von Dauerkraftquellen und Speichern in einer Hand, wie ihn der Verfasser durchführt, dürfen daher nur die reinen arbeitsabhängigen

Kosten in die Rechnung eingesetzt werden, da sonst ein Teil der festen Kosten der Grundkraftwerke den Speicher belastet, was keinen gerechten Vergleich mehr erlaubt.

Das Buch ist eine wertvolle Ergänzung des Schrifttums auf dem Gebiete der wirtschaftlichen Erzeugung der Spitzenkraft und verdient allseits Beachtung.

[E 3745] *R. Schneider*

Der Industrieofen in Einzeldarstellungen. Herausgeber *L. Litinsky*. 4. Bd.: **Feuerfeste Baustoffe in Siemens-Martin-Öfen.** Von *B. M. Larsen, F. W. Schroeder, E. N. Bauer* und *J. W. Campbell*. Ins Deutsche übers. von *Walter Steger*. Leipzig 1929, Otto Spamer. 118 S. m. 37 Abb. Preis 16 *RM*.

Die zur Besprechung stehende Abhandlung ist, wie das Vorwort sagt, ein Versuch, die Betriebsbedingungen, die die Verwendung und den Verbrauch der feuerfesten Baustoffe in den Siemens-Martin-Öfen bestimmen, so klar und genau wie möglich darzustellen. Die Untersuchungen beschränken sich auf amerikanische Betriebe und damit auf deren Eigenart. Innerhalb dieses Rahmens ist der Versuch — im ganzen betrachtet — im wesentlichen als gelungen zu bezeichnen. Das Buch bringt eine Reihe interessanter Angaben und Anregungen, wenn es auch manche Fragen offen läßt und die Folgerungen nicht immer ganz zufrieden stellen.

Die Übersetzung ist sehr gut; einige wenige Unebenheiten könnten bei einer Neuauflage ausgemerzt werden. Die Übertragung würde sicherlich durch eine kritische Ergänzung gewinnen. [E 3704] *R. Durrer*

**Standards Yearbook 1929.** Zusammengest. von The National Bureau of Standards. Washington 1929, United States Government Printing Office. 401 S. Preis 1 $.

Während die kürzlich erschienene Veröffentlichung des National Industrial Conference Board in New York (Industrial Standardization) und das Werk von *Norman F. Harriman* (Standards and Standardization) die wirtschaftliche, technische und kulturelle Seite der Normung behandeln, wird das Standards Yearbook seit 1927, als *Herbert Hoover* Handelssekretär war, von dem Department of Commerce in Washington herausgegeben und gibt einen aufschlußreichen Überblick über die amtlichen und privaten Stellen in den Vereinigten Staaten, in deren Aufgabenkreis die Normung fällt, sowie über die Tätigkeit dieser Stellen.

In erster Linie werden die Arbeiten des Bureau of Standards beschrieben, dessen Direktor *K. Burgess* als Herausgeber des Jahrbuches zeichnet, sowie die der übrigen Regierungsstellen in Washington, soweit sie Normen herausgeben. Dazu kommen kurze Kapitel über Normungstätigkeit städtischer und staatlicher Behörden, sowie der amerikanischen selbständigen Normungskörperschaften; ferner berichten ergänzende Abschnitte über internationale normende Gesellschaften und Institutionen und über die nationalen Normenausschüsse. Dem weiten Begriff der standardization entsprechend ist einleitend auch die Normung von Gewicht, Maß und Kalender behandelt, und den Schluß des Buches bildet eine Übersicht über das einschlägige Schrifttum und eine interessante Zusammenstellung der vielen amerikanischen Wirtschaftsverbände, die in der Normung als einer wichtigen Aufgabe zugunsten ihrer Mitglieder mitarbeiten.

Die reichhaltigen Zusammenstellungen des Jahrbuches sind wertvoll für jeden, der sein Augenmerk auf die Normung als eine Grundlage des Gedeihens der amerikanischen Wirtschaft richtet, und bilden eine nützliche Ergänzung zu den beiden erstgenannten Werken. Der Inhalt des Standards Yearbook gewinnt durch die kürzlich erfolgte Umorganisation und Neufinanzierung der American Standards Association besonders an Wert.

[E 3678] *H. Rectanus*

**Lehrbuch der Markscheidekunde.** Von *P. Wilski*. 1. T. Berlin 1929, Julius Springer. 250 S. m. 131 Abb. u. 28 Taf. Preis 26 *RM*.

**Jahresbericht VII der Chemisch-Technischen Reichsanstalt 1928.** Berlin 1929, Verlag Chemie. 275 S. m. 121 Abb. Preis 24 *RM*.

Göschens Lehrbücherei, 1. Gruppe, 14. Bd.: **Partielle Differentialgleichungen.** Von *J. Horn*. 2. Aufl. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 228 S. m. 8 Abb. Preis 12 *RM*.

Musterbetriebe Deutscher Wirtschaft, 9. Bd.: **Allgemeine Elektricitäts-Gesellschaft Berlin.** Die Organisation der AEG-Zählerfabrik. Von *R. R. Mirus*. Berlin 1929, Organisation Verlagsgesellschaft (S. Hirzel). 73 S. m. 36 Abb. Preis 2,75 *RM*.

Vereinigte Stahlwerke Aktiengesellschaft Düsseldorf, Erzeugungs- und Verkaufsplan. Ausgabe 1929. Herausgeg. v. d. Vereinigten Stahlwerken A.-G. Zentralwerbestelle Dortmund. 527 S. Kostenlos.

**Ingenieur und Soldat.** Von *Otto Schwab*. Nidda (Hessen) 1929, Hassia-Verlag. 216 S. m. 84 Abb. Preis 7,50 *RM*.

**R. Fölsche, Halle-Saale, 1879 bis 1929.** Festschrift m. 2. S. Text und 29 Abb.

**Passungen in der Industrie nach dem polnischen Passungssystem.** Von *Waclaw Moszynski*. Warschau 1929, Technische Verlagsbuchhandlung. 90 S. m. Abb. Preis 6 Zloty.

**Der Schutz des industriellen Eigentums in Jugoslawien.** Von *Janko Suman*. Berlin 1929, Carl Heymanns Verlag. 207 S. Preis 8 *RM*.

Die Schweiz im deutschen Geistesleben, 63. bis 64. Bd.: **Leonhard Euler.** Von *Otto Spiess*. Frauenfeld-Leipzig 1929, Huber & Co. 228 S. Preis 4 *RM*.

**Das Weltreich der Technik.** Von *Artur Fürst*. 1. Bd. 2. Aufl. Berlin 1929, Ullstein-Verlag. 365 S. m. 665 Abb. u. 23 Taf. Preis 30 *RM*.

## *Berichtigungen*

### Ein schnellfahrender Schwimmkran mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb

In dem Aufsatz Z. Bd. 73 (1929) Nr. 47 S. 1669 von *P. Frenzen* und *O. Neugebauer* muß es auf der letzten Zeile richtig heißen „m i t Last“ statt „ohne Last“. [N 3860]

### Über Drahtseile

In Z. Bd. 73 (1929) Nr. 26 S. 941 l. Sp. 2. Absatz muß es in der 3. Zeile richtig heißen: ... über englische Versuche mit Drahtseilen von 25 mm U m f a n g und... [N 3886 a]

### Magnetischer Rollgang für Walzwerke

In Z. Nr. 48 S. 1721 r. Sp. muß es zu Beginn der letzten Abhandlung heißen: Ein magnetischer Rollgang besteht aus magnetischen Rollen und dazwischenliegenden festen Führungsstücken, w o b e i m e h r e r e R o l l e n i t A b s t ä n d e n v o n 9 b i s 12 m v o n j e e i n e n E l e k t r o m o t o r in Umdrehung versetzt werden. Jede Rolle besteht ... [N 3886 b]

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Franz Reuleaux als Hochschullehrer. Von *O. Kammerer* | 1769 |
| Holz als Baukonstruktionsmittel. Von *K. Schaechterle* | 1771 |
| Vermittlungsstelle für den technisch-wissenschaftlichen Quellennachweis | 1780 |
| Bestimmung von Wärmeübergangszahlen durch Diffusionsversuche | 1780 |
| Neuerungen in der Hartzerkleinerung. Von *C. Naske* | 1781 |
| Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen | 1787 |
| Schrappereinrichtungen für Unter- und Übertagebetriebe. Von *Fr. Prockat* | 1789 |
| Caprottisteuerung an einer Tenderlokomotive | 1793 |
| Rundschau: Diesel-elektrische Triebwagen — Ölschalterversuche in einem 220 kV-Netz — Die Ausbesserung von Hochofenschächten bei der Société Cockerill — Von der Tätigkeit des National Physical Laboratory im Jahre 1928 — Kleine Mitteilungen | 1794 |
| Bücherschau: Dynamische und statische Zugversuche an Aluminiumeinzelkristallen. Von *J. Weerts* — Theorie und Technik der Flugaschenabscheidung. Von *E. Heitmann* — Die wirtschaftliche Erzeugung der elektrischen Spitzenkraft in Großstädten. Von *E. Krohne* — Feuerfeste Baustoffe in Siemens-Martin-Öfen. Von *B. M. Larsen, F. W. Schroeder, E. N. Bauer* und *J. W. Campbell* — Standards Yearbook 1929 — Eingänge | 1795 |
| Berichtigungen: Ein schnellfahrender Schwimmkran mit dieselelektrischem Vierschraubenantrieb — Über Drahtseile — Magnetischer Rollgang für Walzwerke | 1800 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
d. 73 SONNABEND, 21. DEZEMBER 1929 Nr. 51

# Dauerversuche an Werkstoffen

*Von P. LUDWIK, Wien*

*Vorgetragen in der Hauptversammlung des Deutschen und des Österreichischen Verbandes für die Materialprüfungen der Technik, 9. Oktober 1929 in Wien*

*Fließen fester Körper — Dauerstandfestigkeit — Wechselbeanspruchung — Innere Spannungen, Dämpfung und Gefüge — Dauerbruch — Abkürzungsverfahren — Beziehung zwischen Schwingungsfestigkeit und andern Stoffeigenschaften — Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit, Kerbwirkung und Wärmebehandlung — Schlagdauerversuche*

Die Lebensdauer unserer Konstruktionen und Bauten ist naturgemäß begrenzt. Chemische Einflüsse, wie z. B. Korrosion und Verwitterung sowie mannigfache mechanische Einwirkungen, wie z. B. Überbeanspruchungen, Schwingungen, Erschütterungen, Stöße, Abnutzung usw., vermögen bei langer Dauer oder oftmaliger Wiederholung diese Lebensdauer erheblich zu verkürzen.

Um die Widerstandfähigkeit unserer Bau- und Werkstoffe oder auch ganzer Bau- und Konstruktionsteile gegenüber solchen langandauernden oder oftmals wiederholten Einwirkungen zu prüfen, werden Dauerversuche verschiedenster Art durchgeführt. Als Dauerversuche im engeren Sinne bezeichnet man Versuche, bei denen die Probe (ohne Veränderung ihrer Masse) dauernd einer gleichbleibenden oder veränderlichen mechanischen Beanspruchung ausgesetzt wird. Nur solche Dauerversuche seien hier behandelt, wobei ich aber von einer Berechnung der verschiedenen Arten der Dauerprüfmaschinen[1]) absehe, um mehr das Grundsätzliche erörtern zu können.

## Grundsätzliches

### Dauerversuche mit unveränderlicher Belastung

Schon *Newton* hat festgestellt, daß die zur gegenseitigen Verschiebung zweier Flüssigkeitsschichten notwendigen Kräfte proportional dem Geschwindigkeitsunterschied zunehmen. Bei genügend langer Dauer der Einwirkung vermag also schon die geringste Schubspannung beliebig große Verschiebungen hervorzubringen. Hierdurch unterscheiden sich die Flüssigkeiten grundsätzlich von den festen kristallinen Körpern, die eine mehr oder weniger hohe, scharf ausgeprägte Schubgrenze haben.

Zwischen Flüssigkeiten und festen kristallinen Körpern bestehen aber mannigfache Zwischenstufen. Ich erinnere nur an das Fließen amorpher Körper, wie z. B. von Glas, Pech, Schellack u. dergl., sowie an das Fließen kristalliner Körper oberhalb der Rekristallisationstemperatur, wie z. B. von Blei bei Raumtemperatur oder von Kohl bei Rotglut. Unterhalb der Rekristallisationstemperatur ist wegen der Verfestigung ein reines Fließen nicht mehr möglich. Es treten Gitterstörungen auf, worauf Gleitflächen blockiert werden und der Gleitwiderstand zunimmt[2]). Gleichzeitig kann aber auch eine Entfestigung stattfinden, indem allzu stark gestörte Gitterbereiche infolge der Wärmebewegung wieder eingerichtet werden (Kristallerholung).

Diese Wechselwirkung zwischen Verfestigung und Entfestigung bedingt die Abhängigkeit des Gleitwiderstandes von der Gleitgeschwindigkeit, wie *M. Polanyi* und *E. Schmid*[3]) kürzlich an Zugversuchen mit Zink- und Kadmium-Einkristallen gezeigt haben. Bei tiefen Temperaturen erwies sich die Dehnungskurve unabhängig von der Temperatur und Verformungsgeschwindigkeit.

Die Abhängigkeit des Gleitwiderstandes von der Gleitgeschwindigkeit ist auch die Ursache des Nachfließens, worunter man eine bei gleichbleibender Belastung allmählich mit abnehmender Geschwindigkeit fortschreitende Formänderung versteht[4]). Zugversuche mit Zinndrähten ergaben bei Änderung der Formänderungsgeschwindigkeit um das Zehnmillionenfache, daß sich die Abhängigkeit des Gleitwiderstandes von der Gleitgeschwindigkeit durch eine einfache Exponentialgleichung ausdrücken läßt[5]). Falls die Versuchstemperatur und die Rekristallisationstemperatur genügend weit auseinander liegen, wie z. B. bei Versuchen mit Stählen bei Raumtemperatur, ist dieses Nachfließen bei Festigkeitsversuchen praktisch ziemlich belanglos.

Schon größeren Einfluß kann das Nachfließen bei Zugversuchen mit Nichteisenmetallen haben, wo die Grenzbelastung, bei der das anfänglich starke Dehnen noch zum Stillstand kommt, die sogenannte statische Dauerfestigkeit, wahre Dauerstandfestigkeit oder Kriechgrenze (creep limit), mitunter beträchtlich unterhalb der Zugfestigkeit liegt, wie Versuche von *G. Welter* ergaben[6]). Die ersten Dauerstandversuche wurden bereits 1913 durchgeführt. Die statische Dauerfestigkeit von Elektrolytkupfer lag rd. 20 vH unterhalb der Zugfestigkeit[7]).

Von noch größerer Bedeutung wird die Abhängigkeit des Gleitwiderstandes von der Gleitgeschwindigkeit, bei Festigkeitsversuchen bei höheren Temperaturen. Solche Festigkeitsversuche sind aber heute schon oft wichtiger als die üblichen Versuche bei Raumtemperatur. Ich erinnere nur an die hohen Anforderungen, die z. B. der Behälterbau für Hoch- und Höchstdruckdampf, der neuzeitliche Dampf- und Gasturbinenbau, sowie der Bau von Verbrennungsmotoren an die Widerstandfähigkeit unsrer Werkstoffe bei höheren Temperaturen stellen. Bei den hier in Frage kommenden Temperaturen liegt die wahre Dauerstandfestigkeit oder Kriechgrenze oft weit unterhalb der bei der üblichen Streckgeschwindigkeit bestimmten Zugfestigkeit.

[1]) Über Dauerprüfmaschinen vergl. *W. Deutsch* und *G. Fiek*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1760, und *O. Föppl, E. Recker* und *G. v. Heydekampf*, Die Dauerprüfung der Werkstoffe; Berlin 1929, J. Springer.

[2]) Vergl. *P. Ludwik*, Z. Bd. 63 (1919) S. 142 und Bd. 69 (1925) S. 949.

[3]) Vergl. *M. Polanyi* und *E. Schmid*, Die Naturwissenschaften Bd. 17 (1929) S. 301.

[4]) Vergl. *P. Ludwik*, Elemente der Technologischen Mechanik, S. 50; Berlin 1909, J. Springer.

[5]) Vergl. *P. Ludwik*, Physikalische Zeitschrift Bd. 10 (1909) S. 411; vergl. auch *G. Masing*, Z. f. Metallk. Bd. 12 (1920) S. 33.

[6]) Vergl. *G. Welter*, Z. f. Metallk. Bd. 18 (1926) S. 75.

[7]) Vergl. *P. Ludwik*, Z. Bd. 57 (1913) S. 209.

Die Ermittlung einer solchen Grenzbelastung ist aber sehr umständlich und zeitraubend, da das Nachfließen oft Wochen und Monate andauert (sofern es überhaupt zum Stillstand kommt), während welcher ganzen Zeit sowohl die Belastung wie die Temperatur konstant gehalten werden muß. Da die hierbei auftretenden bleibenden Formänderungen sehr groß sind, so gibt diese wahre Dauerstandfestigkeit doch eigentlich nur Vergleichswerte.

Solche Vergleichswerte ergibt aber viel rascher ein gewöhnlicher Warmzerreißversuch, wenn nur die Streckgeschwindigkeit nicht zu hoch gewählt wird. Für praktische Zwecke wird daher die Warmfestigkeit meist aus Warmzerreißversuchen von mindestens 15 bis 20 min Dauer bestimmt[8]). Eine so ermittelte Warmfestigkeit ist von der Versuchsdauer stark abhängig.

Für mehr wissenschaftliche Untersuchungen ist daher das Verfahren von *A. Pomp* und *A. Dahmen*[9]) vorzuziehen, die als praktische Dauerstandfestigkeit jene Grenzbelastung ansehen, bei der die (mit Spiegelgeräten gemessene) Dehnung in einem bestimmten Zeitabschnitt einen gewissen Betrag nicht überschreitet, z. B. 0,001 vH in 1 h. In einem Temperaturbereich zwischen etwa 300 ° und 500 ° liegt die so ermittelte Dauerstandfestigkeit z. B. bei Kesselblech etwa zwischen der 0,01 vH- und der 0,2 vH-Grenze.

Wie gefährlich selbst geringe Beanspruchungen bei höherer Temperatur sein können, geht schon daraus hervor, daß z. B. bei geglühten Kohlenstoffstählen eine Temperaturerhöhung von 300 ° auf 500 °, also um nur 200 ° die (praktische) Dauerstandfestigkeit schon auf ein Drittel bis ein Viertel herabsetzt, Abb. 1

Durch entsprechende Legierung (mit Cr, Ni, W, Mo, V) und entsprechende Wärmebehandlung läßt sich aber die Warmfestigkeit erheblich verbessern. Bei Temperaturen oberhalb etwa 650 ° haben sich nach Untersuchungen von *E. Houdremont* und *V. Ehmcke* hochschmelzende hochchrom- und chrom-wolfram-legierte austenitische Stähle noch am besten bewährt[10]). Neben der Dauerstandfestigkeit ist bei warmfesten Legierungen natürlich auch noch die Hitzebeständigkeit (Zunderung), Wärmeausdehnung und Bearbeitbarkeit von Wichtigkeit.

### Dauerversuche mit veränderlicher Belastung

Bei den eben besprochenen Dauerversuchen wurde die Probe dauernd einer gleichbleibenden mechanischen Beanspruchung ausgesetzt. Ganz verschieden ist die Wirkung einer Dauerbeanspruchung mit veränderlicher Belastung, also einer schwingenden oder wechselnden Beanspruchung. Überschreitet mit steigender Belastung die Spannung eine gewisse Größe, so wird neben der elastischen auch noch eine (wenn auch nur ganz geringe), mit der Zeit wegen des Nachfließens zunehmende, bleibende Formänderung auftreten. Während oder nach der Entlastung kann jedoch eine Rückverformung stattfinden, wenn innere Spannungen zurückblieben. Belastungs- und Entlastungskurve bilden derart eine Schleife, die Hysteresisschleife (was wohl auch eine der Ursachen ist, warum die Ursprungsfestigkeit unterhalb der statischen Dauerfestigkeit liegt).

Innere Spannungen aber müssen stets zurückbleiben, wenn infolge Ungleichmäßigkeit der Beanspruchung oder des Stoffes das innere Spannungsfeld heterogen wird. Inhomogene Beanspruchungen (z. B. durch Biegung oder Verdrehung) sowie Gefügeverschiedenheiten, Korngrenzen usw., aber auch schon die verschiedene Orientierung der Kristallkörner im Haufwerk, können diese inneren Spannungen hervorrufen[11]). Solche inneren Spannungen sind auch, wie *G. Masing* und

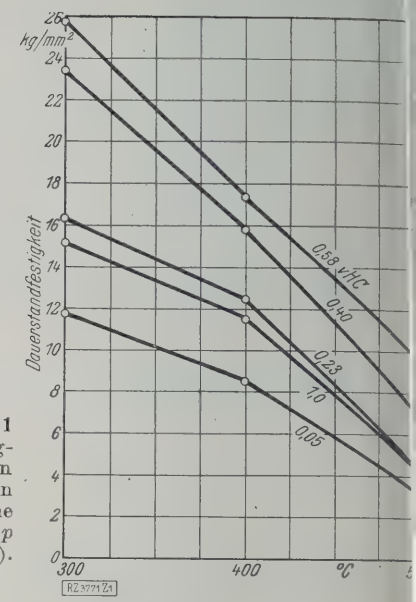



**Abb. 1** Dauerstandfestigkeit von geglühten Kohlenstoffstählen in der Wärme (nach *A. Pomp* und *A. Dahmen*).

*W. Mauksch*[12]), *M. Polanyi* und *G. Sachs*[13]) gezeigt haben, die Ursache, warum zur Rückverformung z. B. durch eine Druckbeanspruchung nach vorangegangener Zugbeanspruchung stets geringere Kräfte nötig sind, als zur weiteren gleichgerichteten Verformung, warum also z. B. eine Zugbeanspruchung die Elastizitätsgrenze gegenüber Druck herabsetzt und umgekehrt, wie schon *Bauschinger* festgestellt hat.

Dieser sogenannte Bauschinger-Effekt erwies sich nach neueren Untersuchungen von *G. Sachs*[14]) als stark abhängig von der Größe der vorangegangenen Verformung, woraus sich vielleicht neuartige Kurzzeitverfahren zur Ermittlung der Dauerfestigkeit ergeben werden. Wie *G. Sachs* und *H. Shoji*[15]) festgestellt haben, zeigen aber auch homogene Einkristalle einen ausgesprochenen Bauschinger-Effekt. Daher müßte der Begriff der inneren Spannungen auch auf die Spannungen in den Gleitflächen ausgedehnt werden. Alle inneren Spannungen wären der art eigentlich elastische Spannungen des Kristallgitters.

Zufolge dieser Gitterspannungen muß nach Überschreitung einer gewissen Grenzbelastung bei jedem Belastungswechsel Arbeit verbraucht werden. Es tritt also Dämpfung auf. Diese Dämpfung ist es vor allem, die das ganze Ermüdungsproblem so verwickelt und schwierig gestaltet. Als Dämpfungsfähigkeit oder dynamische Zähigkeit wird jene Arbeit bezeichnet, die der Werkstoff bei einer Wechselbeanspruchung von der Größe der Schwingungsfestigkeit aufnimmt (bezogen auf einen vollständigen Lastwechsel und auf die Volum- oder Gewichteinheit des arbeitenden Stabteiles)[16]).

Stoffe hoher Dämpfungsfähigkeit nehmen also (bei schwingender Beanspruchung) fortlaufend beträchtliche Arbeitsmengen auf, ohne zu ermüden[17]). Besonders bei Verdrehung ist, wie *O. Föppl*[18]) gezeigt hat, die Dämpfungsfähigkeit mitunter sehr groß. Bei frei schwingenden Teilen könnte eine starke Dämpfungsfähigkeit dadurch günstig wirken, daß die Ausbildung gefährlicher Resonanzschwingungen durch die inneren Reibungswiderstände erschwert wird, so daß Überbeanspruchungen vermieden werden, die ohne Dämpfung möglicherweise schon einen Bruch ausgelöst hätten. Worauf eigentlich diese merkwürdige Eigenschaft mancher Werkstoffe, beträchtliche Arbeitsmengen fortwährend zu verbrauchen, ohne schließlich zu brechen, zurückzuführen ist, ist noch nicht geklärt.

---

[8]) Vergl. *E. Houdremont* und *V. Ehmke*, Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenhüttenleute Nr. 152 (1929) S. 2.

[9]) Vergl. *A. Pomp* und *A. Dahmen*, Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenhüttenleute Nr. 98 (1926). Vergl. auch *A. Pomp*, Z. Bd. 71 (1927) S. 1034, und *F. Körber*, Z. f. techn. Physik Bd. 8 (1927) S. 421.

[10]) Vergl. *E. Houdremont* und *V. Ehmke*, Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenhüttenleute Nr. 152 (1929) S. 6.

[11]) Vergl. *G. Sachs* und *G. Fiek*, Der Zugversuch, S. 121, Leipzig 1926, Akademische Verlagsges.; *W. Kuntze*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1488.

[12]) Vergl. *G. Masing* und *M. Mauksch*, Wissenschaftl. Veröffentlichungen aus dem Siemens-Konzern Bd. 4 (1925) S. 244, und Bd. 5 (1926) S. 142.

[13]) Vergl. *M. Polanyi* und *G. Sachs*, Z. f. Physik Bd. 33 (1925) S. 692.

[14]) *G. Sachs* (im Druck).

[15]) Vergl. *G. Sachs* und *H. Shoji*, Z. f. Physik, Bd. 45 (1927) S. 776.

[16]) Nach *R. Mailänder*, Ermüdung und Dauerfestigkeit, Werkstoff-Handbuch „Stahl und Eisen", D 11/2 (1928).

[17]) Vergl. auch *E. Lehr*, Glasers Annalen, Bd. 99 (1926) Nr. 1184, 1185, 1188 und 1191 und „Die Werkzeugmaschine" Bd. 31 (1927) S. 400.

[18]) Vergl. *O. Föppl*, „Maschinenbau" Bd. 4 (1925) S. 515; Schweiz. Bauzeitung Bd. 86 (1925) S. 281; Z. Bd. 70 (1926) S. 1291, Bd. 72 (1928) S. 1294, Bd. 73 (1929) S. 766; „Metallwirtschaft" Bd. 8 (1929) S. 419.

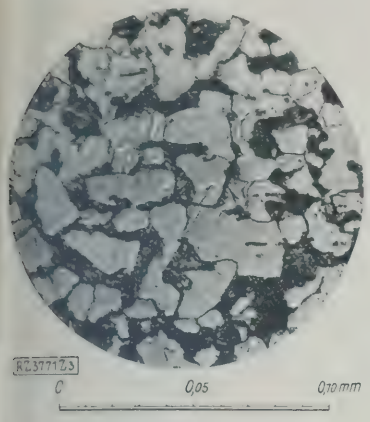



Abb. 3. Nach 1 Million Lastwechsel.

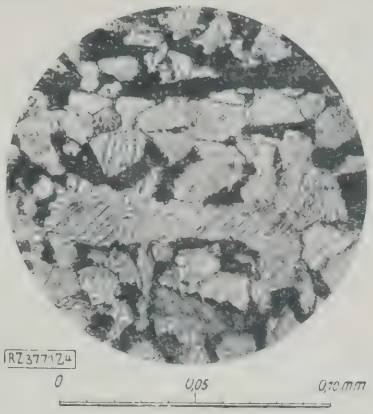



Abb. 4. Nach 10 Millionen Lastwechsel.

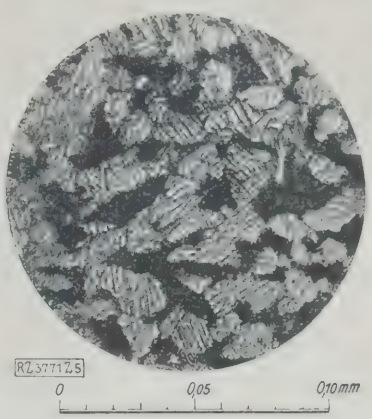



Abb. 5. Nach 20 Millionen Lastwechsel.

**Abb. 3 bis 5.** Gefügeänderung in der Randzone von St. 48 während des Dauerbiegeversuches bei $\sigma = \sigma_D = 27\,\mathrm{kg/mm^2}$ und $t = 55\,^\circ\mathrm{C}$.

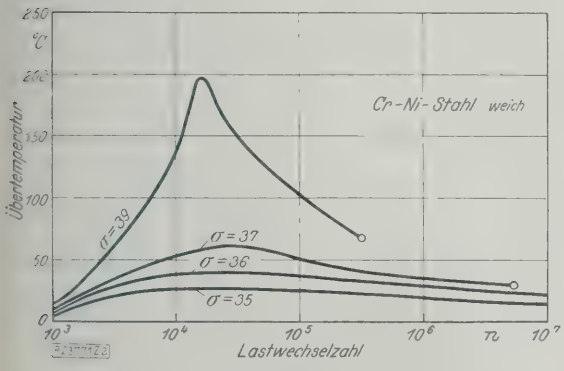



**Abb. 2**
Änderung der Übertemperatur $t$ von Cr-Ni-Stahl mit der Lastwechselzahl $n$ bei gleichbleibenden Spannungen $\sigma$.

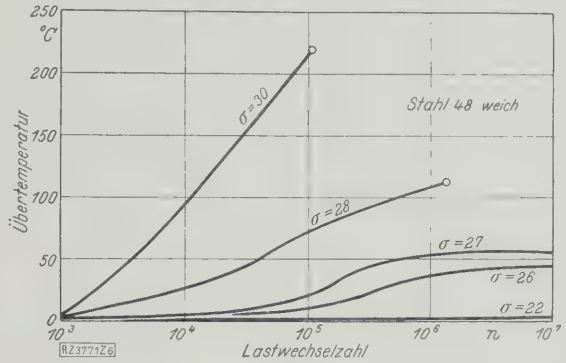



**Abb. 6**
Änderung der Übertemperatur $t$ von Stahl 48 mit der Lastwechselzahl $n$ bei gleichbleibenden Spannungen $\sigma$.

Von unseren einschlägigen, auf einer Dauerbiegemaschine von Carl Schenck durchgeführten Versuchen möchte ich nur einige wenige herausgreifen. Abb. 2 zeigt die Änderung der Dämpfung mit der Lastwechselzahl bei einem weichen Chrom-Nickel-Stahl. Als Abszissen wurden (im logarithmischen Maßstab) die Lastwechselzahlen $n$ und als Ordinaten die Übertemperaturen $t$ aufgetragen. Es genügte, das Thermoelement einfach mit einer Schnur an den Probestab fest anzubinden. Der der Maschine beigegebene breite, scharfkantige, zweiteilige Klemmring ergab, wenn auch nur leicht aufgeklemmt, bei der Durchbiegung des Probestabes oft ebenso starke Kerbwirkungen, wie eine ringsumlaufende scharfe Kerbe. $\sigma_D$ ist die Schwingungsfestigkeit (für $n = 10^7$). Die Änderung der Temperatur $t$ ergibt (unter sonst gleichen Umständen) bei annähernd gleicher Wärmeleitfähigkeit, Stabform, Abkühlung usw. wenn auch kein Maß, so doch immerhin einen Anhalt für die Änderung der Hysteresisarbeit oder Dämpfung mit der Lastwechselzahl[19]). Zu beachten ist auch, daß ein Temperaturgleichgewicht erst allmählich erreicht wird und daß verschiedene Teile des Stabes verschieden stark dämpfen. Die an der Oberfläche in der Stabmitte gemessene Temperatur gibt also nur einen Mittelwert. Deutlich tritt hervor, daß mit zunehmender Belastung die Dämpfung stark zunimmt, daß aber auch bei derselben Belastung $\sigma$ die Dämpfung durchaus nicht gleich bleibt, sondern anfänglich zu-, später aber wieder abnimmt. Besonders bei höheren Belastungen war diese Veränderlichkeit der Dämpfung mit der Wechselzahl sehr scharf ausgeprägt[20]).

Die Größe der Dämpfung ist also nicht nur abhängig von der Art und Größe der Beanspruchung, sondern auch bei gleicher Beanspruchung sehr stark von der Zahl der vorhergegangenen Lastwechsel. Eine mehr oder weniger starke Veränderlichkeit der Dämpfung mit der Wechselzahl konnten wir auch bei andern Werkstoffen feststellen. Mitunter, z. B. bei ausgeglühtem Gelbtombak, erreichte die Dämpfung gleich zu Beginn des Dauerversuches einen Höchstwert, der dann aber allmählich bis fast auf null wieder abfiel. In andern Fällen wurde dieser Dämpfungshöchstwert erst sehr spät erreicht. So setzte z. B. bei Baustahl St 48 (bei einer Beanspruchung in der Größe der Schwingungsfestigkeit) der Temperaturabfall erst nach rd. 20 Millionen Wechsel ein.

Abb. 3 bis 5 zeigen das Gefüge von St 48 nach rd. 1, 10 und 20 Mill. Lastwechsel. Die Zahl der Gleitlinien nimmt mit der Wechselzahl zu. Bei noch höheren Wechselzahlen (über 20 Mill.) waren keine weiteren Gefügeveränderungen mehr festzustellen, wenigstens nicht bis 100 Mill. Wechsel, wo der Versuch abgebrochen wurde. Bei einem nur wenig dämpfenden Silizium-Baustahl (fast gleicher Streckgrenze und Festigkeit) traten dagegen beim Dauerversuch bei $\sigma = \sigma_D = 31\,\mathrm{kg/mm^2}$ gar keine Gleitlinien auf[21]).

Aus Abb. 6 ist zu ersehen, daß bei St 48 bei oberhalb der Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ liegenden Beanspruchungen der Bruch erfolgte, bevor der Dämpfungshöchstwert erreicht wurde. Abb. 6 zeigt aber auch noch, daß bei unterhalb der Schwingungsfestigkeit liegenden Belastungen (z. B. bei $\sigma = 26\,\mathrm{kg/mm^2}$) die Dämpfung mit der Wechselzahl zunahm. Hieraus geht hervor, daß schon bei Beanspruchungen, die noch unterhalb der Ermüdungsgrenze (Schwingungsfestigkeit) liegen, Veränderungen im Werkstoff vor sich gehen müssen.

Recht bemerkenswert ist auch z. B. der Dämpfungsverlauf bei manchen austenitischen Stählen. Abb. 7 zeigt, daß bei einem austenitischen V2A-Stahl, bei einer

[19]) Vergl. *G. v. Heydekampf*, Eine Dauerbiegemaschine mit schwingendem, in der Meßstrecke gleichmäßig beanspruchtem Probestab, Berlin 1929, NEM-Verlag.

[20]) Veränderungen der Dämpfung mit der Wechselzahl wurden bereits bei Verdrehungsbeanspruchung von *O. Föppl*, Z. Bd. 70 (1926) S. 1291, und bei Zug-Druck-Beanspruchung von *E. Voigt*, Z. f. techn. Physik Bd. 9 (1928) S. 321, festgestellt.

[21]) Vergl. *P. Ludwik*, Bruchgefahr und Materialprüfung, Abb. 38, Eidgen. Materialprüf.-Anst., Diskussionsbericht Nr. 35, Zürich 1928.

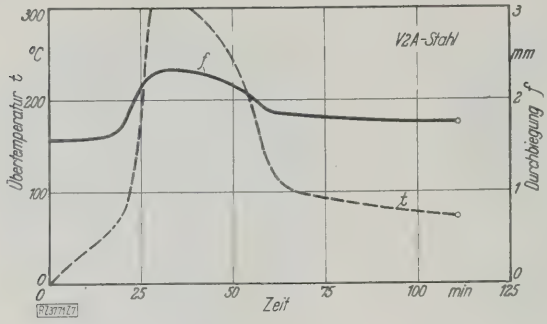



**Abb. 7**
Änderung der Durchbiegung $f$ und der Übertemperatur $t$ von V 2 A-Stahl bei einer Spannung $\sigma = \sigma_D + 1 = 26$ kg/mm².

Belastung $\sigma = \sigma_D + 1 = 26$ kg/mm², schon nach etwa einer halben Stunde die Temperatur über 300 ° stieg, um dann aber ebenso rasch wieder abzufallen. Dagegen wurde bei der Schwingungsfestigkeit $\sigma_D = 25$ kg/mm² [22]), also bei einer nur um 1 kg/mm² geringeren Belastung, nur mehr eine Übertemperatur von kaum 20 ° (bei $n \sim 10^5$) erreicht, die allmählich auf 8 ° (bei $n \sim 10^7$) zurückging, um dann (bis $n \approx 5 \times 10^7$, wo der Versuch abgebrochen wurde) gleich groß zu bleiben. Dieser austenitische Stahl dämpfte also bei einer nur wenig über der Schwingungsfestigkeit liegenden Beanspruchung anfänglich zwar sehr stark, hatte aber trotzdem nur eine geringe Dämpfungsfähigkeit (bei $\sigma = \sigma_D$ und $n = 10^7$).

Daß Dämpfungshöchstwert und Dämpfungsendwert in keinem unmittelbaren Zusammenhange stehen, zeigt auch sehr anschaulich die Zusammenstellung in Abb. 8, wobei als Abszissen die Wechselzahlen $n$ (im logarithmischen Maßstab) und als Ordinaten die Übertemperaturen $t$ aufgetragen wurden, und zwar bei einer Beanspruchung von der Größe der Schwingungsfestigkeit ($\sigma = \sigma_D$). Deutlich tritt hervor, daß sich die Kurven vielfach kreuzen, daß also bei verschiedenen Werkstoffen die Dämpfung sich sehr verschiedenartig mit der Lastwechselzahl verändert. Der Verlauf dieser Kurven läßt auch erkennen, daß die Dämpfung nach zehn Millionen Lastwechseln ($n = 10^7$) noch lange keinen gleichbleibenden Grenzwert erreicht hat und mitunter selbst nach 100 Millionen Wechseln ($n = 10^8$) noch weiter abfällt.

Von den untersuchten Stählen zeigte Stahl *d*, Abb. 8, mit 0,3 vH Kohlenstoff die größte Dämpfungsfähigkeit (bei $\sigma = \sigma_D$ und $n = 10^7$)[23]). Doch kann, wie auch Abb. 8 erkennen läßt, die Dämpfung bei demselben Kohlenstoffgehalt sehr verschieden sein, je nach der chemischen Zusammensetzung (vergl. z. B. Stahl *b* und *c*), dem Gefügeaufbau (vergl. z. B. Stahl *g* und *h*) usw.

Auf die verwickelten Vorgänge, die die Größe und Veränderlichkeit der Dämpfung bestimmen, hier noch näher einzugehen, würde zu weit führen. Aber auch schon die eben erwähnten Versuche lassen erkennen, daß während des Dauerversuches im Werkstoff verschiedenartige Veränderungen auftreten, und zwar mitunter sogar bei Beanspruchungen, die noch unterhalb der Schwingungsfestigkeit liegen.

Wann und warum ein Ermüdungsbruch zustande kommt, ist jedoch aus den Dämpfungskurven nicht zu entnehmen, da der Bruch sowohl vor als auch nach erreichtem Dämpfungshöchstwert aufgetreten war. Schon dies deutet darauf hin, daß der Dauerbruch durch den sich gewissermaßen kreuzenden Ablauf zweier verschiedener, doch miteinander verknüpfter Vorgänge ausgelöst wird, von denen bisher nur die eine, die Dämpfung, in Betracht gezogen, während der andre, die Gefügelockerung, noch unberücksichtigt geblieben ist. Eine solche Gefügelockerung aber muß eintreten, wenn ein

[22]) Bei einer früheren Lieferung betrug die Schwingungsfestigkeit $\sigma_D = 24$ kg/mm². Vergl. Zahlentafel 3.

[23]) Im Zusammenhang hiermit sei daran erinnert, daß nach Versuchen von *Fr. Körber* und *W. Rohland* über das elastische Verhalten kaltgereckten Stahles (Mitt. Kaiser-Wilhelm-Inst. f. Eisenforschung, Bd. 5 (1924) S. 37) Stähle mit mittlerem Kohlenstoffgehalt die stärkste Nachkürzung zeigten.

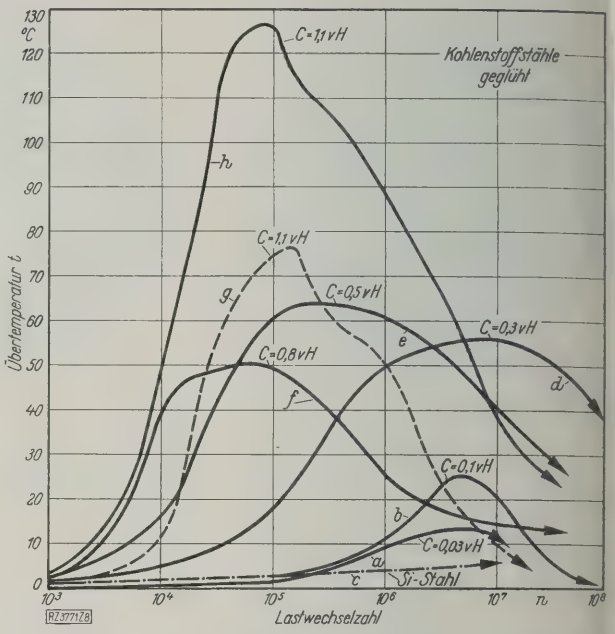



**Abb. 8**
Änderung der Übertemperatur $t$ mit der Lastwechselzahl $n$ von geglühten Kohlenstoffstählen bei der Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$.

| Bezeichnung | Werkstoff | Kohlenstoffgehalt vH | Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ kg/mm² | Übertemperatur t° C bei $\sigma = \sigma_D$: Höchstwert | bei $n = 10^7$ |
|---|---|---|---|---|---|
| *a* | Sonderweicheisen | 0,03 | 17 | 14 | 12 |
| *b* | Baustahl St 37 | 0,1 | 19 | 25 | 21 |
| *c* | Silizium-Baustahl | 0,1 | 31 | 7 | 6 |
| *d* | Baustahl St 48 | 0,3 | 27 | 55 | 55 |
| *e* | Siemens-Martin-Stahl St 70 | 0,5 | 30 | 64 | 41 |
| | Siemens-Martin-Stahl St 90 | 0.8 | 42 | 51 | 15 |
| *g* | Werkzeugstahl A (Zahlentafel 2) mit körnigem Perlit | 1,1 | 22 | 77 | 10 |
| *h* | Werkzeugstahl A mit lamellarem Perlit | 1.1 | 31 | 126 | 38 |

gewisser Grenzwert der Spannung und Gleitung überschritten wird, da dann erst wohl nur wenige, später aber immer mehr und mehr Bindungen zu stark gezerrt, überanstrengt und zerrissen werden. So wird örtlich das Kristallgitter so lange geschwächt, bis schließlich dort ein Anriß erfolgt, während die unmittelbar angrenzenden Teile noch gar nicht überbeansprucht zu sein brauchen.

Dieser als scharfe Kerbe wirkende Anriß löst dann den Dauerbruch in bekannter Weise aus, indem sich der Riß allmählich vergrößert, bis der dadurch immer mehr geschwächte restliche, noch tragende Querschnitt diese Überbeanspruchung nicht mehr aushält und dann plötzlich ganz durchreißt. Der Restbruch hebt sich durch sein ganz andres, mehr körniges Aussehen meist deutlich von den ermüdeten Stoffteilen ab, was dem Dauerbruch sein so kennzeichnendes Aussehen gibt. Mitunter ist auch das allmähliche Fortschreiten des Dauerbruches über den Bruchquerschnitt durch Zonenbildungen kenntlich, die die Anbruchstelle umschließen. Diese Stelle ist zumeist durch irgendwelche äußere oder innere Kerbwirkungen gegeben, wie z. B. Oberflächenverletzungen durch Dreh- oder Schleifriefen, zu schroffe Querschnittübergänge, Schlackeneinschlüsse, Seigerungen, poröse Stellen und dergleichen.

So zeigt Abb. 9 einen Dauerbruch (der Speiche eines Lokomotiv-Treibrades) mit deutlicher Zonenbildung. Wie aus der Bruchfläche zu ersehen, erfolgte der Dauerbruch durch eine wechselnde Biegebeanspruchung. Abb. 10 bis 12 lassen erkennen, daß die Bruchlinie bei Dauerbrüchen größtenteils durch die Körner und nur längs ganz kurzer Strecken zwischen den Körnern verläuft.

Oft (besonders bei niedriger Elastizitätsgrenze) tritt während der Wechselbeanspruchung eine mehr oder

einiger starke Kalthärtung ein[24]). Eine besonders starke Verfestigung (Schubverfestigung neben einer schwächeren Reißverfestigung) tritt bei der Dauerbeanspruchung von Mikrokristallen ein. Häufig sind Gleitlinien, fallweise auch Abschiebungen und Kristallzerklüftungen zu beobachten[25]), vereinzelt auch Gefügevergröberungen und Wanderungen des Zementits an die Korngrenzen[26]). Derartige Veränderungen sind aber doch wohl nur als Begleiterscheinungen zu werten, da sich oft auch keinerlei Gefügeveränderungen infolge Ermüdung nachweisen ließen[27]).

Die hier versuchte Deutung der Ermüdungsvorgänge aus Gitterspannungen würde dies verständlich machen, da sich solche Spannungen metallographisch nicht nachweisen lassen. Derartige Gitterspannungen würden einerseits aber auch erklären, warum die Ermüdungsgrenze so tief unterhalb der Reißfestigkeit liegt, und anderseits, warum der Dauerbruch auch bei sehr zähnbaren Stoffen stets ein ganz spröder Bruch ist. Diese beiden Umstände, also die geringe Beanspruchung, die genügt, einen Dauerbruch auszulösen und das plötzliche Auftreten solcher Brüche ohne vorangehende Verformung, sind es vor allem, die den Dauerbruch so gefährlich machen[28]).

Eine bemerkenswerte Erscheinung, die *E. Lehr* als Hochtrainieren bezeichnet, wird in diesem Zusammenhange vielleicht verständlicher. Wie schon *Moore* und *Jasper*[29]) beobachteten, lassen sich nämlich bei manchen Werkstoffen beträchtlich höhere Schwingungsfestigkeiten erreichen, wenn nicht gleich die volle Belastung aufgewendet wird, sondern wenn die Beanspruchung während des Dauerversuches eine ganz allmähliche Steigerung erfährt. Es tritt also hier gewissermaßen eine langsame Gewöhnung des Werkstoffes an immer höhere und höhere Beanspruchungen ein.

Vielleicht wäre dies so zu erklären, daß bei allmählicher Laststeigerung die dann niedrigeren Gitterspannungen noch einen Beharrungszustand erreichen lassen, wogegen bei sofort einsetzender Höchstbelastung wegen der dann höheren Spannungen die Gefügelockerung nicht mehr zum Stillstande kommt.

[24]) Vergl. *J. Czochralski* und *E. Henkel*, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 58, und *E. Schmid*, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 69.
[25]) Vergl. *P. Ludwik* und *R. Scheu*, Z. Bd. 67 (1923) S. 122 Abb. 13 bis 16.
[26]) Nach Versuchen von *W. Herold*, Ber. Werkstoffaussch. V. d. Eisenhüttenleute Nr. 126 (1928).
[27]) Vergl. *P. Ludwik*, Bruchgefahr und Materialprüfung, Abb. 44 und 45, Eidgen. Materialprüf.-Anst., Diskussionsbericht Nr. 35, Zürich 1928.
[28]) Vergl. *P. Ludwik*, Z. d. österreich. Ing.- u. Arch.-Ver. Bd. 81 (1929) S 403.
[29]) Vergl. *Moore* und *Jasper*, Bulletin 142, Illinois 1924 (nach *O. Föppl*, Die Dauerprüfung der Werkstoffe, S. 120, Berlin 1929, J. Springer).

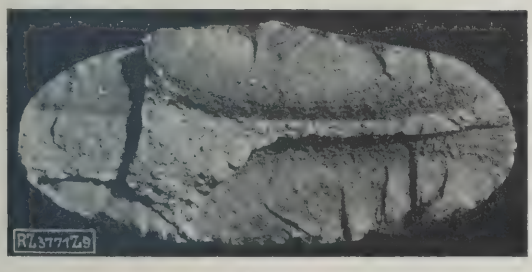



Abb. 9
Dauerbruch einer Lokomotivradspeiche.

### Versuchsergebnisse

Anschließend an die mehr theoretischen Erörterungen der grundsätzlichen Fragen möchte ich noch über die Ergebnisse einiger größerer Versuchsreihen kurz berichten, die in den letzten Jahren an der Technischen Versuchsanstalt an der Technischen Hochschule Wien durchgeführt worden sind.

Noch nicht abgeschlossen sind Dauerbiegeversuche, die mit Eisenbetonbalken im Auftrage des österreichischen Eisenbetonausschusses unter Leitung von *R. Saliger* von *Fr. Rinagl* ausgeführt wurden. Ich möchte hier nur erwähnen, daß bei 170 Lastwechseln in 1 min zwischen null und einer oberen Belastung schon bei einer Eisenspannung von 200 bis 400 kg/cm² nach noch kaum 100 000 Lastwechseln Risse im Beton (auf der Zugseite) auftraten, die aber noch so fein waren, daß sie selbst mit dem Mikroskop bei 50-facher Vergrößerung nicht aufzufinden waren. Wurde jedoch ein Tensometer (mit 20 mm Meßlänge, z. B. von Huggenberger oder Stopani) freihändig an verschiedenen Stellen der Betonoberfläche angedrückt, so treten bei jedem Lastwechsel entsprechend der geringen Betondehnung ganz kleine Ausschläge auf, die über einer Rißstelle sprunghaft auf 0,002 bis 0,005 mm (um welchen Betrag sich der Riß öffnet und schließt) zunehmen, während neben der Rißstelle (wegen der Entlastung durch den Riß) das Tensometer gar nicht ausschlägt. Erst bei stärkerem Klaffen der Risse konnte der Rißverlauf mit dem Mikroskop bestätigt werden.

Dieses von *Fr. Rinagl* benutzte Verfahren des Rissesuchens mit dem Tensometer wäre auch bei ausgeführten Bauten möglich; natürlich nur, wenn die Belastung wechselt, so daß sich die Risse öffnen und schließen.

Da die ersten Risse bei stark bewehrten Balken bei geringeren Eisenspannungen auftraten, als bei schwach bewehrten, so ist anzunehmen, daß solche Risse, zum Teil wenigstens, durch innere Spannungen (Zugspannungen) ausgelöst werden, die schon bei der Erhärtung des Betons entstehen, indem die Eiseneinlagen die Betonschwindung hindern. Die Festigkeitsverminderung durch derartige, bei Dauerbeanspruchungen schon unterhalb der zulässigen Eisenspannung auftretende Risse ist unbedenklich. Ob und inwieweit aber hierdurch die Rostgefahr erhöht wird, erscheint noch fraglich.

Mit metallischen Werkstoffen wurden in den letzten Jahren von *R. Scheu* und *J. Krystof* hauptsächlich Dauerbiegeversuche mit einer Maschine von Carl Schenck, Darmstadt, und Schlagdauerbiegeversuche (mit Drehung um 180°) mit einem Universaldauerhammer von A. J. Amsler & Co., Schaffhausen, durchgeführt. Für Dauerverdrehversuche wurde vorläufig eine Drehschwingungsmaschine der Maschinenfabrik Augsburg-Nürnberg A.-G. benutzt.

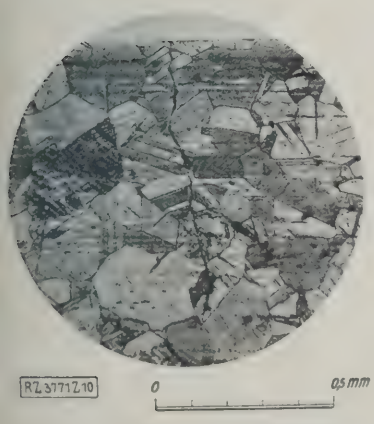



Abb. 10. Anriß zumeist intrakristallin verlaufend.

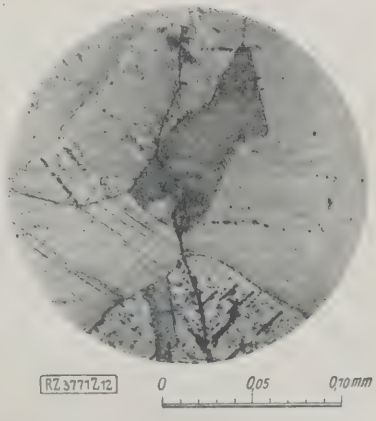



Abb. 11 und 12. Einzelheiten aus Abb. 10.

**Abb. 10 bis 12.** Dauerbruch von V2 A-Stahl bei $\sigma = \sigma_D + 1 = 26$ kg/mm².

Um das Verhalten möglichst verschiedenartiger Stoffe im Dauerversuch vergleichend beurteilen zu können, wurden nicht nur verschiedene Bau-, Konstruktions- und Werkzeugstähle geprüft, sondern auch Gußeisen, Leichtmetalle, Kupfer, Zink, Messing usw. Besonders untersucht wurde auch der Einfluß der Kaltreckung und Wärmebehandlung. Mit sämtlichen Werkstoffen wurden auch noch Elastizitäts- und Zugversuche, Kugel- und Kegeldruckproben, sowie Kerbschlag-, Kerbdauer- und Schlagdauerversuche gemacht. Bei den Dauerbiegeversuchen und bei den Abkürzungsversuchen wurden Durchbiegung ($f$), Übertemperatur ($t$) und Leistung gemessen. Letztere Messung erwies sich aber wegen der mitunter veränderlichen Lagerreibungen als nicht ganz verläßlich.

Zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit war es meist nötig, drei bis sechs Dauerversuche mit verschiedenen Belastungen durchzuführen. Unter Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ wurde dann jene größte (unter Voraussetzung der Gültigkeit des *Hookeschen* Gesetzes ermittelte) Spannung verstanden, die der Probestab zehn Millionen Male ertrug, falls gleich die volle Belastung angewendet wird. Zu beachten ist, daß bei allmählich ansteigender Belastung oft viel höhere Spannungen ertragen werden. Es ist hier natürlich nicht möglich, diese sehr umfangreichen Versuche ausführlicher zu besprechen. Ich möchte daher nur einige Versuchsergebnisse herausgreifen, die vielleicht von allgemeiner Bedeutung sind.

So die Frage, ob und inwieweit es möglich ist, die Dauerfestigkeit (Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$) eines Werkstoffes aus Abkürzungsverfahren zu ermitteln. Solche Abkürzungsverfahren beruhen meist darauf, daß mit zunehmender Belastung auch Durchbiegung, Temperatur und Leistung mehr oder weniger ansteigen[30]). Die Art dieses Anstieges läßt dann häufig Rückschlüsse auf die Größe der Dauerfestigkeit zu. Besonders der Krümmungsbeginn der Temperatur- und Leistungskurve soll bei allen Nichteisenmetallen und den meisten Stählen die Höhe der Dauerfestigkeit kennzeichnen[31]). Unsere Versuche ergaben jedoch, daß bei ausgeglühten Werkstoffen, wie z. B. bei Kupfer, Messing, St. 48, sowie bei legierten Konstruktionsstählen (im ausgeglühten Zustand) die Schwingungsfestigkeit meist mehr oder weniger oberhalb dieses Krümmungsbeginnes lag[32]). Bei vergüteten Stählen und Leichtmetallen ist wegen des steilen Kurvenverlaufes der Krümmungsbeginn überhaupt schwer feststellbar. Häufig auch beginnen sich die Durchbiegungskurven erst bei höheren Belastungen als die Temperaturkurven deutlich zu krümmen.

Es dürfte daher mitunter nicht leicht sein, aus einem Abkürzungsversuch die Schwingungsfestigkeit eines Werkstoffes mit Sicherheit zu ermitteln, falls nicht aus Vorversuchen das Verhalten des betreffenden Stoffes im Dauerversuch bekannt ist. Wohl aber könnten Abkürzungsversuche dazu dienen, die Zahl der zur Ermittlung der Dauerfestigkeit erforderlichen Dauerversuche zu vermindern, oder Unterschiede in der Dauerfestigkeit von Stoffen der gleichen Materialgruppe vergleichend festzustellen (was aber durch eine einfache Härteprobe mitunter noch viel rascher und bequemer geschehen könnte). Zu beachten wäre auch, daß durch derartige Abkürzungsverfahren der Einfluß äußerer oder innerer Kerbwirkungen (z. B. durch die Oberflächenbearbeitung oder durch Einschlüsse) nicht feststellbar ist.

Nach *O. v. Bohuszewicz* und *W. Späth*[33]) soll dies durch ein andres Kurzzeitverfahren möglich sein, bei dem die Beanspruchung, durch Überlagerung einer dynamischen Verdrehungsschwingung über eine statische Verdrehungs-Vorlast erfolgt.

Von Wichtigkeit ist auch die Frage, ob die Ermüdungsgrenze mit andern Stoffeigenschaften in Beziehung steht. Nach einer oft vertretenen Ansicht sollen Elastizitätsgrenze und Ermüdungsgrenze im wesentlichen identisch sein. Ein Dauerbruch wäre hiernach stets dann zu erwarten, wenn die Beanspruchung die Elastizitätsgrenze überschreitet. Wie verschieden hoch jedoch die verschiedenen Elastizitätsgrenzen (0,001 vH-, 0,003 vH-, 0,03 vH-Grenze) im Verhältnis zur Ermüdungsgrenze (Schwingungsfestigkeit) bei verschiedenen Werkstoffen liegen können, zeigen Zahlentafel 1 bis 3. Irgendeine allgemein gültige Beziehung zwischen einer der (Zug-) Elastizitätsgrenzen und der Schwingungsfestigkeit ist nicht zu erkennen[34]). Die Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ lag oft doppelt so hoch als die 0,001 vH-Grenze, manchmal noch weit über der 0,03 vH-Grenze und in einzelnen Fällen sogar noch oberhalb der Dehngrenze (0,2 vH-Grenze).

Daher besteht auch keine allgemein gültige Beziehung zwischen Dehngrenze oder Streckgrenze und Schwingungsfestigkeit. So betrug z. B. die Schwingungsfestigkeit von Scleron nur ⅓, von Chrom-Nickelstahl (zähhart vergütet) über ½, von Baustahl St 48 etwa ¾, Gelbtombak (geglüht) fast 1,3 und von Elektrolytkupfer (geglüht) über das Zweifache der Dehngrenze, Zahlentafel 1 bis 3. Bemerkenswert ist auch, daß durch eine selbst beträchtliche Vorstreckung keine erhebliche Erhöhung der Schwingungsfestigkeit erzielt werden konnte. So bewirkte z. B. bei Gelbtombak eine Vorstreckung von 10 vH nur eine Erhöhung der Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ um 15 vH, während die Dehngrenze um 120 vH stieg, Zahlentafel 1. Auch bei Baustahl St 48 erhöhte eine Vorstreckung um 5 bis 10 vH die Schwingungsfestigkeit nur um rd. 10 vH. Die wirkliche Erhöhung der Dauerfestigkeit ist sogar noch geringer, da wir bei kaltgereckten Stählen Dauerbrüche auch bei mehr als 10 Mill. Lastwechsel beobachteten.

In diesem Zusammenhange sei noch hervorgehoben, daß auch eine Erhöhung der Streckgrenze durch (künstliche) Alterung (Vorstreckung um 5 bis 10 vH und einstündiges Anlassen auf 250 °) keine erhebliche Erhöhung der Schwingungsfestigkeit bewirkte, Zahlentafel 2.

Um so beachtenswerter ist, daß eine 14-tägige Lagerung bei Raumtemperatur (20 °) nach vorangegangener Abschreckung von 700 ° (in Wasser) bei einem Baustahl St 37 nicht nur die Streckgrenze von 23 auf 41 kg/mm², sondern auch die Schwingungsfestigkeit von 19 auf 31 kg/mm² erhöhte, Zahlentafel 2, St 37, veredelt.

Die Ursache, warum die Schwingungsfestigkeit oft nicht nur weit oberhalb der Elastizitätsgrenze, sondern mitunter sogar noch über der Dehngrenze liegt, dürfte wohl

[30]) Vergl. *E. Lehr*, Die Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwingungsfestigkeit von Materialien, Darmstadt 1926, L. Simon.
[31]) Vergl. „*Glasers* Annalen" Bd. 99 (1926) S. 178.
[32]) Vergl. *P. Ludwik* und *R. Scheu*, „Metallwirtschaft" Bd. 8 (1929) S. 1.
[33]) Vergl. *O. v. Bohuszewicz* und *W. Späth*, Ber. Werkstoffausschuß V. d. Eisenhüttenleute Nr. 135 (1928).
[34]) Vergl. *W. Kuntze, G. Sachs* und *H. Sieglerschmidt*, Z. f. Metallk. Bd. 20 (1928) S. 64; *K. Laute* und *G. Sachs*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1188; *W. Kuntze*, Z. Bd. 72 (1928) S. 1488.

**Zahlentafel 1**
Vergleichende Zug-, Härte- und Dauerbiegeversuche mit Nichteisenmetallen.

| Werkstoff | Elastizitätsgrenzen | | | Dehngrenze | Zugfestigkeit | Bruchspannung | Bruchdehnung | Einschnürung | Kugeldruckhärte | Kegeldruckhärte | Schwingungsfestigkeit | | Verhältniszahlen | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_{0,001}$ kg/mm² | $\sigma_{0,003}$ kg/mm² | $\sigma_{0,03}$ kg/mm² | $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | $K_z$ kg/mm² | $\sigma_B$ kg/mm² | $\delta_B$ vH | $\psi_B$ vH | $H_B$ kg/mm² | $H_{90°}$ kg/mm² | poliert $\sigma_D$ kg/mm² | gekerbt $\sigma_{KD}$ kg/mm² | $\frac{2\,\sigma_D}{\sigma_{0,2}+K_z}$ | $\frac{\sigma_D}{K_z}$ |
| Elektron AZM, weich . . | 5,7 | 7,4 | 11,7 | 13,6 | 31,3 | 40,5 | 12,1 | 23,6 | 66 | 87 | 11 | 10 | 0,49 | 0,35 |
| Duralumin 681 b, geglüht | 4,9 | 8,1 | 9,6 | 11,9 | 27,1 | 36,1 | 16 | 30 | 75 | 90 | 12 | 8 | 0,6 | 0,44 |
| „ „ veredelt | 16,7 | 18,5 | 21,6 | 24,2 | 40,8 | 56,1 | 18 | 27,7 | 112 | 160 | 14 | 14 | 0,43 | 0,34 |
| Scleron, vergütet (hart) . | 11,5 | 23,9 | 41 | 47,1 | 57,2 | 67,4 | 13,5 | 15,1 | 147 | 198 | 16 | 11 | 0,31 | 0,28 |
| Elektrolytkupfer, geglüht | — | — | 3,4 | 4,4 | 22,4 | 54,5 | 50,9 | 69,4 | 48 | 71 | 9 | 7 | 0,67 | 0,4 |
| Zink, geglüht*) . . . . . | 1 | 1,5 | 2,9 | 4,5 | 9,1 | 9,6 | 4,8 | 6 | 38 | 50 | 2,5 | 2 | 0,37 | 0,28 |
| Gelbtombak, geglüht . . | 9 | 10,1 | 11 | 11,2 | 34,2 | 102,4 | 56,3 | 73,8 | 77 | 115 | 14 | 14 | 0,62 | 0,41 |
| „ „ 10 vH vorgereckt . . . . . | 9,8 | 14,3 | 24,1 | 24,9 | 37,4 | 102,4 | 43,5 | 71,2 | 103 | 134 | 16 | 16 | 0,51 | 0,43 |

*) Die angeführten Werte gelten nur für die übliche Versuchsgeschwindigkeit.

arin zu suchen sein, daß, besonders bei niedrig gelegener Elastizitätsgrenze, während des Dauerversuches eine Verfestigung stattfindet[35]).

Da zwischen Elastizitätsgrenze und Schwingungsfestigkeit, sowie zwischen Dehngrenze und Schwingungsfestigkeit keine allgemein gültige Beziehung besteht, so haben wir auch noch untersucht, inwieweit die Schwingungsfestigkeit mit anderen Stoffeigenschaften in Beziehung steht.

Nach *R. Stribeck*[36]) soll bei Stählen das Verhältnis der Schwingungsfestigkeit zur halben Summe aus der Streckgrenze und Zugfestigkeit 0,57 betragen. Bei den untersuchten Stählen schwankte dieses Verhältnis um ± 20 vH und bei den Nichteisenmetallen sogar um fast rd. ± 40 vH. Schaltet man jedoch die veredelten Leichtmetalle (Duralumin, Scleron) aus, so liegt der *Stribecksche* Faktor, sowohl bei den Stählen, wie auch bei den Nichteisenmetallen, zwischen rd. 0,5 und 0,7. In den meisten Fällen wäre es also möglich, die Schwingungsfestigkeit mit einer Genauigkeit von rd. ± 20 vH aus der Summe der Streckgrenze (Dehngrenze) und Zugfestigkeit zu berechnen, Zahlentafel 1 bis 3.

Bei Stählen nimmt der *Stribecksche* Faktor im Durchschnitt ein wenig ab, wenn die Summe aus Streckgrenze und Zugfestigkeit wächst. Um diesen Einfluß auszugleichen, setzen *E. Houdremont* und *R. Mailänder* $\sigma_D = 0{,}25\,(\sigma_s + K_z) + 5$, welche Formel bei vielen Stählen eine noch etwas bessere Übereinstimmung gibt als die *Stribecksche*[37]). Hierbei ist $\sigma_D$, $\sigma_s$ und $K_z$ in kg/mm² einzusetzen.

*W. Herold*[38]) ergänzte die *Stribecksche* Formel noch durch ein negatives Zusatzglied, um dem Umstand Rechnung zu tragen, daß bei geschliffenen (statt polierten) Proben sehr harte Stähle oft eine etwas geringere Schwingungsfestigkeit haben, als weichere. Für solche geschliffenen Stähle beträgt nach *W. Herold* die Dauerfestigkeit auch ein Viertel der Reißfestigkeit (Bruchspannung). Doch dürfen solche Beziehungen nicht verallgemeinert werden.

Z. B. hatte von den von uns untersuchten Stählen der austenitische V2A-Stahl die höchste Reißfestigkeit (Bruchspannung), trotzdem eine nur so geringe Schwingungsfestigkeit, daß das Verhältnis der Schwingungsfestigkeit zur Reißfestigkeit statt ¼ nur ⅛ betrug, Zahlentafel 3. Einen ersten Anhalt für die Größe der Schwingungsfestigkeit bietet oft auch die Zugfestigkeit[39]), wie aus den Zahlentafeln 1 bis 3 zu ersehen ist.

Zufolge der erörterten Zusammenhänge zwischen Schwingungsfestigkeit, Streckgrenze und Zugfestigkeit, stehen auch Schwingungsfestigkeit und Härte meist in enger Beziehung[40]); Zahlentafel 1 bis 3 und Abb. 13. Häufig (doch durchaus nicht immer) entspricht einer größeren Härte auch eine höhere Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$. Deshalb haben z. B. härter vergütete Stähle (im polierten Zustand) meist auch eine höhere Schwingungsfestigkeit als

[35]) Vergl. *P. Ludwik*, Bruchgefahr und Materialprüfung, Eidg. Materialprüf.-Amt, Diskussionsbericht Nr. 35, S. 17, Zürich 1928.
[36]) Vergl. *R. Stribeck*, Z. Bd. 67 (1923) S. 631, Bd. 68 (1924) S. 766 und 1136.
[37]) Vergl. *E. Houdremont* und *R. Mailänder*, „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) S. 833.
[38]) Vergl. *W. Herold*, Z. Bd. 73 (1929) S. 1261.
[39]) Vergl. auch *R. Mailänder*, „Stahl und Eisen" Bd. 44 (1924) S. 585 u. f.; *E. Houdremont* und *R. Mailänder*, „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) S. 833; *W. Herold*, Z. Bd. 73 (1929) S. 1261.
[40]) Über die Beziehung zwischen Zugdiagramm und Härte vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 1533 und Bd. 73 (1929) S. 792.

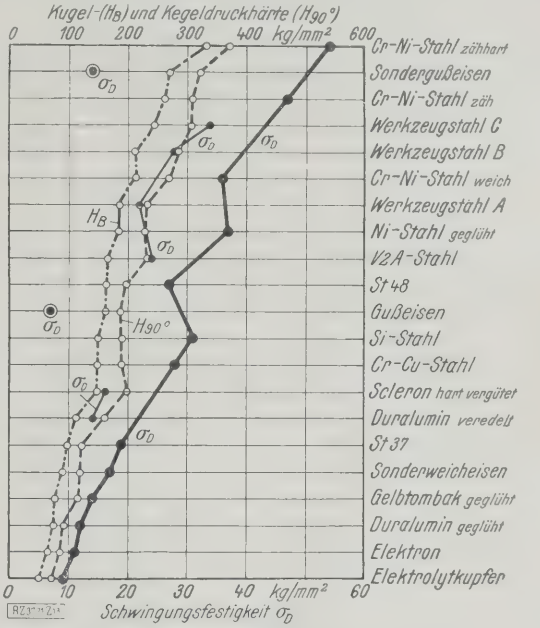



**Abb. 13**
Beziehungen zwischen Härte und Schwingungsfestigkeit (vergl. Zahlentafel 1 bis 3).

**Zahlentafel 2**
Vergleichende Zug-, Härte- und Dauerbiegeversuche mit unlegierten Stählen und Gußeisen.

| Werkstoff | Elastizitätsgrenzen $\sigma_{0,001}$ kg/mm² | $\sigma_{0,003}$ kg/mm² | $\sigma_{0,03}$ kg/mm² | Dehngrenze $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | Zugfestigkeit $K_z$ kg/mm² | Bruchspannung $\sigma_B$ kg/mm² | Bruchdehnung $\delta_B$ vH | Einschnürung $\psi_B$ vH | Kugeldruckhärte $H_B$ kg/mm² | Kegeldruckhärte $H_{90°}$ kg/mm² | Schwingungsfestigkeit poliert $\sigma_D$ kg/mm² | gekerbt $\sigma_{KD}$ kg/mm² | Verhältniszahlen $\frac{2\,\sigma_D}{\sigma_{0,2}+K_z}$ | $\frac{\sigma_D}{K_z}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Schweißstahl | 13,9 | 20,9 | 25,1 | 24,2 | 34,3 | 90,3 | 38,5 | 75,1 | 98 | 128 | 19 | 15 | 0,65 | 0,55 |
| Sonderweichstahl, geglüht | 17,9 | 19,1 | 19,2 | 19,7 | 31,1 | 90,8 | 38 | 79,8 | 89 | 119 | 17 | 16 | 0,67 | 0,55 |
| Stahl 37, weich | 19,5 | 22,6 | 22,5 | 22,6 | 35 | 84,6 | 34,2 | 72,6 | 98 | 122 | 19 | 15 | 0,66 | 0,54 |
| „ „ , gealtert | 32,8 | 34,9 | 35 | 35,2 | 39 | 88,6 | 23,2 | 69,5 | 125 | 152 | 20 | 16 | 0,54 | 0,51 |
| „ „ , veredelt | 17,5 | 29,8 | 38,6 | 41,3 | 55,7 | 102,2 | 14 | 60,7 | 193 | 270 | 31 | 29 | 0,64 | 0,56 |
| „ 48, weich | 24,2 | 34,8 | 34,9 | 35,1 | 53,9 | 107,6 | 26,6 | 60,4 | 163 | 198 | 27 | 18 | 0,61 | 0,5 |
| Werkzeugstahl A (unleg.) | 13,1 | 23,9 | 33,6 | 33,8 | 58,4 | 90,2 | 23,3 | 43,1 | 185 | 232 | 22 | 17 | 0,48 | 0,38 |
| „ B (weich) | 16,3 | 25 | 36,9 | 37,8 | 69,6 | 112,5 | 20,3 | 46,8 | 213 | 285 | 28 | 21 | 0,52 | 0,4 |
| „ C (weich) | 7,6 | 18,6 | 44,4 | 45,8 | 84,8 | 132,5 | 17,5 | 45,5 | 245 | 308 | 34 | 23 | 0,52 | 0,4 |
| Gußeisen | 3,9 | 4,3 | 8,9 | 11,3 | 11,6 | 11,6 | — | — | 162 | 188 | 7 | 7 | 0,61 | 0,6 |
| Sondergußeisen | 4,7 | 7,2 | 20,5 | — | 24,8 | 24,8 | — | — | 272 | 323 | 14 | 14 | — | 0,56 |

**Zahlentafel 3**
Vergleichende Zug-, Härte- und Dauerbiegeversuche mit legierten Stählen.

| Werkstoff | Elastizitätsgrenze $\sigma_{0,001}$ kg/mm² | $\sigma_{0,003}$ kg/mm² | $\sigma_{0,03}$ kg/mm² | Dehngrenze $\sigma_{0,2}$ kg/mm² | Zugfestigkeit $K_z$ kg/mm² | Bruchspannung $\sigma_B$ kg/mm² | Bruchdehnung $\delta_B$ vH | Einschnürung $\psi_B$ vH | Kugeldruckhärte $H_B$ kg/mm² | Kegeldruckhärte $H_{90°}$ kg/mm² | Schwingungsfestigkeit poliert $\sigma_D$ kg/mm² | gekerbt $\sigma_{KD}$ kg/mm² | Verhältniszahlen $\frac{2\,\sigma_D}{\sigma_{0,2}+K_z}$ | $\frac{\sigma_D}{K_z}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Ni-Stahl, weich | 19,1 | 33,8 | 35,7 | 36,2 | 52,4 | 113,4 | 29,5 | 67,3 | 150 | 188 | 31 | 21 | 0,7 | 0,59 |
| Cr-Cu-Stahl, weich | 8,2 | 14,1 | 33,6 | 34,1 | 48,6 | 113,9 | 30,9 | 72,5 | 148 | 190 | 28 | 20 | 0,68 | 0,58 |
| Ni-Stahl, geglüht | 20,5 | 24,6 | 37,7 | 41,6 | 60,9 | 106,9 | 24,9 | 59,2 | 184 | 229 | 37 | 33 | 0,72 | 0,61 |
| Cr-Ni-Stahl, weich | 16,9 | 22,6 | 34,5 | 40,1 | 73,5 | 122,2 | 22,8 | 59,9 | 213 | 270 | 36 | 30 | 0,63 | 0,49 |
| „ , zäh vergütet | 12,1 | 22,2 | 65,8 | 71,7 | 84,9 | 146 | 17,8 | 61,4 | 263 | 309 | 47 | 35 | 0,61 | 0,55 |
| „ , zähhart „ | 64,8 | 85,8 | 95,4 | 98,4 | 108 | 161,8 | 11,9 | 54,6 | 333 | 373 | 54 | 30 | 0,52 | 0,50 |
| Cr-Si-Stahl, weich | 14,7 | 21 | 34,4 | 36,5 | 69,4 | 131,4 | 20,3 | 59 | 213 | 259 | 31 | 27 | 0,59 | 0,45 |
| „ , zäh vergütet | 18,3 | 36 | 59,8 | 61,5 | 76,2 | 138 | 18,8 | 59,2 | 241 | 295 | 36 | 30 | 0,52 | 0,47 |
| „ , zähhart „ | 31,5 | 78,9 | 84,4 | 86,6 | 109 | 162,6 | 12 | 47 | 333 | 403 | 50 | 32 | 0,51 | 0,46 |
| V2A-Stahl, weich | 12,9 | 16,2 | 22,4 | 28,2 | 67,6 | 186,5 | 61,5 | 70,9 | 166 | 235 | 24 | 24 | 0,5 | 0,36 |

weicher vergütete. Die oft (besonders bei nicht polierten, sondern nur geschliffenen Probestäben) beobachtete Abnahme der Schwingungsfestigkeit mit zunehmender Härte dürfte in vielen Fällen auf Kerbwirkungen und innere Spannungen zurückzuführen sein. Doch spielen auch hier noch andere Einflüsse mit, die aber heute noch nicht geklärt sind. Eine im Verhältnis zur Härte zu geringe Schwingungsfestigkeit hatten die vergüteten Leichtmetalle, die Werkzeugstähle, der austenitische V2A-Stahl und vor allem Gußeisen, Abb. 13.

Bei Beurteilung der Beziehung zwischen Zug- und Dauerversuch ist noch zu beachten, daß bei Nichteisenmetallen der Dauerbruch oft erst nach weit über 10 Millionen Lastwechseln und bei dementsprechend unterhalb der Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ liegenden Beanspruchungen eintritt[41]). Hinzu kommt noch, daß eine höhere Schwingungsfestigkeit bei Dauerbiegung durchaus nicht immer eine entsprechend höhere Festigkeit bei andersartigen Dauerbeanspruchungen sichert. Z. B. hatte ein Schweißstahl und ein Betoneisen (St 37) bei etwa gleicher Streckgrenze und Zugfestigkeit auch dieselbe Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$, Zahlentafel 2, wogegen bei schwingender Verdrehungsbeanspruchung, wegen vorzeitig auftretender Längsrisse, der Schweißstahl schon bei etwa der halben Beanspruchung des Betoneisens brach.

Von großer praktischer Bedeutung ist die Frage, inwieweit die Oberflächenbeschaffenheit die Dauerfestigkeit beeinflußt. Ist es doch allbekannt, daß oft schon die geringfügigsten Oberflächenverletzungen einen vorzeitigen Dauerbruch auslösen.

Da sich aber verschiedene Metalle recht verschieden verhalten, so erscheint es wichtig, die Dauerfestigkeit auch bei verletzter Oberfläche festzustellen. z. B. durch Dauerversuche mit Probestäben verschiedener Oberflächenbeschaffenheit oder Kerbung. Hierbei ist vor allem möglichste Gleichartigkeit der Herstellung, besonders der Oberflächenbeschaffenheit des Kerbengrundes, zu fordern. Bei unseren Versuchen wurden deshalb die (ringsumlaufenden, in sich geschlossenen) Kerben in die Probestäbe für die Dauerbiegeversuche, statt mit einem Spitzmesser mit einer Schneidscheibe (für metrisches Gewinde 5 mm Dmr.) eingedreht. Der Brustnachschliff sichert hier stets genau gleiche Kerbenform auch nach beliebig häufigem Nachschleifen. Der Krümmungshalbmesser betrug 0,05 mm, die Kerbentiefe 0,2 mm. Bei Bestimmung der Kerbdauerfestigkeit $\sigma_{KD}$ für $n = 10^7$ Lastwechsel ist auch wieder zu beachten, daß gleich die volle Belastung angewendet wird.

Von den in Zahlentafel 1 bis 5 zusammengestellten Ergebnissen der Kerbdauerversuche möchte ich hier nur den Einfluß der Veredelung bei Duralumin und Baustahl (St 37, sowie der Vergütung bei Chrom-Nickel-Stählen herausgreifen. Durch die Veredelung konnte die Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ von Duralumin 681 b) nur von 12 auf 14 kg/mm², also um kaum 17 vH erhöht werden[42]), wogegen die Kerbdauerfestigkeit $\sigma_{KD}$ von 8 auf 14 kg/mm², also um 75 vH stieg. Der Wert der Veredelung kommt also eigentlich erst in der hohen Dauerfestigkeit der gekerbten Proben recht zur Geltung.

Recht eigenartig ist auch die hohe Kerbdauerfestigkeit $\sigma_{KD}$ des durch Abschreckung von 700° und Zeithärtung (14 Tage bei 20°) veredelten Baustahles St 37. Eine solche Wärmebehandlung erhöhte trotz stark verminderter Kerbzähigkeit[43]) die Kerbdauerfestigkeit $\sigma_{KD}$ von 15 auf 29 kg/mm², also fast auf das Doppelte. Zahlentafel 2 und 5. Die größte Kerbdauerfestigkeit hatte zähvergüteter Chrom-Nickel-Stahl mit $\sigma_{KD} = 35$ kg/mm². Bei härterer Vergütung sank doch die Kerbdauerfestigkeit auf 30 kg/mm², während die Schwingungsfestigkeit noch weiter von 47 bis 54 kg/mm² zunahm, Zahlentafel 3 und 5.

Um den Einfluß verschiedener Kerbwirkungen auf die Schwingungsfestigkeit festzustellen, haben wir auch noch Dauerbiegeversuche mit verschiedenen Kerbarten, mit weicheren und härteren Stählen durchgeführt. Zahlentafel 4 zeigt z. B. den Einfluß von Rundkerben, Drehriefen und mehr oder weniger schroffen Querschnittsübergängen bei Baustahl St 48 und bei zähhart vergütetem Chrom-Nickel-Stahl. Übergänge mit einer polierten Hohlkehle von $r = 0{,}5$ mm (bei etwa 7 bis 10 mm Stabdurchmesser) erwiesen sich schon etwas gefährlicher als die

[41]) Nach Versuchen von *H. F. Moore* and *J. B. Kommers*, The fatigue of metals, S. 127 (1927).

[42]) Vergl. *R. Wagner*, Die Bestimmung der Dauerfestigkeit der knetbaren, veredelbaren Leichtmetallegierungen, Berlin 1928, J. Springer.

[43]) Vergl. auch Eidg. Materialprüf.-Anst., Diskussionsbericht Nr. 9, Zahlentafel 1 und 9, Zürich 1928, und *W. Köster*, Ber. Werkstoffaussch. d. Eisenhüttenleute Nr. 139 (1929).

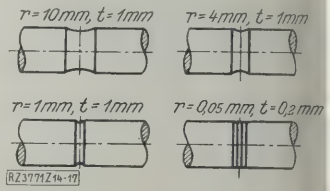



**Abb. 14 bis 17** Form und Tiefe der verwendeten Kerben.

**Zahlentafel 4**
Einfluß von Kerbwirkungen auf die Schwingungsfestigkeit.

| Werkstoff | St 48 weich*) $d = 9{,}5$ mm | | Cr-Ni-Stahl zähhart vergütet**) $d = 7{,}5$ mm | |
|---|---|---|---|---|
| Oberflächenbearbeitung | Schwingungsfestigkeit | | Schwingungsfestigkeit | |
| | kg/mm² | vH | kg/mm² | vH |
| poliert (mit Schmirgel Nr. 00) | 27 | = 100 gesetzt | 52 | = 100 gesetzt |
| gekerbt (nach Abb. 17) | 18 | 67 | 26 | 50 |
| grob gedreht | 23 | 85 | 34 | 65 |
| Hohlkehle poliert $r = 2$ mm | 24 | 89 | 43 | 83 |
| Hohlkehle poliert $r = 0{,}5$ mm | 17 | 63 | 24 | 46 |

*) $\sigma_{0,2} = 35{,}1$, $K_z = 53{,}9$, $\delta_B = 26{,}6$, $\psi_B = 60{,}4$.
**) $\sigma_{0,2} = 85{,}3$, $K_z = 90{,}2$, $\delta_B = 13{,}0$, $\psi_B = 56{,}7$.

**Zahlentafel 5**
Vergleichende Dauerbiege-, Schlagdauerbiege- und Kerbschlagversuche

| Werkstoff (Vergl. Zahlentafel 1 bis 3) | Schwingungsfestigkeit poliert $\sigma_D$ kg/mm² | Schwingungsfestigkeit gekerbt $\sigma_{KD}$ kg/mm² | Kerbempfindlichkeit $\frac{\sigma_D - \sigma_{KD}}{\sigma_D}$ in vH | Schlagzahl bei $A = 2{,}8$ kgcm $r = r = 1$ mm (Abb. 16) geschliffen | Kerbzähigkeit in mkg/cm² |
|---|---|---|---|---|---|
| Elektron AZM, weich | 11 | 10 | 9 | 15 180 | 1,6 |
| Duralumin 681 b, geglüht | 12 | 8 | 33 | 10 200 | 2,2 |
| Duralumin 681 b, veredelt | 14 | 14 | 0 | 526 560 | 3,1 |
| Scleron, vergütet (hart) | 16 | 11 | 31 | 74 610 | 1,7 |
| Elektrolytkupfer, geglüht | 9 | 7 | 22 | 11 130 | 14,5*) |
| Gelbtombak (Ms 70), geglüht | 14 | 14 | 0 | 47 330 | 18,6*) |
| Gelbtombak (Ms 70), 10 vH gereckt | 16 | 16 | 0 | 207 040 | 13,8 |
| Schweißstahl | 19 | 15 | 21 | 59 780 | 15,3*) |
| Sonderweichstahl, geglüht | 17 | 16 | 6 | 34 250 | 21,3*) |
| Stahl 37, weich | 19 | 15 | 21 | 55 010 | 13,5*) |
| „ 37, gealtert | 20 | 16 | 20 | 122 980 | 2,0 |
| „ 37, veredelt | 31 | 29 | 7 | $> 2 \times 10^6$ | 2,9 |
| „ 48, weich | 27 | 18 | 33 | 246 720 | 11,1 |
| Si-Stahl, weich | 31 | 21 | 32 | 208 130 | 17,3*) |
| Cr-Cu-Stahl, weich | 28 | 20 | 29 | 145 920 | 20*) |
| Ni-Stahl, geglüht | 37 | 33 | 11 | 578 440 | 12,6 |
| Cr-Ni-Stahl, weich | 36 | 30 | 17 | 394 380 | 10,1 |
| „ „, zäh vergütet | 47 | 35 | 26 | 650 400 | 7,1 |
| „ „, zähhart vergütet | 54 | 30 | 45 | 442 620 | 5,1 |
| V2A-Stahl | 24 | 24 | 0 | 163 140 | 23,1 |
| Werkzeugstahl A, unleg. weich | 22 | 17 | 23 | 90 540 | 2,1 |
| „ B, „ „ | 28 | 21 | 25 | 154 540 | 2,5 |
| „ C, „ „ | 34 | 23 | 32 | 211 010 | 3,3 |

*) Nicht ganz durchgebrochen.

wähnten Rundkerben (mit $r = 0{,}05$ mm). Nicht polierte, ...dern nur gedrehte Hohlkehlen, setzten die Schwingungs...stigkeit noch weiter herab. Der Einfluß der Kerbentiefe ...tt gegenüber dem der Oberflächenbeschaffenheit des Kern...grundes ganz zurück.

Durch Anrosten hervorgerufene Kerbwirkungen ver...nderten z. B. bei Baustahl St 48 die Schwingungsfestig...it (je nach dem Grade des Anrostens) um etwa 15 bis ...vH. Stärker wird oft der Korrosionseinfluß, wenn kor...dierende Flüssigkeiten während der Wechselbeanspru...ung einwirken (z. B. bei Berieselung des Probestabes ...t Wasser). Bezüglich der hierbei auftretenden Korro...onsermüdungserscheinungen sei besonders auf die ein...hlägigen Arbeiten von *D. J. Mac Adam* verwiesen[44]).

Der Einfluß verschiedenartiger Oberflächenbeschä...gungen auf die Biegungsschwingungsfestigkeit wurde be...nders von *O. Föppl* und seinen Mitarbeitern unter...cht[45]). Hierbei ergab sich, daß die Schwingungsfestig...eit durch Meißelhiebe nur wenig vermindert und durch ...rücken der Oberfläche sogar etwas (10 bis 20 vH) er...öht wurde[46]).

Anschließend sei auch noch die Frage der sogenann...n Kerbempfindlichkeit oder Oberflächen...mpfindlichkeit gestreift, worunter nach *E. Lehr* ...ie prozentuale Verminderung der Dauerfestigkeit durch ...erbwirkungen zu verstehen ist[47]). Falls also z. B. die ...erbdauerfestigkeit $\sigma_{KD}$ die Hälfte der Schwingungs...estigkeit $\sigma_D$ beträgt, so spricht man von einer fünfzig...rozentigen Oberflächenempfindlichkeit.

Die Bedeutung dieser Wertziffer für den Konstruk...eur wird häufig überschätzt. Denn den Konstrukteur ...nteressiert vor allem, wieviel ein Werkstoff auch bei ver...etzter Oberfläche bei schwingender Beanspruchung aus...ält, also die absolute Größe der Kerbdauerfestigkeit, ...eniger aber ob und um wieviel die Schwingungfestigkeit ...urch solche Oberflächenverletzungen erniedrigt wird. ...aher wird selbst ein kerbempfindlicher Werkstoff hoher ...erbdauerfestigkeit, einem nicht kerbempfindlichen Werk...toff geringer Kerbdauerfestigkeit wohl meist vorzuziehen ...ein.

Die Kerbempfindlichkeit verliert aber als Güteziffer ...uch darum an Bedeutung, weil die Schwingungsfestigkeit ...icht nur durch Oberflächenverletzungen, also äußere Kerb...irkungen, sondern auch durch Gefügeverschiedenheiten, ...Einschlüsse, Seigerungen, poröse Stellen u. dergl., also ...uch durch innere Kerbwirkungen stark herabgesetzt wer...en kann. Solche innere Kerbwirkungen be...irken aber (da sie die Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ stärker ...ls die Kerbdauerfestigkeit $\sigma_{KD}$ herabsetzen) eine Ver...inderung der Kerbempfindlichkeit. Derselbe Werkstoff ...ürde dann (unter sonst gleichen Umständen) eine um so ...eringere Kerbempfindlichkeit zeigen, je mehr Einschlüsse, ...eigerungen u. dergl. er enthält[48]). Auch bei Untersuchun...en über die Beziehung der Kerbempfindlichkeit zu an...eren Stoffeigenschaften wäre dies zu beachten.

Solche Beziehungen wurden z. B. zwischen Kerb...mpfindlichkeit und Kerbzähigkeit ver...utet. Aus Zahlentafel 5 ist zu entnehmen, daß Kerb...mpfindlichkeit und Kerbsprödigkeit durchaus nicht parallel ...ehen. Besonders deutlich tritt dies z. B. bei Baustahl ...t 37 hervor, der durch die erwähnte Veredelung (Ab...chreckung von 700° und 14 Tage Lagerung bei 20°) ...eniger kerbempfindlich wurde, obwohl hierbei die Kerb...ähigkeit von 15 auf rd. 3 mkg/cm² abfiel.

Naheliegend ist es auch, eine größere Kerbempfind...chkeit auf eine zu geringe dynamische Zähigkeit oder ...Dämpfungsfähigkeit zurückzuführen. Unsere Versuche ...rgaben jedoch, daß Kerbempfindlichkeit und Dämpfungsfähigkeit (bei $\sigma = \sigma_D$ und $n = 10^7$) in keiner einfachen und eindeutigen Beziehung stehen. Oft, besonders bei vielen Stählen, entspricht zwar einer höheren Kerbempfindlichkeit eine geringere Dämpfungsfähigkeit, da bei härteren Stählen mit zunehmender Härte, auch Sprödigkeit und Kerbempfindlichkeit zunehmen, während die Dämpfungsfähigkeit häufig abnimmt. Mitunter aber auch zeigen umgekehrt Werkstoffe trotz höherer Dämpfungsfähigkeit eine größere Kerbempfindlichkeit.

Z. B. hatten geglühte Kohlenstoffstähle mit 0,3 bis 0,5 vH C eine wesentlich größere Dämpfungsfähigkeit, als das viel weniger kerbempfindliche Weicheisen (mit 0,03 vH C), Abb. 8. Baustahl St 48 und Silizium-Baustahl waren etwa gleich kerbempfindlich, obwohl St 48 viel stärker dämpfte als Siliziumbaustahl, Abb. 8 und Zahlentafel 5. Veredeltes Duralumin war trotz sehr geringer Dämpfungsfähigkeit nur wenig kerbempfindlich, Zahlentafel 1 und 5. Bei Aufstellung von Beziehungen zwischen Kerbempfindlichkeit und Dämpfungsfähigkeit wäre auch zu beachten, daß Definition und Bestimmung dieser beiden Eigenschaften noch gar nicht feststehen.

Bei den bisher besprochenen Dauerversuchen wurde die Belastung stetig geändert. Da aber in vielen Konstruktionsteilen im Betriebe plötzliche stoßweise Belastungswechsel auftreten, so werden häufig auch Schlagdauerversuche durchgeführt, um die Widerstandfähigkeit des Werkstoffes gegenüber solchen oftmals wechselnden Stoßbeanspruchungen festzustellen, und zwar meist Schlagdauerbiegeversuche, wobei der Probestab nach jedem Schlage um 180° (oder einen kleineren Winkel) verdreht wird[49]). Gewöhnlich wird der Stab mit einer rundumlaufenden Kerbe versehen, einerseits damit die Anbruchstelle durch die Hammerbahn nicht verletzt und verdrückt wird, andererseits aber auch, um gleichzeitig noch den Einfluß einer Kerbwirkung mit zu erfassen, Abb. 14 bis 17.

Wenn auch häufig Dauerbiegeversuche und Schlagdauerbiegeversuche eine ähnliche Werkstoffbewertung geben, so darf doch nicht außer acht gelassen werden, daß sich manche Werkstoffgruppen gegenüber einer oftmals wechselnden Stoßbeanspruchung oft ganz anders verhalten als bei einer stoßfreien Wechselbeanspruchung.

Dieses verschiedene Verhalten mancher Werkstoffe im Dauerbiege- und Schlagdauerbiegeversuch dürfte auch mit darauf zurückzuführen sein, daß das elastische Arbeitsvermögen (das im Dauerbiegeversuch keine Rolle spielt), bei der Dauerschlagprobe von großem Einflusse sein kann. Denn je größer die Arbeit ist, die der Probestab elastisch aufzunehmen vermag, um so kleiner wird (bei gegebener Schlagenergie) die Restarbeit sein, die schließlich (bei entsprechender Schlagzahl) den Dauerbruch auslöst. Da die elastische Biegearbeit mit dem Quadrate der erreichten Spannung und verkehrt proportional dem Elastizitätsmodul zunimmt, so können Stoffe mit kleinerem Elastizitätsmodul bei genügender Härte eine verhältnismäßig hohe Widerstandfähigkeit gegen oft wiederholte Stoßbeanspruchung zeigen, vergl. Zahlentafel 5. Bei gekerbten Stäben wird die Schlagzahl natürlich auch wesentlich abhängen von der Größe des die Schlagarbeit aufnehmenden Stoffvolumens.

In Zahlentafel 6 ist nach Versuchen mit St 37 der Einfluß der Form und der Oberflächenbeschaffenheit verschiedener Kerbungen beim Schlagdauerbiegeversuch für eine Schlagarbeit $A = 10$ kgcm und $A = 2{,}8$ kgcm (bei 15 mm Stabdurchmesser und 100 mm Auflagerentfernung) zusammengestellt. Sämtliche Kerben waren 1 mm tief, da seichtere Kerben sich leicht verschlagen. Die Proben wurden mit Körnung 70 geschliffen, mit Schmirgelpapier Nr. 00 poliert. Die gedrehten und die geschliffenen Kerben erwiesen sich (bezüglich ihrer Kerbwirkung) als praktisch fast gleichwertig. Zahlentafel 6 läßt auch deutlich erkennen, daß der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit des Kerbengrundes mit zunehmender Schärfe der Kerbe (abnehmendem Krümmungshalbmesser $r$) immer mehr zurücktrat, derart, daß z. B. bei $r = 1$ mm die Schlagzahlen (bei $A = 2{,}8$ kgcm) bei den gedrehten und geschliffenen Kerben nur mehr um rd. 15 vH kleiner waren als bei den polierten

[44]) Z. f. Metallk. Bd. 21 (1929) S. 174. Vergl. auch *O. Graf*, Die Dauer...tigkeit der Werkstoffe und der Konstruktionselemente, S. 70, Berlin ...929, J. Springer.

[45]) *O. Föppl, E. Becker* und *G. v. Heydekampf*, Die Dauerprüfung der ...erkstoffe. Berlin 1929, J. Springer; *W. Zander*, Der Einfluß von Ober...ächenbeschädigungen auf die Biegungsschwingungsfestigkeit, Berlin 1929, ...EM-Verlag; *K. Günther*, Der Einfluß von Oberflächenbeschädigungen auf ...e Biegungsschwingungsfestigkeit, Berlin 1929, NEM-Verlag.

[46]) *O. Föppl*, „Stahl und Eisen" Bd. 49 (1929) S. 575; „Maschinen...au" Bd. 8 (1929) S. 752.

[47]) *E. Lehr*, Die Abkürzungsverfahren zur Ermittlung der Schwin...ungsfestigkeit von Materialien, Darmstadt 1926, L. Simon, und „Die Werk...eugmaschine" Bd. 31 (1927) S. 400.

[48]) So dürften z. B. die Graphiteinschlüsse wohl die Ursache der ge...ngen Kerbempfindlichkeit von Gußeisen sein, Zahlentafel 2.

[49]) Über den „Einfluß des Alterns und Blaubruchs auf die Dauer...schlagprobe" vergl. *A. Kühle*, Mitteil. aus dem Forschungs-Institut der Vereinigten Stahlwerke A.-G., Dortmund; Stahldruck, Dortmund 1929.

**Zahlentafel 6**
Einfluß der Kerbart auf die Schlagzahl

Werkstoff: Betoneisen ($\sigma_{0,2} = 25$, $K_2 = 39$, $\delta_B = 35$, $\psi_B = 70$).

| | Kerbart bei $t = 1$ mm (vergl. Abb. 14 bis 16) | Schlagzahl bei $A = 10$ kgcm | Schlagzahl bei $A = 2{,}8$ kgcm |
|---|---|---|---|
| $r = 10$ mm | poliert | 21 050 | 426 970 |
| | | 24 000 | 490 180 |
| | gedreht | 13 080 | 246 760 |
| | | 14 030 | 290 390 |
| | geschliffen | 11 240 | 204 560 |
| | | 13 090 | 257 980 |
| $r = 4$ mm | poliert | 10 500 | 183 690 |
| | | 12 360 | 195 420 |
| | gedreht | 7 310 | 119 830 |
| | | 7 950 | 128 880 |
| | geschliffen | 8 290 | 104 210 |
| | | 8 660 | 127 370 |
| $r = 1$ mm | poliert | 5 320 | 103 650 |
| | | 5 750 | 90 740 |
| | gedreht | 3 890 | 82 920 |
| | | 4 250 | 83 200 |
| | geschliffen | 4 120 | 80 580 |
| | | 5 110 | 83 410 |

In Zahlentafel 5 wurden auch noch bei einer Schlagarbeit $A = 2{,}8$ kgcm die ertragenen Schlagzahlen (Mittelwerte aus 2 bis 4 Versuchen) für verschiedene Metalle und Stähle eingetragen, u. zw. für eine (mit Aloxite-Scheibe, Körnung 70) geschliffene Kerbe $t = r = 1$ mm, Abb. 16. Diese Werte geben aber keine zuverlässige Unterlage für die Schlagdauerfestigkeit dieser Werkstoffe, da eine eigentliche Ermüdung ja erst bei hohen Schlagzahlen eintritt. Um die Dauerfestigkeit gegenüber einer Stoßbeanspruchung vergleichend festzustellen, müßte für jeden Werkstoff jene größte Schlagarbeit ermittelt werden, die mindestens eine Million mal ertragen wird.

Immerhin lassen auch die bei gleicher Schlagarbeit erhaltenen Schlagzahlen schon erkennen, daß z. B. das vergütete Duralumin (mit geschliffener Kerbe $t = r = 1$ mm) nahezu dieselbe Schlagarbeit aushält, wie ein zäh vergüteter Chrom-Nickel-Stahl weit höherer Schwingungsfestigkeit $\sigma_D$ und $\sigma_{KD}$, Zahlentafel 1, 3 und 5.

Sehr merkwürdig ist das Verhalten des (durch Abschreckung von 700 ° und Lagerung bei 20 °) veredelten St 37, der (sowohl bei $A = 2{,}8$ kgcm, wie auch bei $A = 3{,}7$ kgcm) mehr Schläge aushielt, als selbst vergüteter Chrom-Nickel-Stahl viel höherer Streckgrenze, Zugfestigkeit, Härte und Kerbzähigkeit, Zahlentafel 2, 3 und 5. Ein Beispiel, daß die Schlagdauerfestigkeit mit der Streckgrenze, Zugfestigkeit oder Härte nicht immer parallel geht.

Eine sehr starke Erhöhung der Schlagdauerfestigkeit konnte bei legierten und unlegierten Stählen durch entsprechende Härtung erreicht werden. Wird als Vergleichsmaß die größte Schlagarbeit $A_1$ betrachtet, die der mit $r = t = 1$ mm, Abb. 16, gekerbte Probestab eine Million mal erträgt ohne zu brechen, so betrug $A_1$ beispielsweise für Chrom-Nickel-Stahl, vergütet, kaum 3 kgcm, Zahlentafel 5, für denselben Stahl, ölgehärtet, 4 bis 5 kgcm, wassergehärtet, 6 bis 7 kgcm und für die unlegierten wassergehärteten Werkzeugstähle $A$ und $B$, Zahlentafel 2, 10 bis 13 kgcm, Zahlentafel 7. Die gehärteten Werkzeugstähle waren also, trotz ihrer sehr großen Sprödigkeit und trotz der Kerbung, wesentlich schlagdauerfester als viel zähere, aber weichere Stähle. Natürlich nur, wenn (wie hier bei den einfachen und kleinen Stäben) keine zu großen Härtespannungen oder gar Härterisse auftraten. Weniger sorgfältig gehärtete Stähle streuten sehr stark oder brachen, wenn Härterisse auftraten, oft schon nach wenigen Schlägen.

Diese Versuche zeigen, daß die Dauerfestigkeit in erster Linie durch den Formänderungswiderstand bestimmt wird, ganz unabhängig vom Formänderungsvermögen.

### Zusammenfassung

Die Abhängigkeit des Gleitwiderstandes von der Gleitgeschwindigkeit wird aus der Wechselwirkung zwischen Verfestigung und Entfestigung abgeleitet. Die Ermittlung der Kriechgrenze, Dauerstandfestigkeit und Warmfestigkeit wird erläutert. Die Beziehungen zwischen der bei schwingender Beanspruchung auftretenden Dämpfung (Hysterese) und den elastischen Spannung im Kristallgitter werden dargelegt. Die Abhängigk der Dämpfung von der Zahl der vorangegangenen La wechsel, vom Gefüge und der chemischen Zusamm setzung wird durch Versuche nachgewiesen. Ermüdu und Dauerbruch werden auf überanstrengte Bindung zurückgeführt. Die Deutung der Ermüdungsvorgän aus Gitterspannungen erklärt, warum der Dauerbru auch bei sehr dehnbaren Stoffen, stets ein ganz spröd Bruch ist.

Über die an der Technischen Versuchsanstalt d Technischen Hochschule Wien in letzter Zeit durc geführten Dauerbiegeversuche mit Eisenbetonbalke Dauerbiege- und Schlagdauerversuche mit Nichteise metallen, Gußeisen, legierten und unlegierten Stähl wird kurz berichtet. An der Hand dieser Versuche werd Abkürzungsverfahren, die Beziehung der Schwingung festigkeit zur Elastizitätsgrenze, Streckgrenze, Zugfesti keit, Reißfestigkeit und Härte, ferner der Einfluß d Kalthärtung und Wärmebehandlung, wie auch der Obe flächenbeschaffenheit und verschiedenartiger Kerbwi kungen besprochen. Anschließend wird die Bedeutun der Kerbempfindlichkeit (Oberflächenempfindlichkeit und deren Beziehung zur Kerbzähigkeit und Dämpfung fähigkeit behandelt. An Schlagdauerbiegeversuchen wir der Einfluß der Kerbung und Härtung erörtert.

[B 3771]

**Zahlentafel 7**
Schlagdauerbiegefestigkeit und Härt wassergehärteter Stähle.

| Werkstoff (vergl. Zahlentafel 2 u. 3) | Härte Brinell | Härte Rockwell | Schlagarl $A_1$ in kgc für $n =$ |
|---|---|---|---|
| Ni-Stahl | 370 | 39 | 4 bis 5 |
| Cr-Ni-Stahl | 500 | 52 | 6 „ 7 |
| Werkzeugstahl B | 700 | 64 | 10 „ 11 |
| „ A | 725 | 67 | 12 „ 13 |

## Gekapselte Wälzlager für Elektromotoren

In elektrischen Maschinen finden Wälzlager immer aus gedehntere Anwendung, dabei ergeben sich aber häufi Schwierigkeiten, wenn man die Läufer ausbauen muß. O ist es erforderlich, die Wälzlager zu zerlegen, was au jeden Fall unerwünscht ist, oder die Lager — mindesten eines von beiden — bleiben auf der Welle und sind dan ungeschützt dem Verschmutzen oder Beschädigungen aus gesetzt. Prof. *Unger*, Braunschweig, schlägt deshalb ein einheitliche Lagerbauart vor, bei der die Lager gekapsel auf der ausgebauten Welle bleiben, Abb. 1 [1]). Für Klein motoren läßt sich die Ausführung noch etwas vereinfache Wenn sich die Anregung durchsetzen sollte, könnte ma daran denken, die Flansche und Bohrungen zu normen, als die Lager einbaufertig gekapselt von den Wälzlager-Her stellern beziehen [M 3742] *Pa.*

[1]) ETZ Bd. 50 (1929) Nr. 37 S. 1317.

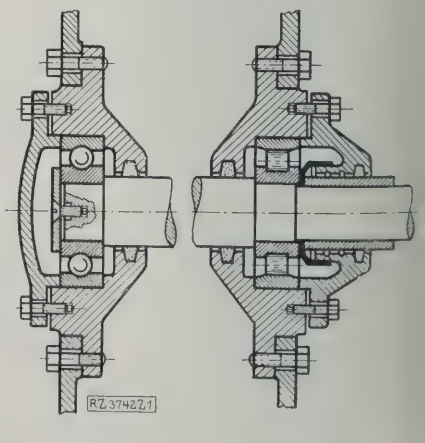



**Abb. 1** Vorschlag für eine einheitliche Bauartgekapselter Wälzlager für elektrische Maschinen von Prof. Dr. techn. *Unger*, Braunschweig.

# ...n Lötverfahren zur Herstellung ...on Zylinderdeckeln aus Stahl für Dieselmotoren

*Von Dr.-Ing. FR. SASS, Berlin*

*Nach dem neuen Verfahren kann man Zylinderdeckel von beliebiger Größe aus Schmiedestahl herstellen. Die Deckelteile werden im Elektroofen in Wasserstoff zusammengelötet. Solche Zylinderdeckel sind seit mehr als einem Jahr im Betrieb und haben sich bewährt.*

...ie Zylinderdeckel der Dieselmotoren sind trotz aller Verbesserungen der Herstellverfahren empfindliche Ma...hinenteile geblieben, und wenn auch manche Deckel eine ...bensdauer von mehreren Jahren haben, so ist es doch ...cht selten, daß ein Deckel schon nach wenigen Monaten ...triebsdauer reißt, was außer den Kosten unliebsame Be...ebstörungen verursacht. Gelegentlich erlebt auch der ...rtig bearbeitete Gußdeckel noch nicht einmal die Inbe...iebsetzung der Maschine, wenn er nämlich der vom Bau...aufsichtiger vorgeschriebenen Wasserdruckprobe nicht ...andhält, die die bis dahin verborgenen Gußfehler auf...ckt.

Man hat sich daher seit Jahren bemüht, statt des für ...ylinderdeckel nicht immer ganz zuverlässigen Gußeisens ...eschmiedeten Stahl zu verwenden, aber bisher ohne ...chten Erfolg. Bei Verwendung von Stahl war man ...sher darauf angewiesen, entweder den Deckel aus ...eilen zusammenzuschweißen, was nur bei einfachsten ...ormen möglich ist und schwer feststellbare innere ...pannungen ergibt, oder die Teile unter Zwischenlegen ...on Dichtungen miteinander zu verbinden, wobei die ...efahr besteht, daß der Deckel sich im Betrieb ver...ieht und die Fugen undicht werden. Beide Nach...ile vermeidet das im folgenden beschriebene von ... *Baßler* angegebene Verfahren, das Zylinderdeckel ...lbst verwickelter Bauart aus geschmiedetem Stahl so her...ustellen gestattet, daß die Deckel praktisch fugenlos, gleich...m aus einem Stück angefertigt erscheinen und dabei doch ...öllig frei von inneren Spannungen sind.

### Eignung des Stahles für Zylinderdeckel

Man könnte jedoch von vornherein einwenden, daß ...urch die Verwendung von Stahl nicht viel gewonnen sei, ...a Stahl sich in bezug auf Wärmespannungen wesentlich ...ngünstiger als Gußeisen verhält. Wird nämlich eine ...bene Platte, deren Baustoff die Elastizitätszahl $E$ und die ...Wärmedehnungszahl $\alpha$ hat, so erwärmt, daß zwei gegen...berliegende Flächen den Temperaturunterschied $\Delta t$ °C ...ufweisen, so treten in der Platte Wärmespannungen auf. ...ie wärmeren Fasern suchen sich auszudehnen und bean...pruchen die kälteren Fasern auf Zug; die kälteren suchen ...re Länge beizubehalten und beanspruchen die wärmeren ...uf Druck. Sieht man von der Querzusammenziehung ...b, so wird die Größe dieser Spannungen

$$\sigma_z = \sigma_d = \frac{\alpha E \Delta t}{2}.$$

Die durch den Temperaturunterschied verursachten ...pannungen sind somit bei gleichem $\alpha$ und $\Delta t$ der Elastizi...itszahl $E$ verhältnisgleich, und man erkennt, daß das ...ußeisen mit seiner Elastizitätszahl von im Mittel ...00 000 kg/cm² hinsichtlich der Wärmespannungen viel ...ünstiger als Stahl ($E = 2\,100\,000$ kg/cm²) ist. Die ...Wärmespannungen werden im Stahl bei gleichem ...emperaturunterschied zwischen warmer und kalter ...eite zwei bis zweieinhalbmal größer als im ...ußeisen. Der Stahl erlaubt aber infolge seiner ...rößeren Festigkeit eine Verringerung der Wand...icke; mit dieser nimmt auch der Temperaturunterschied ...t angenähert linear ab, und wenn man daher die dem ...rennraum zugekehrte Wand eines Zylinderdeckels aus ...tahl mit der halben Wanddicke des gußeisernen Deckels ...usführt, was wegen der höheren Festigkeit zulässig ist, ...o ist hierdurch der nachteilige Einfluß der größeren Elasti...itätszahl $E$ des Stahles fast aufgehoben. Dann sind hin...ichtlich der Wärmespannungen das Gußeisen und der ...tahl ungefähr gleichwertig, aber dieser ist dem Guß...isen dadurch erheblich überlegen, daß er ein in allen

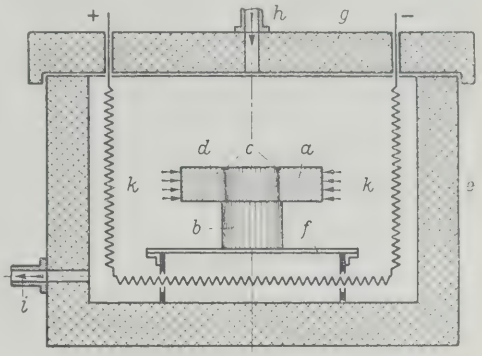



**Abb. 1** Schematische Darstellung des Lötvorganges.

*a*, *b* Durch Löten zu verbindende Stücke
*c* Rille mit Lot
*d* Bohrung zum Zuführen des Lotes
*e* Ofen
*f* Tisch
*g* Deckel
*h*, *i* Anschlüsse für Wasserstoffspülung
*k* Heizwiderstände

Die Pfeile deuten die Vorspannung an.

Teilen gleichmäßiges, dichtes Gefüge aufweist, während man beim Gußeisen nie die Gewähr hat, daß nicht schwammige Stellen oder Lunker die Festigkeit des Deckels örtlich unzulässig schwächen.

### Das Lötverfahren

Das Grundsätzliche des Verfahrens[1]), nach dem die Stahlteile eines Zylinderdeckels miteinander verbunden werden, sei an Abb. 1 erläutert. Die ringförmige Scheibe *a* soll so mit dem Zapfen *b* zusammengelötet[2]) werden, daß beide Teile ein nicht mehr trennbares Ganzes bilden.

Die Scheibe *a* wird mit mäßiger Vorspannung auf den Zapfen *b* gesetzt, und das aus einer Legierung bestehende Lot wird in die auf die Teilfuge gedrehte Rille *c* gelegt. Auch wenn die zu verbindenden Flächen sehr breit sind, fließt das Lot mit Leichtigkeit in die Fuge. Es ist nur notwendig, diese möglichst eng zu halten, da die Lötung sonst nicht einwandfrei wird. Das Lot wird nach Erreichung seiner Schmelztemperatur so dünnflüssig, daß es in kapillare Fugen besonders leicht eindringt. Der zum Löten vorbereitete Körper wird in den mit feuerfesten Steinen ausgekleideten Ofen *e* auf den Tisch *f* gesetzt. Damit er an diesem nicht in unbeabsichtigter Weise festlötet, legt man Glimmer zwischen *b* und *f*. Der Ofen wird sodann durch den Deckel *g* luftdicht verschlossen und durch die Leitungen *h*, *i* mit Wasserstoff durchspült. Erst wenn alle Luft aus dem Ofen verdrängt ist, schaltet man den elektrischen Strom ein, der die Widerstände *k* erhitzt und das Ofeninnere allmählich auf eine Temperatur von etwa 1200 °C erwärmt. Hierbei schmilzt das Lot, dringt in die Lötfugen ein und erzeugt eine Verbindung, die beim Erkalten dieselbe Festigkeit wie ein aus einem Stück hergestellter Körper hat. Während des ganzen Vorganges wird das Spülen mit Wasserstoff ununterbrochen fortgesetzt; die Bildung von Oxyden, die die Festigkeit der Lötfuge herabsetzen würden, ist dann ausgeschlossen.

### Die Festigkeit in Wasserstoff gelöteter Teile

zeigen anschaulich die in Abb. 2 bis 15 in Lichtbild und Zeichnung wiedergegebenen Probestücke, bei denen die Lötnaht jeweils durch einen starken Strich gekennzeichnet ist. Abb. 2 und 3 ist ein Zerreißstab von normalen Abmessun-

[1]) Das Verfahren wurde von der AEG, Berlin, entwickelt.
[2]) Das Wort „löten" mag hier beibehalten werden, obwohl das neue Verfahren weder dem Löten noch etwa dem Schweißen entspricht. Es fehlt z. Z. noch an einer Bezeichnung, die sich inhaltlich mit dem hier beschriebenen Verfahren deckt.

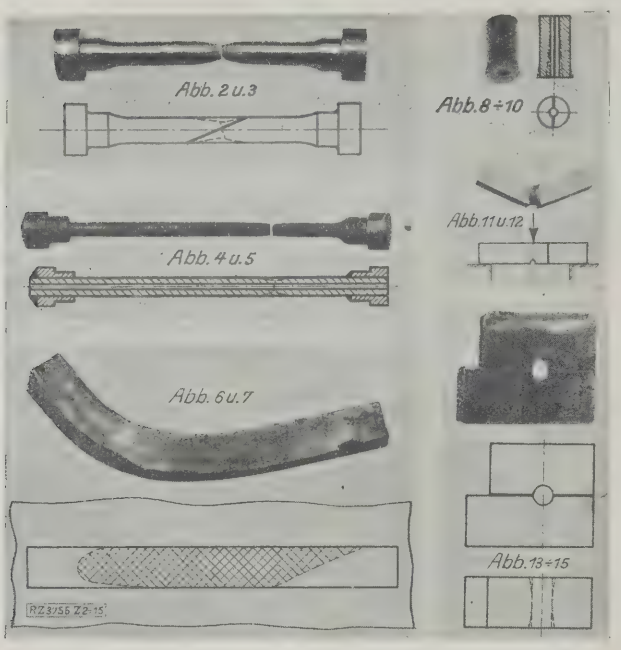



**Abb. 2 bis 15**
In Wasserstoff gelötete Werkstoffproben.

gen, bei dem die Lötfuge unter etwa 30 ° zur Achse verläuft. Der Stab riß nicht in der Fuge, sondern wie gewöhnlich in einer zur Achse senkrecht verlaufenden Ebene. Die Rohrschuhe des Probestückes nach Abb. 4 und 5 sind auf dem starkwandigen Rohrstück, das der Brennstoffdruckleitung eines kompressorlosen Dieselmotors entnommen ist, ohne Gewinde mittels Wasserstofflötung befestigt; das Rohrstück wurde in der Zerreißmaschine zerrissen. Die Bruchstelle liegt im Rohr, nicht in den Schuhen; diese konnten nicht abgerissen werden. Das ursprünglich gerade gewesene Rohrstück, Abb. 6 und 7, lötete unbeabsichtigt an einer Platte fest; die Lötfläche ist in Abb. 7 mittels Kreuzschraffur hervorgehoben. Um das Stück von der Platte zu trennen, bedurfte es der Schläge mit einem schweren Hammer, wodurch das Stück in der aus der Abbildung ersichtlichen Weise verbogen wurde, ehe es absprang; dabei war diese Lötung, weil versehentlich, noch nicht unter Druck erfolgt. Auch das zylindrische Versuchstück, Abb. 8 bis 10, mit einer durch die Achse laufenden Teilfuge beweist die Festigkeit der Wasserstofflötung. Das Stück wurde axial durchbohrt und dann mit kräftigen Hammerschlägen auf einen schwach kegeligen Dorn getrieben; dabei gelang es nicht, die Hälften voneinander zu trennen, der Kopf wurde nur gestaucht und die Bohrung aufgeweitet. Ein Probestück normaler Abmessungen für die Mesnager-Kerbschlagprobe zeigen Abb. 11 und 12; in der Nähe der Kerbe liegt eine senkrecht zur Längsac laufende Lötfuge. Die Stücke verformten sich oder brac beim Pendelschlag in der Kerbe, nicht in der Fuge. Versuchsstück, Abb. 13 bis 15, endlich, das aus zwei gleich langen Teilen besteht, wurde durch Einspannen längeren Teiles in einen Schraubstock und Bearbeiten kürzeren mit schweren Hammerschlägen zu spalten sucht. Als dies nicht gelang, wurde ein Dorn in ein die Teilfuge gebohrtes Loch getrieben, wodurch man a ebensowenig die Stücke zu trennen vermochte.

Der Grund für diese hervorragende Festigkeit Lötfuge ist, wie die vergrößerten

### Schliffbilder der Lötfuge

erkennen lassen, darin zu suchen, daß das Lot sich Eisen völlig auflöst, Abb. 16 bis 18. Das 80fach v größerte Schliffbild der Fuge von zwei zusammengeli ten Stahlstücken mit etwa 0,3 vH Kohlenstoffgehalt ze Abb. 16. Die schwarzen Flecken im Bild sind Kohl stoff; die Fuge selbst ist nur an ihrer etwas dunkle Färbung erkennbar. Das Korn ist infolge der Löttem ratur gröber geworden, als es ursprünglich war. dies nicht erwünscht ist, macht es keine Schwierigk durch Wärmebehandlung das Korn wieder zu verfeine wie Abb. 17 bei 80facher Vergrößerung zeigt. Die Fu zeichnet sich jetzt nur noch als dunkler Strich ab. Abb. stellt dieselbe Fuge dar, jedoch in 240facher Vergrö rung. Man erkennt deutlich, wie die beiden Stahlstüc völlig ineinander übergehen, so daß man von einer Fu kaum noch sprechen kann. Dadurch wird erklärlich, d die Festigkeit der Fuge nicht geringer als die des ganz Stückes ist.

Bei der Herstellung gelöteter Zylinderdeckel ist Kornverfeinerung durch Wärmebehandlung, wie die fahrung gelehrt hat, sogar entbehrlich.

### Anwendung des Verfahrens zur Herstellung von Zylinderdeckeln

In der zweiten Hälfte des Jahres 1928 wurde d beschriebene Lötverfahren zunächst bei der Herstellu von Zylinderdeckeln für große Zweitaktmotore angewendet, die hinsichtlich der Wärmebeanspruchu mehr gefährdet sind als Deckel von Viertaktmotoren. wohl die Bauart des Deckels ursprünglich nicht für Herstellung in Stahl entworfen war, gelang es oh Schwierigkeit, den Deckel aus etwa 18 Hauptteilen z sammenzulöten. Der Deckel, Abb. 19 und 20, hat ein Außendurchmesser von 1020 mm und wiegt in bearb tetem Zustand rd. 1000 kg. Zur Erprobung wurden eini Deckel Anfang 1928 auf dem Motorschiff „Duisburg" d Hamburg-Amerika-Linie eingebaut, und da sie sich b währten, wurden auch die Motorschiffe „Kulmerlan und „Oakland" mit gleichen Deckeln ausgerüstet. Irgen welche Störungen sind nicht aufgetreten; insbesonde zeigten sich die Lötfugen ganz unempfindlich gegen d Verbrennungsgase.

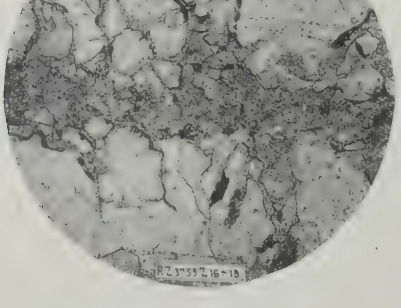


Abb. 16. Lötfuge, 80fach vergrößert. Werkstoff nicht wärmebehandelt.

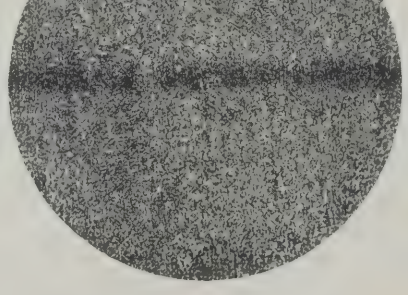


Abb. 17. Lötfuge, 80fach vergrößert. Werkstoff wärmebehandelt.

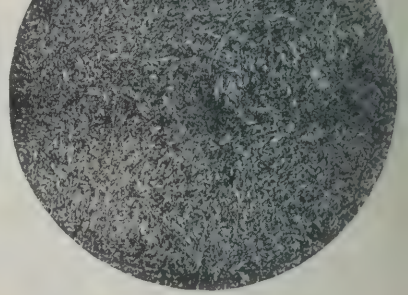


Abb. 18. Lötfuge, 240fach vergrößert. Werkstoff wärmebehandelt.

**Abb. 16 bis 18.** Schliffbilder der Lötfuge.

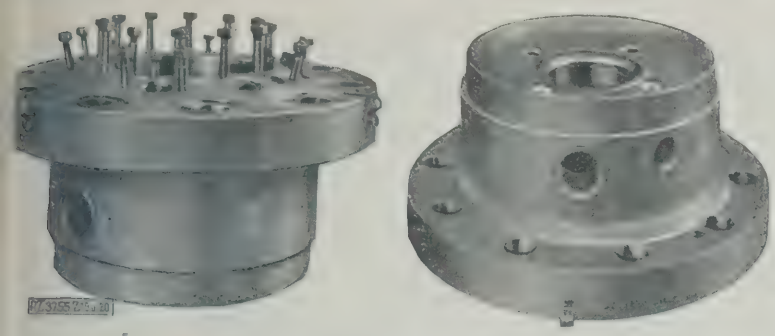
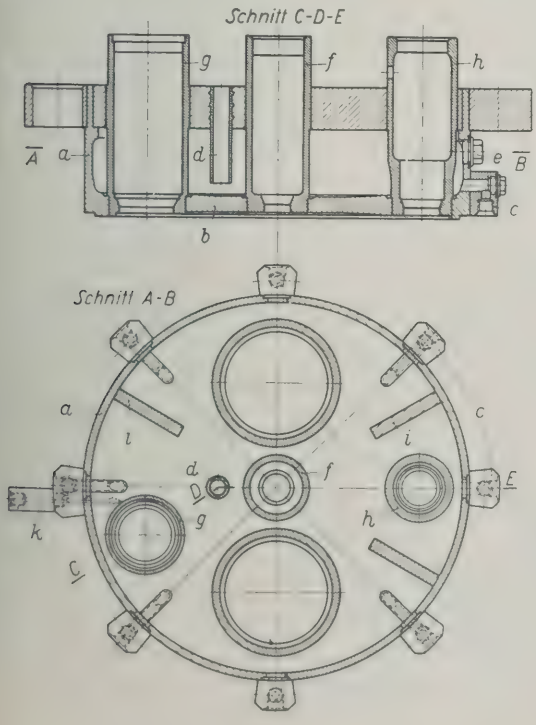


**Abb. 19 und 20**
Gelöteter Zylinderdeckel für Zweitakt-Dieselmotoren.

Auf einem mit Viertaktmotoren fremder Herkunft ausgerüsteten Schiff hatten sich häufiger Zylinderdeckelrisse ereignet, so daß der Eigner wünschte, aus Stahl gelötete Deckel einzubauen. Die Untersuchung ergab, daß dies möglich war, doch mußte die ursprünglich in Gußeisen entworfene Bauart etwas abgeändert werden, weil die im Innern des Gußdeckels waagerecht verlaufenden und gekrümmten Einsaug- und Auspuffkanäle Schwierigkeiten bei der Lötung verursachten. Für die Einsaug- und Auspuffventile wurden daher neue Ventilgehäuse, vergl. Abb. 21 und 22, aus Gußeisen angefertigt, während die Ventilspindeln, Federn usw. verwendet blieben. Der zylindrische Mantel *a*, Abb. 23 und 24, des Deckels, wurde der engen Platzverhältnisse wegen mit dem Boden *b* aus einem Stück angefertigt; bei reichlicherem Platz hätte man auch *a* und *b* zusammenlöten können. Außerdem wurde der Mantel *a* auf die Innenseite des Schraubenkreises der Deckelschrauben gelegt, so daß diese außen liegen und besondere Kanonen für die Schrauben entbehrlich werden; außerdem wird an Gewicht gespart. Das Kühlwasser wird entsprechend der ursprünglichen Bauart durch acht am Umfang verteilte, den Mantel gelötete Winkelstücke *c* auf dem Zylindermantel in den Deckel geleitet und durch das eingewalzte, fast nahe auf den Boden reichende Rohr *d* dem Auspuffventilgehäuse zugeführt, vergl. auch Abb. 21 und 22. Dadurch wird ein guter Kühlwasserumlauf an dem Boden, der die Kühlung am meisten nötig hat, erzielt. Verschraubungen *e* dienen teils als Reinigungslöcher für den fertigen Deckel; teils sind ihre Öffnungen auch für das Durchspülen mit Wasserstoff während des Lötens erforderlich.



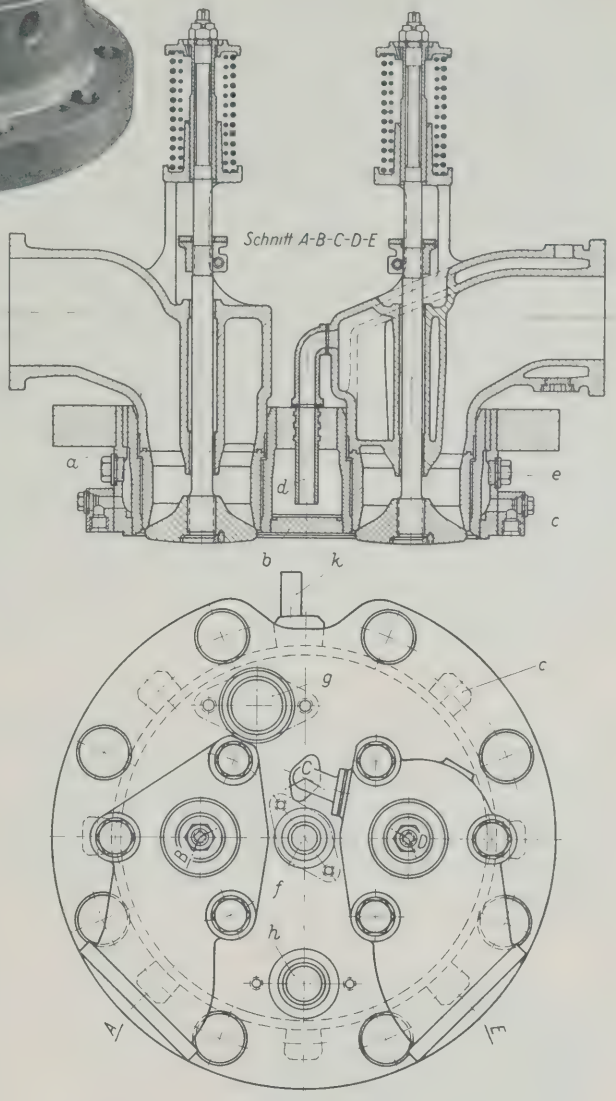




**Abb. 21 und 22**
Deckel aus geschmiedetem Stahl mit Ventilen.

Die Kanonen *f* für das Brennstoff-, *g* für das Anlaß- und *h* für das Sicherheitsventil ragen über die obere Deckelebene hinaus, wodurch man die vorhandenen Ventile ohne Abänderungen verwenden konnte. Die drei Kanonen sind, ebenso wie die für das Einsaug- und Auspuffventil, in die obere und untere Deckelwand eingelötet, wodurch der Deckel sehr kräftig wird. Drei Rippen *i* tragen zur weiteren Versteifung des Deckels bei. Der Indizierstutzen *k* ist so an eins der Kühlwasserumführungsstücke *c* angelötet, daß die Bohrung zum Einschrauben des Indikators genau in dieselbe Lage wie beim gußeisernen Deckel kommt, so daß der Indikatorantrieb ohne Änderung benutzt werden kann.

In Abb. 25 sind die einzelnen Teile nebeneinander gestellt; die Stücke für die Kühlwasserumführung sind

**Abb. 23 und 24**
Zylinderdeckel aus geschmiedetem Stahl für Viertaktmotoren.

*a* Zylindrischer Mantel
*b* feuerberührter Boden
*c* Umführungsstücke für Kühlwasser
*d* Kühlwasserabfluß
*e* Löcher für Reinigung und Durchspülen mit Wasserstoff
*f* Brennstoffventil
*g* Anlaßventil
*h* Sicherheitsventil
*i* Versteifungsrippen
*k* Indizierstutzen

**Abb. 27** Elektroöfen für Löten in Wasserstoff.

**Abb. 25** (oben) Teile des schmiedeeisernen Deckels für Viertaktmotoren.

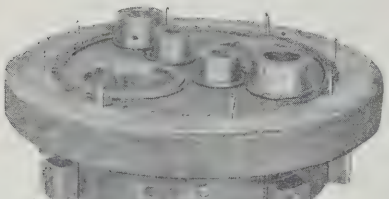


**Abb. 26** (links) Deckel für Viertaktmotoren vor dem Löten.

schon gegen den Deckelmantel geschraubt. Die Einzelteile weisen noch eine Zugabe für die Bearbeitung auf, da der Deckel erst nach dem Löten auf genaues Maß bearbeitet wird.

Vor dem Löten wird der obere Deckelflansch mit dem Mantel zusammengeschrumpft und dann auf alle Fugen, die löten sollen, reichlich Lot in Drahtform gelegt, Abb. 26. Die aus dem Deckelflansch herausragenden Zapfen sind Lotstücke, die in Bohrungen stecken; dadurch wird dem Lot der Zufluß zu der breiten Fuge erleichtert.

Abb. 27 zeigt eine Anlage von drei Elektroöfen; der Mantel des vorderen Ofens, der gerade in Betrieb ist, ist mit Asbestmatten isoliert. In der Mitte des Mantels ist ein Schauglas aus Quarz sichtbar, unten rechts ein Pyrometer (ein zweites sitzt im Deckel), und oben befinden sich die Anschlüsse für den Strom und die Wasserstoffableitung; das Wasserstoffzuführungsrohr ist im Bild nicht sichtbar.

Den fertig gelöteten und bearbeiteten Deckel zeigt Abb. 28. Sein Aufbau geht aus Abb. 21 bis 24 hervor.

**Abb. 28** Deckel für Viertaktmotoren, nach dem Löten bearbeitet.

Das neue Verfahren, das in vielen Fällen die A wendung von geschmiedetem Stahl ermöglicht, wo ma bisher mit Rücksicht auf die Formgebung Gußeisen od Stahlguß verwenden mußte, wird zur Erhöhung der B triebsicherheit des Dieselmotors beitragen und dürfte in besondere auch für raschlaufende, hochbeanspruchte M toren (Flugmotoren) mit Vorteil benutzt werden könne

[B 3735]

## Ein Fortschritt des metrischen Maßsystem

Die Niederschrift der Verhandlungen, vom Juli d. J., b treffend eine internationale Übereinkunft über Dampftafeln[1] die in Nr. 52 dieser Zeitschrift vom 28. Dezember 192 veröffentlicht werden soll, stellt einen großen Erfolg d metrischen Maßsystems dar. Waren schon früher die Wi senschaftler der englisch sprechenden Länder vielfach daz übergegangen, mit Celsiusgraden statt Fahrenheitgrade mit metrischen Atmosphären (kg/cm²) statt mit Pfund a ein Quadratzoll und mit Kalorien statt mit British Therm Units zu rechnen, so bedeutet es doch einen wichtige Schritt für die internationale Vereinheitlichung des prakt schen Ingenieurwesens, daß in diesen Tafeln, die in Zukun allen ausländischen Lieferungen zugrundegelegt werden dür ten, nur metrische Einheiten verwendet werden. Besonde wertvoll ist, daß für die Wärmeeinheit ein von den Messu gen des Wärmeäquivalentes unabhängiger Wert vereinba worden ist, und zwar der Wert von $^1/_{860}$ kWh. Für dies Wärmeeinheit wird die Bezeichnung „internationale Kil kalorie" vorgeschlagen; sie stimmt überein mit der im Deu schen Reich gesetzlich eingeführten Einheit[2]) Kilokalori (kcal). („The Engineer" 6. Dezember 1929 S. 609.)

[N 3914] *H.*

[1]) Vergl. VDI-Nachrichten Bd. 9 (1929) Nr. 31.
[2]) Z. Bd. 68 (1924) S. 1176.

# Untersuchungen am Bensonkessel

*Von E. Josse, Berlin*

*Mitteilungen aus dem Maschinenbaulaboratorium der Technischen Hochschule Charlottenburg*

*Wirkungsgrad und Wärmebilanz des Kessels, Wärmeinhalt des Dampfes; Belastung und Wärmedurchgangszahl der Heizflächen bei verschiedenen Kesselbelastungen und bei über- und unterkritischen Drücken. Zustand des Wassers und Dampfes an verschiedenen Stellen der Heizflächen. Betriebserfahrungen.*

Nach dem Verfahren von *Benson*[1]) wird das Speisewasser dem Kessel bei Drücken zugeführt, die höher liegen als der kritische, also höher als 225 at abs, z. B. rd. 230 at. Infolge Wärmezufuhr bei diesen Drücken steigt die Temperatur des Kesselinhaltes andauernd auch beim Übergang des Wassers in den dampfförmigen Zustand. Eine feste Grenze zwischen dem flüssigen und dem dampfförmigen Zustand wie bei unterkritischem Druck besteht nicht. Daher bildet sich an keiner Stelle der Heizfläche des Bensonkessels ein ungleichmäßiges Gemisch aus Dampf und Wasser, und Kesseltrommeln, in denen sich der Dampf vom Wasser abscheidet, werden entbehrlich. Die Verdampfer des Bensonkessels sind nur Rohrschlangen, die durch Strahlung und Konvektion beheizt werden.

Der im Maschinenbaulaboratorium der Technischen Hochschule Charlottenburg für Versuchszwecke aufgestellte Bensonkessel ist von den Siemens-Schuckertwerken für rd. 1000 kg/h Verdampfleistung bei 230 at und 450 ° gebaut. Der Aufbau des Kessels ist bekannt[2]).

### Wirkungsweise des Kessels

In Abb. 1 kann man den Weg des Wassers und des Dampfes verfolgen. Das Wasser gelangt zuerst in den Vorwärmer (Übertragungsheizfläche vor Strahlungsteil), der aus fünf untereinander geschalteten Rohrschlangen besteht. Das Wasser wird hier je nach Belastung auf 120 bis 170 ° erwärmt. Aus dem Vorwärmer läuft das Wasser zu den Strahlungsheizflächen. Diese sind auf zwei hintereinander geschaltete, rechtwinklig gewickelte Rohrschlangen verteilt, von denen jede wieder aus zwei parallelen Strängen besteht. Beim Übergang vom linken zum rechten Teil, also zwischen beiden Teilen, wird das in zwei parallelen Rohren strömende Mittel zum Ausgleich von Temperatur und Spannung in einem Mischtopf vereinigt.

Diese beiden Strahlungsheizflächen schließen die zwei Feuerräume des Kessels ein und sind unmittelbar der Flammenstrahlung ausgesetzt. Hier erhöht sich die Temperatur des Wassers auf 370 bis 380 °, nahe an oder auf die kritische Temperatur von 374 °.

Von den Strahlungsheizflächen gelangt das Mittel durch eine gut isolierte Leitung zur zweiten Übertragungsheizfläche (hinter Strahlungsteil), in der es in das Gebiet des überhitzten Dampfes gelangt. Dieser Teil der Heizfläche ist auf sieben doppelten Rohrschlangen untergebracht. Am Ende dieser Rohrschlangen wird der Dampf dem Absperrventil des Kessels entnommen.

Der Kessel wird mittels zweier Niederdruck-Ölbrenner von Balcke & Co., Bochum, beheizt. Diese befinden sich vor den beiden Strahlungsteilen der Heizfläche, die die Feuerräume bilden. In der Nähe der Flamme liegen die Rohre dicht aneinander, damit sie eine lückenlose Strahlfläche bilden. Weiter hinten sind dagegen die Rohrwindungen auseinandergezogen, damit sie den Feuergasen den Weg zu den beiden Übertragungsheizflächen (Überhitzer und Vorwärmer) und zum Luftvorwärmer freigeben.

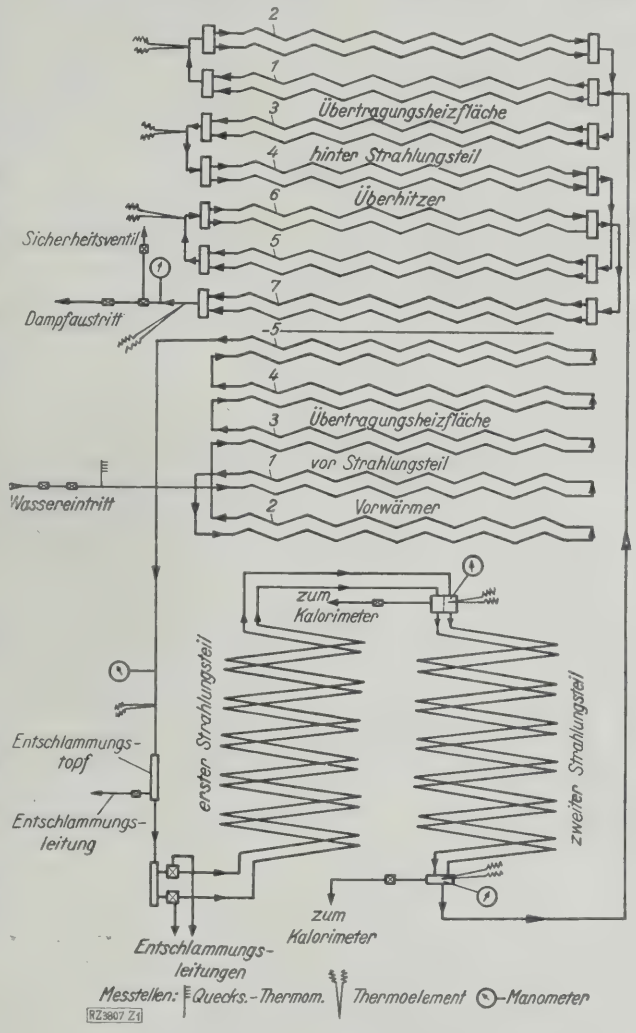



**Abb. 1.** Rohrführung im Kessel und an den Meßstellen.

Das zum Speisen benutzte Kondensat einer Dampfturbine wird von einer elektrisch betriebenen Hochdruck - Drillingspumpe (Weise & Monski, Halle a. d. S.) über ein Rückschlagventil in den Kessel gedrückt. Die Fördermenge der Pumpe wird durch Ändern der Motordrehzahl geregelt. Die Verbrennungsluft wird dem Luftvorwärmer von R. Otto Meyer, Hamburg, mittels eines elektrisch angetriebenen Bläsers zugeführt, die Abgase werden mittels eines elektrisch angetriebenen Betz-Bläsers abgesaugt und in den Schornstein geblasen.

Die Abmessungen der Heizflächen betragen:

| | |
|---|---|
| Übertragungsheizfläche vor Strahlungsteil (Vorwärmer) . . . | 24,6 m² |
| Strahlungsheizfläche 2 × 21 m² . . . . . | 42 „ |
| Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil (Überhitzer) . . . | 34,4 „ |
| Insgesamt . . . . . | 101,0 „ |
| Luftvorwärmer . . | 114 „ |

Da die Rohre der Strahlungs-Heizfläche größtenteils dicht aneinander liegen, sind sie hier nur auf der Hälfte des Umfanges der Flammenstrahlung ausgesetzt; die bestrahlten Flächen betragen also etwa 10.5 m², zusammen etwa 21 m².

Der erzeugte Dampf wird in Ermanglung einer Hochdruck-Kraftmaschine in einer Strahlpumpe ausgenutzt, bei der er in einer Düse bis auf rd. 11 at entspannt, mit Dampf von der gleichen Spannung aus einer anderen Quelle gemischt und in einem Diffusor auf rd. 40 at zu Versuchzwecken verdichtet wird.

### Gegenstand und Gang der Untersuchungen

Die Untersuchungen an dem Bensonkessel erstreckten sich auf das Verhalten bei verschiedenen Belastungen beim mittleren Dampfdruck von rd. 230 at, wobei wir bemüht waren, uns über den Zustand des Mittels an ver-

[1]) Vergl. Z. Bd. 71 (1927) S. 657, Bd. 72 (1928) S. 1037
[2]) Vergl. Z. Bd. 72 1928) S. 1038, Abb. 1 bis 3

schiedenen Stellen der Rohrleitung zu unterrichten. Ferner wurde auch das Verhalten des Kessels bei Dampfdrücken unter dem kritischen Druck studiert.

Das Speisewasser wurde mit einem geeichten Siemens-Scheibenwassermesser gemessen und außer bei den Versuchen 2 und 3 gleichzeitig gewogen. Die Ergebnisse beider Messungen stimmten auf rd. 1 bis 2 vT überein. Zum Messen des Ölverbrauchs dienten die geeichten Ölbehälter beider Brenner. Bei den Versuchen 2 und 3 wurde der Ölverbrauch für beide Brenner gemeinsam, bei den übrigen Versuchen für jeden Brenner gesondert gemessen.

Die Wasser- und Dampfdrücke wurden mit geeichten Präzisions-Federmanometern, die Temperaturen mit Chromnickel-Konstantan-Thermoelementen gemessen. Die Lötstellen der Thermoelemente befanden sich in Thermometerstutzen, die mit Rippen versehen waren. Die Umgebung der Meßstellen wurde sorgfältig isoliert, um Meßfehler infolge Abstrahlung und Ableitung möglichst klein zu halten. Zum Messen der Abgastemperatur dienten Thermoelemente an den Stellen, an denen die Gase aus dem Luftvorwärmer austreten. Hier entnahmen wir auch die Abgasproben für die Orsatanalyse.

Die Wasser- und Dampftemperaturen und -drücke wurden

beim Eintritt in den Kessel,
beim Eintritt in den ersten Strahlungsteil (hinter Vorwärmer),
zwischen den beiden Strahlungsteilen (Ausgleichgefäß),
beim Austritt aus dem zweiten Strahlungsteil (vor Überhitzer),
beim Austritt aus dem Kessel

gemessen. Außerdem wurden die Temperaturen hinter der ersten, dritten und fünften Schlange der Übertragungsheizfläche hinter dem Strahlungsteil (Überhitzer) gemessen, damit man den Verlauf der Zustandänderung des Dampfes verfolgen konnte.

Da kleine Fehlmessungen von Druck und Temperatur in der Nähe des kritischen Zustandes schon erhebliche Abweichungen in bezug auf den Wärmeinhalt zur Folge haben, wurde der Wärmeinhalt des Mittels zwischen den beiden Strahlungsteilen und bei Austritt aus dem zweiten Strahlungsteil mit Hilfe von Kalorimetern bestimmt. An diesen beiden Stellen wurden je 30 bis 40 kg/h abgezapft und durch eine sorgfältig isolierte, kurze Leitung den Kalorimetern zugeführt. In den Kalorimetern wurden Kupferrohrschlangen in wechselnden Richtungen von Kühlwasser umströmt. Die Kalorimeter waren sehr gut isoliert und wurden vor den Versuchen mit niedrig gespanntem Dampf geeicht. Sie ergaben dabei eine Genauigkeit von 0,5 vH.

**Der Wärmeinhalt des Dampfes bei überkritischem Druck**

Die Versuche zeigten, daß der Dampf unabhängig von der Belastung erst beim Austritt aus den Strahlungsteilen der Heizfläche in die Nähe des kritischen Zustandes gelangt. Zwischen den beiden Strahlungsteilen lag die Temperatur noch wesentlich unterhalb der kritischen. An dieser Stelle hätten sich also die kalorimetrischen Messungen erübrigt, da der Wärmeinhalt hier aus Druck und Temperatur ermittelt werden kann. Der Wärmeinhalt von siedendem Wasser, den die bekannten Dampftafeln, z. B. von *Mollier*, für die gemessene Temperatur ergeben, ist dabei um den Unterschied zwischen der äußeren Arbeit im Siedezustand und der äußeren Arbeit beim gemessenen Druck zu erhöhen.

*Mollier* hat den Wärmeinhalt von siedendem Wasser bis 300 ° nach den Untersuchungen von *Dieterici*[3]) berechnet und bis 374 ° extrapoliert. *Callendar*[4]) gibt auf Grund seiner Messungen und theoretischen Überlegungen höhere Werte an. Die in Zahlentafel 1 zusammengestellten, größtenteils kalorimetrisch ermittelten Wärmeinhalte liegen zwischen den Werten dieser beiden Forscher.

Während der Durchführung der Versuche wurden die Ergebnisse der neuesten Forschungen über den Zustand des Wasserdampfes bei hohen Drücken und hohen Temperaturen in Amerika (*Keenan, Kayes* und *Smith*), in England (*Callendar*) und in der Tschechoslowakei (*Masaryk*-Akademie-*Havliček*)[5]), sowie der Sonderuntersuchung *Callendars* über das Verhalten des Dampfes in der Nähe des kritischen Punktes bekannt[5a]). In dem *ip*-Diagramm, Abb. 2, sind die Isothermen für 350 und 400 ° und die Grenzkurven nach diesen Forschern sowie nach *Mollier* und *Stodola* eingezeichnet. Der Vergleich

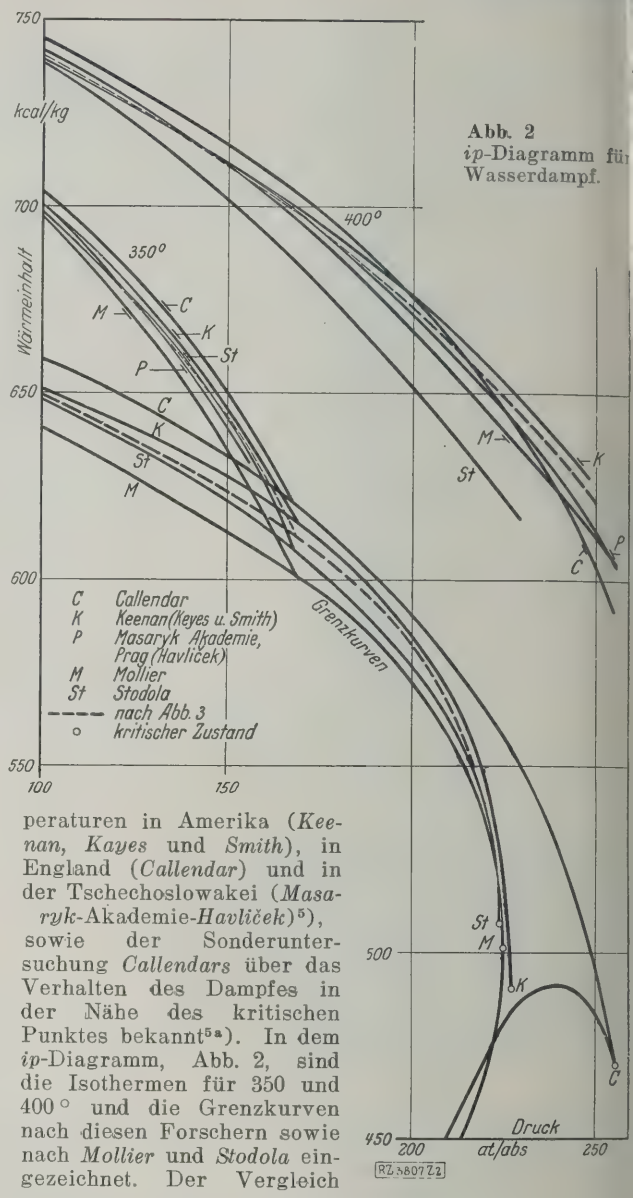



Abb. 2 *ip*-Diagramm für Wasserdampf.

[3]) Z. Bd. 49 (1905) S. 362.
[4]) „World Power" Bd. 11 (1929) S. 14.
[5]) „Mechanical Engineering" Bd. 51 (1929) S. 123.
[5a]) „World Power" Bd. 11 (1929) S. 14.

**Zahlentafel 1**
Drücke, Temperaturen und Wärmeinhalte des Dampfes.

| Versuch | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Wasser- oder Dampfdruck | | | | | | |
| vor Kessel . . . . . at abs | 269 | 262 | 251 | 236 | 212 | 162 |
| vor Strahlungsteil . . „ „ | 249 | 252 | 244 | 231 | 199 | 151 |
| Mitte „ . . „ „ | 246 | 248 | 242 | 231 | 194 | 145 |
| hinter „ . . „ „ | 244 | 248 | 242 | 231 | 195 | 145 |
| Austritt Kessel . . . „ „ | **228** | **237** | **233** | **223** | **186** | **128** |
| Wasser- oder Dampftemperatur | | | | | | |
| vor Kessel . . . . . °C | 32,0 | 31,3 | 30,6 | 33,2 | 27,7 | 35, |
| vor Strahlungsteil . . . „ | 118 | 140 | 141 | 170 | 119 | 155 |
| Mitte „ . . . „ | 302 | 299 | 291 | 358 | 297 | — |
| hinter „ . . . „ | 379 | 380 | 378 | 374 | 361 | 338 |
| hinter 1. Schlange der Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil „ | 381 | 382 | 380 | 375 | 361 | 333 |
| 3. Schlange der Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil „ | 391 | 392 | 387 | 380 | 370 | 343 |
| 5. Schlange der Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil „ | 417 | 417 | 406 | 403 | 402 | 393 |
| Austritt Kessel . . . . „ | **449,6** | **450,7** | **437,5** | **433,8** | **439** | **434** |
| Wärme nhalt | | | | | | |
| vor Kessel . . . . kcal/kg | 38,3 | 37,4 | 36,5 | 38,8 | 32,7 | 39, |
| vor Strahlungsteil . . „ | 125 | 147 | 148 | 178 | 124 | 160 |
| Mitte Strahlungsteil . . „ | 329 | — | 313 | 412 | 318 | 365 |
| hinter Strahlungsteil (kalorimetrisch) . . . . „ | 520 | 512 | 509 | 480 | 498 | 523 |
| hinter 1. Schlange der Übertragungsheizfl. hinter Strahlungsteil „ | 539 | 525 | 531 | — | — | — |
| 3. Schlange der Übertragungsheizfl. hinter Strahlungsteil „ | 606 | 601 | 564 | 575 | 618 | 649 |
| 5. Schlange der Übertragungsheizfl. hinter Strahlungsteil „ | 674 | 668 | 644 | 650 | 684 | 714 |
| Austritt Kessel . . . . „ | **721** | **717,5** | **704** | **706** | **731** | **752** |

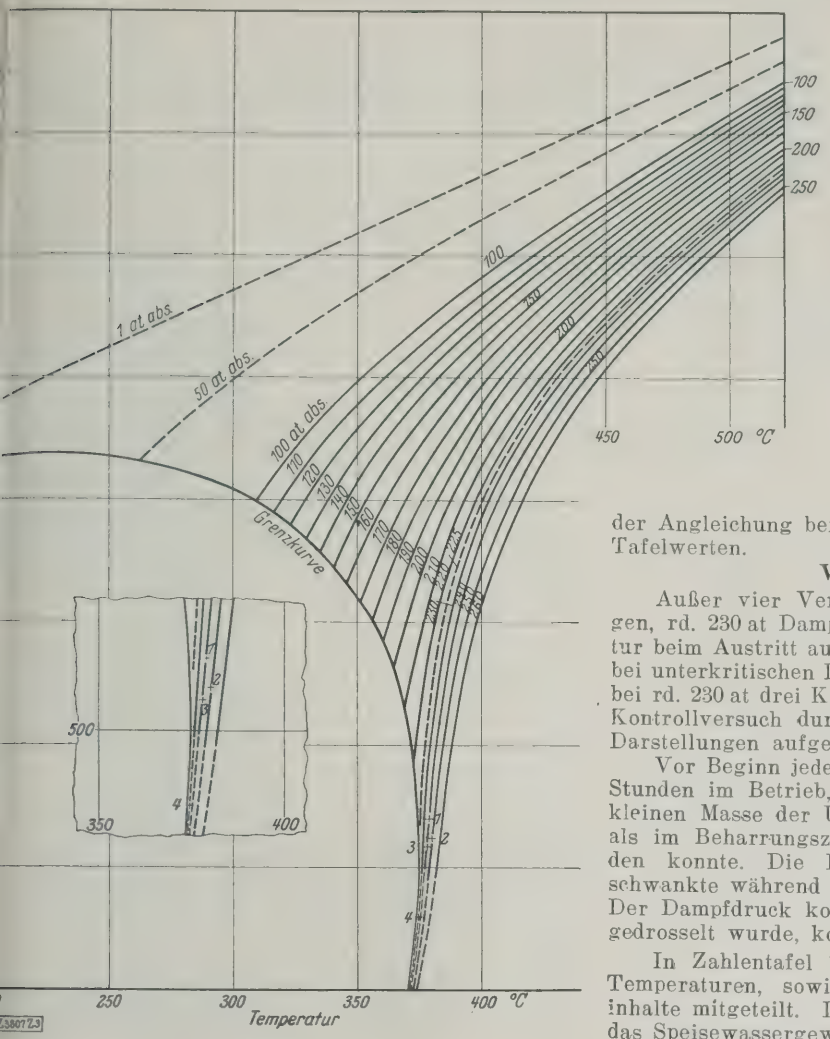



**Abb. 3**
*it*-Diagramm für Wasserdampf (die mit + bezeichneten Punkte sind Versuchspunkte).

wesentliche Unterschiede besonders in der Nähe der zkurve, oberhalb des kritischen Druckes und in der des kritischen Zustandes. Nach *Callendar* soll sich pf in der Nähe des kritischen Zustandes wesentlich rs verhalten, als bisher angenommen wurde.

Der Auswertung der Messungen beim Austritt aus Strahlungsteil, wo sich der Dampf in der Nähe des schen Zustandes befindet, wurden daher nur die im hinenbau-Laboratorium kalorimetrisch ermittelten

**Zahlentafel 2**
brauchsmessungen und Abgasanalysen.

| Versuch | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| iches Speisewasser-cht | 2780 | 2200 | 1830 | 1465 | 2360 | 2180 |
| Kalorimeter abge-hrt . . . . . kg/h | | | | | | |
| chen den Strahlungs-llen . . . . . ,, | 28 | — | 37 | 38 | 60 | 32 |
| er den Strahlungs-llen . . . . . ,, | 43 | — | 43 | 43 | 39 | 41 |
| iches Dampfgewicht . Strahlungsteil . ,, | 2752 | 2200 | 1793 | 1427 | 2300 | 2148 |
| ar gewonnenes Dampf-cht . . . . . ,, | 2709 | 2200 | 1750 | 1384 | 2261 | 2107 |
| icher Ölverbrauch rsten Strahlungsteil ,, | 114 | — | — | 86,2 | 102,3 | 92 |
| weiten ,, ,, | 114 | — | — | 43,8 | 99,7 | 88,5 |
| samt . . . . . ,, | 228 | 191,2 | 159,4 | 130 | 202 | 180,5 |
| ehalt der Abgase | | | | | | |
| ritt Luftvorwärmer vH | 10,6 | 8,7 | 7,5 | 5,5 | 9,5 | 9,1 |
| ratur der Abgase | | | | | | |
| ritt Luftvorwärmer °C | 265 | 236 | 241 | 221 | 251 | 208 |
| ratur der Luft: | | | | | | |
| Luftvorwärmer . . ,, | 27,5 | 28 | 32 | 31,4 | 25 | 24 |
| r Luftvorwärmer . ,, | 258 | 229 | 235 | 234 | 238 | 196 |

Wärmeinhalte zugrundegelegt; diese sind in Zahlentafel 1 enthalten.

Da bei hohen Drücken die von den einzelnen Forschern ermittelten Wärmeinhalte nicht unerheblich voneinander und von den bisher bekannten (*Mollier*, *Stodola*) abweichen, wurden die Wärmeinhalte im überhitzten Gebiet aus einer neuaufgestellten Dampftafel (*it*-Diagramm), Abb. 3, ermittelt, die die Unterschiede in den Ergebnissen der einzelnen Forscher ausgleicht und sich bei niedrigen Drücken den *Mollierschen* Werten anschmiegt[6]).

Die kalorimetrisch bestimmten Wärmeinhalte des Dampfes beim Austritt aus dem Strahlungsteil sind hier in Abhängigkeit von der Temperatur eingetragen und bei der Angleichung benutzt worden. Sie passen gut zu den Tafelwerten.

**Versuchsergebnisse**

Außer vier Versuchen bei verschiedenen Belastungen, rd. 230 at Dampfdruck und rd. 450 ° Dampftemperatur beim Austritt aus dem Kessel, ferner zwei Versuchen bei unterkritischen Drücken (186 und 128 at abs) wurden bei rd. 230 at drei Kontrollversuche und bei rd. 128 at ein Kontrollversuch durchgeführt, deren Ergebnisse in die Darstellungen aufgenommen sind.

Vor Beginn jedes Versuches war der Kessel mehrere Stunden im Betrieb, so daß er bei der verhältnismäßig kleinen Masse der Ummantelung und des Wasserinhalts als im Beharrungszustand befindlich angenommen werden konnte. Die Dampftemperatur (Austritt Kessel) schwankte während der Versuche nur um wenige Grade. Der Dampfdruck konnte mittels des Absperrventils, das gedrosselt wurde, konstant erhalten werden.

In Zahlentafel 1 sind die gemessenen Drücke und Temperaturen, sowie die daraus berechneten Wärmeinhalte mitgeteilt. Der gemessene Verbrauch an Heizöl, das Speisewassergewicht und die an die Kalorimeter abgeführten Dampfmengen usw. sind in Zahlentafel 2 angegeben. Das Heizöl wurde im Chemisch-Technischen Laboratorium von Prof. Dr. *Aufhäuser*, Hamburg, untersucht: oberer Heizwert 10 870 kcal/kg, unterer Heizwert 10 180 kcal/kg, 86,22 vH C, 12,89 vH $H_2$.

Die stündlich in den einzelnen Teilen der Heizflächen an den Dampf übertragenen Wärmemengen, Zahlentafel 3, wurden aus der Zunahme der Wärmeinhalte und den durch die betreffenden Heizflächenteile strömenden Dampfgewichten berechnet, wobei die an die Kalorimeter abgeführten Dampfgewichte berücksichtigt wurden. Aus den an den Dampf übertragenen und den im Brennstoff zugeführten Wärmemengen ergeben sich

[6]) Diese Untersuchungen hat auf meine Veranlassung Dipl.-Ing. *Springmann* durchgeführt, für dessen Mitwirkung ich ihm bestens danke.

**Zahlentafel 3**
An den Dampf übertragene Wärmemengen und Wirkungsgrade des Kessels.

| Versuch | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Stündl. a. d. Dampf übertragene Wärmemenge | | | | | | |
| in Übertragungsheizfläche vor Strahlungsteil 1000 kcal/h | 240 | 240 | 204 | 203 | 216 | 264 |
| im ersten Strahlungsteil ,, | 566 | — | 302 | 344 | 456 | 446 |
| im zweiten ,, ,, | 525 | — | 351 | 96 | 415 | 340 |
| insgesamt im ,, ,, | 1091 | 804 | 653 | 440 | 871 | 786 |
| in Übertragungsheizfl. hinter Strahlungsteil . ,, | 546 | 452 | 341 | 313 | 526 | 481 |
| Insgesamt im Kessel an den Dampf übertragen. . . ,, | 1877 | 1496 | 1198 | 956 | 1613 | 1531 |
| Zugeführt als oberer Heizwert d. Brennstoffes . ,, | 2477 | 2079 | 1732 | 1413 | 2197 | 1961 |
| Zugeführt als unterer Heizwert d. Brennstoffes . ,, | 2320 | 1947 | 1622 | 1323 | 2058 | 1837 |
| Wirkungsgrad des Kessels, ber. a. unteren Heizwert vH | 80,9 | 76,8 | 73,8 | 72,3 | 78,5 | 83,4 |
| Wirkungsgrad des Kessels, ber. a. oberen Heizwert ,, | 75,8 | 72,0 | 69,0 | 67,6 | 73,5 | 78,1 |

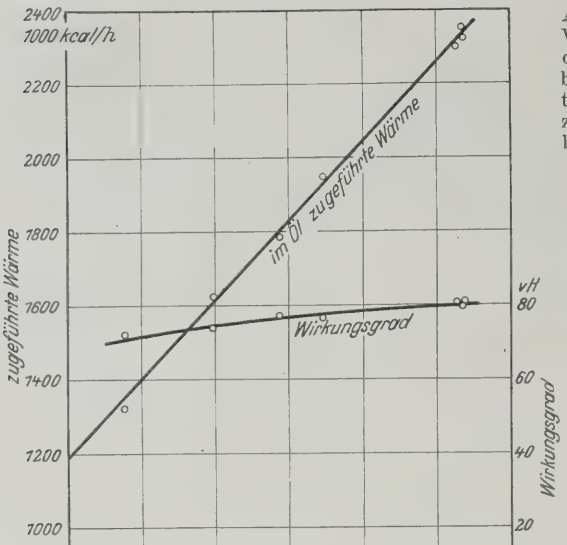



**Abb. 4**
Wirkungsgrade des Kessels, bezogen auf unteren Heizwert und zugeführte Wärme bei rd. 230 at.

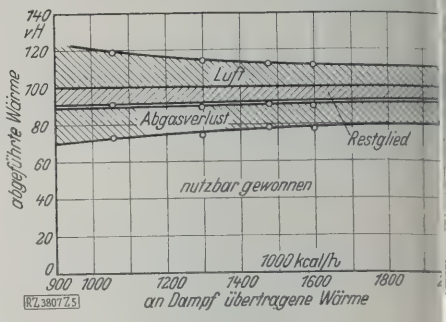



**Abb. 5**
Wärmebilanzen, bezogen auf den unteren Heizwert.

dann die Wirkungsgrade des Kessels. Diese sind in Zahlentafel 3 und, bezogen auf den unteren Heizwert, für die Versuche mit rd. 230 at in Abb. 4 in Abhängigkeit von der übertragenen Wärmemenge dargestellt. Ein Hilfsmaßstab zeigt die jeweils gemessenen Speisewassergewichte.

Zur Nachprüfung der Messungen wurden die Wärmebilanzen aufgestellt, Zahlentafel 4, Abb. 5. Die stündlich im Öl zugeführten Wärmemengen, die an den Dampf übertragene Wärme, der Abgasverlust, sowie die an die Verbrennungsluft im Luftvorwärmer übergeführten Wärmemengen sind gemessen. Nicht gemessen wurden die Verluste durch unvollständige Verbrennung des Brennstoffes und durch Wärmestrahlung und -leitung. Nimmt man für die Verluste durch unvollständig verbrannten Brennstoff 1 vH der Brennstoffwärme an, ein Wert, der sicher nicht zu hoch ist, so bleiben Wärmemengen nicht nachgewiesen, die zum größten Teil (nach überschlägigen Rechnungen rd. 100 000 kcal/h) durch Wärmestrahlung und -leitung erklärt werden können.

Aus den in den einzelnen Teilen der Heizfläche übertragenen Wärmemengen, Zahlentafel 3, wurden ihre mittleren Wärmebelastungen berechnet, Zahlentafel 5. Dabei wurden die Übertragungsheizflächen mit dem ganzen Rohrumfang, die Strahlungsheizflächen mit dem halben Rohrumfang eingesetzt (s. oben).

Teilt man die mittleren Wärmebelastungen der Heizfläche durch den Unterschied zwischen der mittleren Heizgastemperatur und der mittleren Dampf- oder Wassertemperatur, so erhält man Werte, die nicht weit von der mittleren Wärmedurchgangszahl liegen dürften, s. Zahlentafel 5. Die Gastemperaturen wurden aus dem Wärmeinhalt der Gase berechnet; diesen kann man aus

**Zahlentafel 4**
Wärmebilanzen, bezogen auf unteren Heizwert.

| Versuch | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Zugeführt im Brennstoff 1000 kcal/h | 2320 | 1947 | 1622 | 1323 | 2058 | 1837 |
| vH | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Abgeführt im Dampf 1000 kcal/h | 1877 | 1496 | 1198 | 956 | 1613 | 1531 |
| vH | 80,9 | 76,8 | 73,8 | 72,3 | 78,5 | 83,4 |
| als freie Wärme in den Abgasen . . . 1000 kcal/h | 297 | 258 | 247 | 243 | 275 | 206 |
| vH | 12,8 | 13,3 | 15,2 | 18,4 | 13,4 | 11,2 |
| im Unverbrannten (angenommen) . 1000 kcal/h | 23 | 20 | 16 | 13 | 21 | 18 |
| vH | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Restglied (Strahlung und Leitung) . . 1000 kcal/h | 123 | 173 | 161 | 111 | 149 | 82 |
| vH | 5,3 | 8,9 | 10,0 | 8,3 | 7,1 | 4,4 |
| Im Luftvorwärmer an die Verbrennungsluft übertragen 1000 kcal/h | 261 | 230 | 223 | 243 | 236 | 177 |

der Abgaswärme und den an den Dampf abgegeb Wärmemengen unter Berücksichtigung entsprech Teile der Verluste durch Wärmestrahlung und -lei ermitteln.

Bei Beurteilung der Ergebnisse muß man ber sichtigen, daß der untersuchte Kessel, als Versu kessel mit der geringen Dampfleistung von rd. 3000 eine im Verhältnis zur umgesetzten Wärmemenge g Strahlungsoberfläche aufweist. Die Wärmeverluste d Strahlung und -leitung werden bei einem größeren sel verhältnismäßig kleiner, der Wirkungsgrad wird her höher sein.

Die Wärmebelastungen der Heizfläche sind sehr hoch. Man kann annehmen, daß die Heizflächen höher belastet werden können, also reichlich beme sind. Höhere Belastungen konnten bei den Versu aber nicht erreicht werden, da sich die Umlaufzahl Speisepumpe nicht weiter steigern ließ.

Die mittleren Wärmedurchgangszahlen in Za tafel 5 haben nur Vergleichswert und können auf a Verhältnisse nicht ohne weiteres übertragen werden, die Gase an den Übertragungsheizflächen nur zum in Richtung der Rohrachsen entlangziehen. Es bi sich Teilströme, die verschiedene und von der be neten mittleren Temperatur abweichende Temperat haben.

Immerhin zeigen die Wärmedurchgangszahlen Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil (Ü hitzer) den Einfluß der Lage der Rohrschlangen. R schlangen 1 bis 3 liegen in der Nähe der Kesselwan gen, Rohrschlangen 6 und 7 in der Nähe der kält Übertragungsheizfläche vor Strahlungsteil. Die leren Wärmedurchgangszahlen werden hier dadurch einflußt, daß die Gase und die Heizfläche an die kält Kesselteile Wärme abgeben.

Die Versuche bei 186 und 128 at haben gezeigt, man mit dem Bensonkessel anstandlos auch Dampf niedrigerem Druck als dem kritischen erzeugen k Die Verdampfung findet bei den unterkritischen Drü im zweiten Teil der Strahlungsheizfläche und in

**Zahlentafel 5**
Mittlere Wärmebelastungen der Heizflächente

| Versuch | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| Gesamtbelastung | | | | | |
| Übertragungsheizfläche vor Strahlungsteil kcal/m²h | 9 750 | 9 750 | 8 300 | 8 250 | 8 790 |
| erster Strahlungsteil . ,, | 53 900 | — | 28 800 | 32 750 | 43 400 |
| zweiter ,, . ,, | 50 000 | — | 33 400 | 9 150 | 39 500 |
| Strahlungsteile (insges.) ,, | 52 000 | 38 250 | 31 100 | — | 41 500 |
| Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil (gesamt) . . . . . ,, | 15 870 | 13 140 | 9 910 | 9 100 | 15 300 |
| Belastung für je 1° Temperaturunterschied (mittlere Wärmedurchgangszahl) kcal/m²h °C | | | | | |
| Übertragungsfläche vor Strahlungsteil . . . ,, | 19,4 | 21,5 | 18,4 | 20,2 | 18,6 |
| erster Strahlungsteil . ,, | 43,4 | — | — | 44,1 | 37,4 |
| zweiter ,, . ,, | 47,3 | — | — | 16,0 | 40,9 |
| Strahlungsteile (insges.) ,, | 44,6 | 35,6 | 33,8 | — | 37,9 |
| Übertragungsheizfläche hinter Strahlungsteil . ,, | 33,9 | 31,1 | 28,0 | 29,5 | 34,8 |
| Rohrschlangen der Übertragungsheizfl. hinter Strahlungsteil: | | | | | |
| Schlange 1 bis 3 . . . ,, | 31,8 | 29,2 | 17,2 | 26,6 | 38,7 |
| ,, 4 und 5 . . . ,, | 39,1 | 34,4 | 39,0 | 32,2 | 33,4 |
| ,, 6 und 7 . . . ,, | 29,0 | 27,8 | 31,4 | 27,0 | 25,8 |

...enden beiden Rohrschlangen statt, so daß der Dampf ...r in den letzten fünf Rohrschlangen überhitzt wurde. ...s den niedrigeren Wärmedurchgangszahlen dieser ...hrschlangen trotz der höheren Dampfgeschwin...keit könnte man auf einen besseren Wärmeübergang ...i überkritischem Druck schließen. Es ist aber zu be...hten, daß der Dampf trotz der gemessenen Über...tzung wegen der fehlenden Ausdampffläche noch Feuch...keit enthalten haben dürfte, die erst in den letzten ...hrschlangen verdampft sein wird. Die hierfür ver...auchte Wärme haben die Temperaturmessungen nicht ...faßt.

### Schlußfolgerungen

Die Versuche haben ergeben, daß bei gleich...eibender Belastung der Dampfzustand beim Aus...itt aus dem Kessel fast ohne Bedienung unverändert ...eibt. Auch mit anderen, sich leicht anpassenden ...euerungen, z. B. Kohlenstaubfeuerung, wird sich dies ...me weiteres erreichen lassen. Versuche über die An...assung des untersuchten Kessels an schwankende Be...stung hätten keinen allgemeinen Wert gehabt, da die ...nlage keine selbsttätigen Regelvorrichtungen hat, son...rn mit der Hand geregelt wird, und somit die Geschick...hkeit der Bedienung nicht ausgeschaltet worden wäre.

Bei schwankender Belastung muß die eingespeiste ...assermenge der Dampferzeugung angepaßt werden. Da ...ein Wasserstandzeiger angebracht werden kann, muß ...an Wassermenge und Brennstoffzufuhr nach Druck ...nd Temperatur des Dampfes beim Austritt aus dem ...essel regeln. Wegen des überaus kleinen Wasserinhalts ...es Kessels muß man solche Dampferzeuger für den ...raktischen Betrieb unbedingt mit selbsttätigen Regel...orrichtungen ausrüsten.

Die Belastung der beiden parallelen Rohrstränge ...urde überwacht durch Temperaturmessungen am An...ng und Ende jedes Rohrstranges und diese stimmten ...friedigend überein. Ob dies auch nach längerer Be...iebzeit (Verschmutzung der Rohre) so bleibt, konnte ...ch nicht geprüft werden; ebenso kann noch nicht ge...gt werden, ob eine größere Anzahl von Rohrkränzen, ...e man für größere Kessel braucht, gleichmäßig parallel ...beiten.

Bei den Versuchen wurde der Kessel mit Kondensat ...speist, das von der Dampfturbine des Heiz- und Kraft...erkes der Technischen Hochschule anfällt. Im Vorrat...hälter stand das Kondensat mit der Außenluft in Ver...ndung; es war daher nicht luftfrei. In den außen ...egenden Verbindungsleitungen am Kessel entstand nach ...niger Betriebzeit ein dünner, aber fester, rötlicher Be...g, der höchstwahrscheinlich von einer Oxydation infolge ...s Luftgehalts des Dampfes herrührte. Die Korrosion ...achte aber bisher keine Fortschritte; vermutlich bildete ...ch an den Rohrwandungen eine Schutzschicht, die wei...re Anfressungen verhindert.

Etwaigen Kesselstein könnte man aus den Rohr...hlangen nicht entfernen; bei hoher Wärmebelastung der ...eizfläche könnte dies zu Rohrbrüchen führen. Angeb...ch soll sich aber im Bensonkessel kein Kesselstein an...tzen[7]).

Schmutzteilchen, die auch in technisch reinem Kon...nsat meist enthalten sind, und kleinere Salzmengen, die ...rch undichte Kondensatoren in das Kondensat ge...ngen, sammeln sich im Kessel und werden durch Ent...hlammen im Stillstand entfernt. Die Einrichtungen ...erfür lassen sich bei dem Kessel der Technischen Hoch...hule leicht bedienen, so daß das Abschlammen nur ...rze Zeit in Anspruch nimmt.

Störungen, die durch den hohen Dampfdruck von ...0 at und darüber verursacht werden, sind nicht aufge...eten. Man kann sagen, daß die hohen Drücke konstruk...v in bezug auf Heizflächen, Dichtungen und Armaturen ...s Kessels betriebsicher beherrscht werden. Das hat ...inen Grund nicht zumindest in der nahezu idealen Weise, wie Wärmespannungen durch die Unterbringung der Heizflächen auf Rohrschlangen oder Rohrsträngen aufgenommen werden.

Der Bensonkessel ist als Sicherheitskessel anzusprechen. Sorgt man bei Rohrbrüchen für sofortiges Löschen des Feuers und Abkühlen der Heizfläche durch Luft oder eingespritzten Wasserdampf, so kann man vermeiden, daß Rohre glühend werden; der Kessel ist nach Verschweißen der Bruchstelle mittels Thermit ebenso betriebsicher wie vorher[8]).

Der Bensonkessel liefert trockenen Betriebsdampf. Da das Wasser ohne zu sieden in den dampfförmigen Zustand übergeht, befindet sich im Kessel an keiner Stelle ein Gemisch von Dampf und Wasser. Es kann daher vom Dampf auch kein Wasser mitgerissen werden, wie es bei den mit Rücksicht auf die hohen Kosten der Trommeln meist knapp bemessenen Ausdampfflächen andrer Hochdruckkessel manchmal nicht zu vermeiden ist.

Bei den Siemens-Schuckertwerken arbeiten die Kessel bisher derart, daß man den Dampfdruck auf 120 at, neuerdings auf 180 at, drosselt und nachüberhitzt in die Turbine einführt. Gegen dieses Verfahren kann man einwenden, daß die Speisung beim Bensonbetrieb mehr Arbeit verbraucht, als wenn man den Dampf bei 120 oder 180 at erzeugen würde.

Bei dem Bensonkessel, der neuerdings für Langerbrügge gebaut wird, wird der Dampf nur auf 200 at abgedrosselt. Die Erfahrung muß zeigen, ob eine Dampfturbine für so hohen Druck und entsprechend hohe Temperatur betriebsicher und mit einem Wirkungsgrad gebaut werden kann, der etwa in derselben Größenordnung wie der von Dampfturbinen für 100 bis 120 at liegt. Die Mehrleistung der Dampfturbine bei 200 at könnte dann nicht nur den Mehraufwand der Speisung des Bensonkessels decken, sondern darüber hinaus noch einen Gewinn an Nutzleistung ergeben. [B 3807]

[8]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1044.

[7]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1042, Vereinigung der Elektrizitätswerke, Verhandlungsbericht der 36. Hauptversammlung 1928 in Wien.

## Diesel-Eisenbahnfähre auf dem Bodensee

Zwischen Friedrichshafen und Romanshorn verkehrt seit dem 1. Juni d. J. die von der Bodanwerft, Kressbronn a. B. erbaute Eisenbahnfähre „Schussen", Abb. 1. Die Fähre ist 54,4 m lang und 10 m breit, die Seitenhöhe beträgt 2,4 m, der größte Tiefgang 1,6 m, die Verdrängung rd. 300 t im unbeladenen Zustande und die Zuladung 320 t. Die Wagen werden über das Heck an Bord auf zwei nebeneinander liegende Gleise gefahren. Um auch Kraftwagen (40 Stück) befördern zu können, hat man die Schienen deckseben verlegt. Für Fahrgäste ist neben den Wagen reichlich Platz vorhanden, außerdem auf den beiden aufgebauten Decks und in einem geschlossenen Raum.

Die Maschinenanlage besteht aus zwei kompressorlosen, umsteuerbaren Viertaktmotoren der Motorenwerke Mannheim, A.-G., vorm. Benz, die bei 320 U/min je 240 PS leisten. Die Fahrgeschwindigkeit beträgt bis 18,5 km/h. Ein Hilfsmotor von 16 PS Leistung dient zum Antrieb des Luftverdichters und des Lichtstromerzeugers. Da sich der Wasserspiegel des Bodensees verändert, ist im Hinterschiff ein Trimmtank eingebaut worden, der den Tiefgang der Höhe der Ladebrücken anzupassen gestattet. Zum Füllen und Entleeren dieses Tanks ist eine Lenzpumpe mit einer Leistung von 250 m³/h vorgesehen.

[M 3691] *H. H.*

**Abb. 1.** Eisenbahnfähre „Schussen"

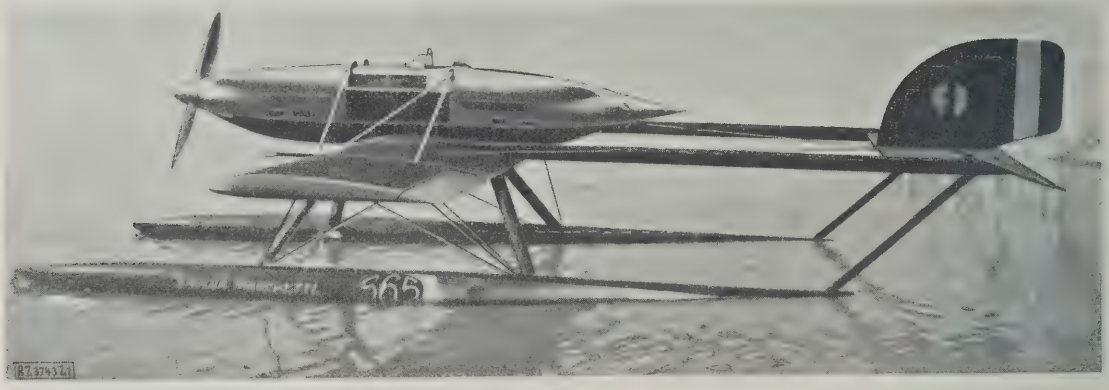


Abb. 1
Savoia-Marchetti-Flugzeu Baumuster S( mit zwei hinte einander eingebauten Motoren.

# Die Flugzeuge des Schneider-Wettbewerbes

## 11. internationaler Wettflug für Seeflugzeuge um die Schneider-Trophäe in Englan

*Den diesjährigen Wettflug bestritten je drei englische und italienische Flugzeuge. Sieger wurde ein englisches Supermarine-Flugzeug S. 6 mit 1500 pferdigem Rolls-Royce-Motor mit 528 km/h mittlerer Geschwindigkeit über die 350 km lange Wettflugstrecke. — Beschreibung einiger am Fluge beteiligter und nicht beteiligter Flugzeuge.*

Der elfte internationale Wettflug der Segelflugzeuge um die Schneider-Trophäe fand am 7. September 1929 über dem Solent nördlich der Insel Wight statt. Am Vortage mußten die Flugzeuge ihre Seetüchtigkeitsprüfung erledigen, die sich auf Starten, Landen, Rollen, Manövrieren auf dem Wasser und sechstündiges Liegen an der Boje erstreckte. Die Flugstrecke, ein langgestrecktes Viereck, hatte eine Länge von 50 km, die siebenmal durchflogen werden mußte.

Angemeldet zu dem Wettbewerb hatten die Länder: England drei, Frankreich drei, Italien drei und Amerika ein Flugzeug. Frankreich zog einige Zeit vor dem Wettbewerb seine Anmeldungen zurück. Das amerikanische Mercury-Flugzeug, ein mit einem 24-zylindrigen Packard-Motor au gerüsteter Eindecker, wurde zum Wettbewerb nicht fre gegeben, da er seine Probeflüge nicht rechtzeitig erle gen konnte. Italien erschien trotz Ausfalls einiger Flu zeuge beim Training mit mehreren Flugzeugen der Fi men Macchi, Fiat und Savoia. An englischen Flugzeug waren von Supermarine und Gloster verschiedene Ne bauten bereitgestellt.

Am Wettflug selbst nahmen folgende sechs Flugzeu teil: zwei Supermarine-Flugzeuge, Baumuster S. 6 u ein Supermarine-Flugzeug, Baumuster S. 5[1]), zw Macchi-Flugzeuge, Baumuster M. 67 und ein Macchi-Flu

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1733.

Abb. 2 *Phot. Flight*
Tiefdecker der Gloster Aircraft Co., Baumuster 6.

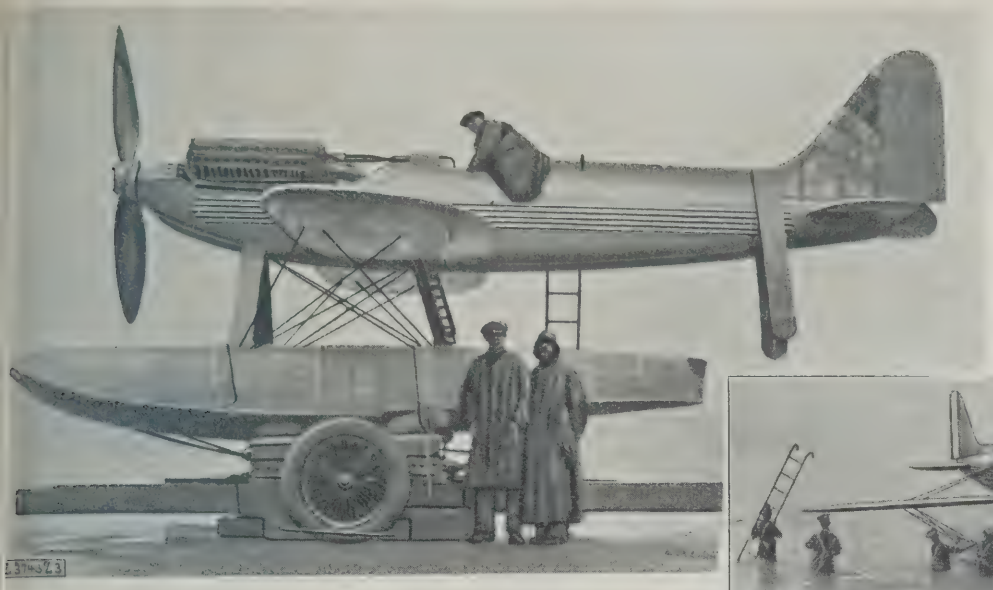


Abb. 3 und 4
Das Siegerflugzeug des Schneider-Wettbewerbs.
Tiefdecker der Firma Supermarine Aviation Works Ltd., Baumuster S. 6.

:eug, Baumuster M. 52 bis. Leider hatte die Firma Gloster m letzten Augenblick ihre Beteiligung zurückgezogen. Von len sechs Teilnehmern beendeten nur die drei englischen Supermarine-Flugzeuge und das italienische Flugzeug Macchi M. 52 bis das Rennen. Die beiden italienischen Flugzeuge des Baumusters M. 67 fielen bei der zweiten Runde aus. Sieger wurde das englische Supermarine-Flugzeug, Baumuster S. 6, mit Rolls-Royce-Motor, unter Führung des Fliegerleutnants *Waghorn*, das eine Durchschnittsgeschwindigkeit von 528 km/h erreichte. Die beste Rundengeschwindigkeit hatte das zweite S. 6-Flugzeug mit 534 km/h. Drei Tage nach dem Rennen erreichte Geschwaderführer *Orlebar* auf dem Flugzeug S. 6 unter amtlicher Überwachung eine Höchstgeschwindigkeit von 593,4 km/h über die vorgeschriebene 3 km-Strecke.

Die Entwicklung der Schneider-Rennflugzeuge ist jetzt soweit gelangt, daß alle Firmen die Lösung nur noch mit Zweischwimmer-Eindeckern versucht haben. Die beteiligten Flugzeuge zeigen auch im Aufbau keine wesentlichen Verschiedenheiten mehr. Die Geschwindigkeitssteigerungen seit 1927 sind wohl in erster Linie auf die höheren Motorenleistungen, im übrigen noch auf verminderte Stirnwiderstände und vielleicht bessere und über Zahnräder angetriebene, langsamer laufende Luftschrauben zurückzuführen. Von den diesjährigen zum Schneider-Wettbewerb eingetroffenen Flugzeugen sind folgende Einzelheiten bekannt geworden.

### Die italienischen Flugzeuge.

Das neuartigste Flugzeug unter den auf der Flugstation Calshot eingetroffenen Wettbewerbern war das Savoia-Marchetti-Flugzeug, Baumuster S. 65, Abb. 1, ein Doppelschwimmer-Tiefdecker mit zwei hintereinander eingebauten Motoren[2]). Der Führer sitzt zwischen den beiden Isotta-Fraschini-Motoren von je rd. 1000 PS. An zwei aus den Flügeln nach hinten führenden Trägern, die nach den hinteren Schwimmerspitzen zu abgestrebt sind, befindet sich das Leitwerk. Über die Leistungen und Eigenschaften dieses Flugzeuges, das in England nicht geflogen ist, sind verläßliche Angaben nicht bekannt geworden.

Auch der zweite bemerkenswerte Vertreter Italiens, das Fiat-Flugzeug, Baumuster C. 29, ein Zweischwimmer-Tiefdecker, hat in England keine Flüge ausgeführt. Der Fiat-Motor in V-Form von rd. 1250 PS soll rd. 400 kg wiegen und treibt die Luftschraube unmittelbar mit 3200 U/min an. Das Gewicht des Flugzeuges soll bei nur 8 m² Fläche und Betriebstoff für 1 h einschließlich Führer 1200 kg betragen. Es wäre dies das erste Flugzeug mit einer Leistungsbelastung unter 1 kg/PS.

[2]) Ein ähnliches Flugzeug zeigte Dornier auf der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung Berlin 1928 im Modell.

Das Macchi-Flugzeug, Baumuster M. 67, wurde aus dem Baumuster M. 52 des Jahres 1927 entwickelt und ist mit einem 18zylindrigen Isotta-Fraschini-Motor ausgerüstet. Der auffallend kurze Rumpf ist in der vorderen Hälfte aus Stahlrohr mit Blechbeplankung und in der hinteren Hälfte aus Holz hergestellt. Höhen- und Seitenleitwerk liegen ziemlich gleichmäßig zu beiden Seiten und über und unter dem Rumpf. Die in Holz ausgeführten Flächen nehmen die Tragdeckkühler auf, die durch Strebenkühler des Schwimmergestells verstärkt werden. In die langen Schwimmer, Metallgerüst mit Holzbeplankung, hat man die Brennstoffbehälter eingebaut. Das Öl wird durch den mit Ölrippen versehenen Ölbehälter unter dem Motor und durch Kühlrippen an beiden Rumpfseiten und auf der Oberseite der Schwimmer gekühlt. Der Isotta-Fraschini-Motor in W-Form soll bei 3000 U/min 1500 PS leisten. Der unmittelbar angetriebene Propeller ist zwei- oder dreiflügelig. Die Sicht vom Führersitz ist infolge der nach hinten geführten Verkleidung der seitlichen Zylinderköpfe schlecht.

### Die englischen Flugzeuge

Bei dem Baumuster 6 der Gloster Aircraft Co., Abb. 2, ist die Baufirma erstmalig von der Doppeldecker-Bauart aus dem Wettbewerb 1927 zum Eindecker übergegangen. Leider konnten die verspätet fertig gewordenen Gloster-Flugzeuge, Baumuster 6, am Wettbewerb selbst nicht teilnehmen. Sie bewiesen jedoch kurz nach dem Rennen, daß ihre Geschwindigkeit im Geradeausflug über 550 km/h liegt und daß besonders das Steigvermögen außerordentlich gut ist (1600 m in 1 min). Der vollkommen stromlinienförmige Ganzmetallrumpf von kleinstem Querschnitt wird nur durch die drei Zylinderreihen unterbrochen, deren mittlere Verkleidung an der Oberseite des Rumpfes bis zum Leitwerk läuft und dort in der Kielflosse endet. Die Flächen haben nach der Sonderbauart der Firma sechs Spruce-Holme und sind mit Spruce-Sperrholz beplankt. Das Profil der Flächen ist auf rd. zwei Drittel nach außen, wo die Stromliniendrähte angreifen, am dicksten. Fast die ganze Fläche ist als Wasserkühler ausgebildet, indem man kleine Messingröhrchen nebeneinander gelegt und miteinander verlötet hat, wobei jedoch eine ganz glatte Oberfläche sichergestellt ist. Die stark gewölbten Schwimmer, ebenfalls stark stromlinienförmig, sind aus Duraluminium hergestellt und sind wie bei den älteren Bauarten mit einem starken Mittelkielträger ausgerüstet. Sie sind in vier wasserdichte Abteilungen unterteilt und enthalten außerdem die Brennstoffbehälter, die bei Gloster 5 noch im Rumpf eingebaut waren. Flächen, Rumpf und Schwimmer sind mittels Stromlinienseile

miteinander verbunden. Die vier Schwimmerstreben greifen nicht wie bei Gloster 5 in der Mitte, sondern seitlich am Rumpf an. Der Ölbehälter ist hinter dem Führersitz in den Rumpf eingebaut; seine Außenfläche mit Kühlrippen bildet mit der Rumpfbeplankung eine Fläche. Das Leitwerk ist in Holz ausgeführt; die Kielflosse und das Seitenruder liegen oberhalb des Rumpfes.

Der Napier-Lion-Motor, Baumuster 7 D, stellt die Weiterentwicklung der aus den früheren Wettbewerben 1925 und 1927 bekannten **W**-Form-Motoren dar. Obgleich die Leistung bei einem Gewicht von rd. 400 kg weiter erhöht worden ist — auf rd. 1200 PS —, ist der Stirnwiderstand noch etwas verkleinert worden. Der Kompressor, der an die Hinterseite des Motors verlegt wurde, ist in Zusammenarbeit zwischen Napier und der British Thomson Houston Co. entwickelt worden. Die aus Metall geschmiedete mit Übersetzung ins Langsame angetriebene Luftschraube, eine Sonderausführung von Gloster, wird auf einer besonderen Bearbeitungsmaschine hergestellt.

Das Supermarine-Flugzeug, Baumuster S. 6, Abb. 3 und 4, ist aus dem Baumuster S. 5 entwickelt worden, das mit dem fast 1000pferdigen Napier-Lion-Motor 1927 Sieger im Wettbewerb bei Venedig wurde[3]). Baumuster S. 6, mit dem neuen zwölfzylindrigen Rolls-Royce-R-Motor in **V**-Form ausgerüstet, war wohl das schwerste Flugzeug unter den Teilnehmern. Es zeigte sogar eine beachtliche Seetüchtigkeit.

Der Ganzmetallrumpf zeigt in der Formgebung verschiedene Änderungen gegenüber dem Baumuster S. 5, die in erster Linie durch den V-Form-Motor bedingt sind. Die Flächen von gleichbleibendem Profil, die bei dem älteren Baumuster noch aus Holz waren, sind ganz in Metall ausgeführt. Die oberen Seiten der Flächen sind als Wasserkühler ausgebildet. Dieser Flächenkühler aus zwei Duralumin-Platten mit Zwischenraum für Kühlwasser dient gleichzeitig als Festigkeitsverband und ist der äußeren Flächenform vollkommen angepaßt. Die Flächen sind nach dem Rumpf und den Schwimmern hin durch Stromlinienkabel versteift. Die elektrolytisch gegen Seewasser geschützten Duralumin-Schwimmer enthalten im mittleren aus Stahl bestehenden Teil die Brennstoffbehälter. Die stark stromlinienförmigen vom Baumuster S. 5 bekannten Schwimmer haben rd. 20 cm hinter der Schwimmermitte eine kleine Stufe. Die Oberseite ist mäßig gewölbt. Die Stromlinienstreben sind ähnlich w bei S. 5 angeordnet, nur greifen die beiden vorder erheblich weiter vorn am Rumpf unter dem Motorv bau an. Die Verspannung zwischen den Schwimm flächen und dem Rumpf besteht aus Stromlinienseilen, v denen sechs nur als zusätzliche Sicherheit beim Traini benutzt und beim Rennen selbst fortgenommen wurde Der Ölbehälter befindet sich am Rumpfende. Das fließt vom Motor durch besondere Kühlrohre an beid Seiten des Rumpfes zum Ölbehälter und an der Rump unterseite wieder zum Motor zurück. Das Leitwerk üblicher Ausführung zeigt die bei den englischen Flu zeugen übliche Anordnung von Kielflosse und Seite ruder über dem Rumpf, wodurch die Flugeigenschafte im Kurvenflug besonders günstig beeinflußt werde sollen.

Der Rolls-Royce-Motor ist ein auf geringsten Stirn widerstand herabgesetzter zwölfzylindriger **V**-Moto dessen Leistung über 1500 PS bei 3500 U/min betrage soll. Das Verdichtungsverhältnis ist gering und wir mit 1 : 5,75 angegeben. Der neue Kompressor an de Hinterseite des Motors soll eine erhebliche Wirkun haben. Das Gewicht des Motors wird mit 650 kg an gegeben. Die Luftschraube von rd. 3 m Dmr. und 5,5 m Steigung wurde von den Firmen Supermarine und Fa rey Reed zusammen berechnet und entworfen und vo Fairey in Metall ausgeführt.

### Der Wettflug

Der Wettflug selbst fand bei recht günstiger Wetter lage statt. Die Anzahl der Zuschauer, die auf Kriegs schiffen, Begleitdampfern, Jachten, Motorbooten und vo der Küste aus das Rennen verfolgten, wird mi 2 Millionen angegeben. Es muß anerkannt werden, da Italien trotz seiner durch Personal- und Flugzeugaus fälle geschwächten Stellung sich an den Rennen betei ligte und damit besten Sportgeist bewiesen hat. Trotzdem war der Sieg der englischen Flugzeuge wohlverdient die in glänzender Form und mit großer Gleichmäßig keit ihre Flüge ausführten. Auch die Flugeigenschafte dieser Flugzeuge waren auffallend gut, wie das gleich mäßige Runden der Wendemarken zeigte. Die hervor ragenden englischen Motoren und die ausgezeichnete Flugzeuge, besetzt mit sehr gut ausgebildeten Führern haben bewiesen, daß zur Zeit England im Bau von Son derrennflugzeugen führend ist. [B 3743] *H. M.*

[3]) Vergl. Anm. [1]).

## Die Versuchsgrube Hibernia

Der Nachteil der über Tage befindlichen bergbaulichen Versuchstrecken, die sich der Erforschung der Explosionsgefahren im Bergbau widmen und Mittel und Wege zu ihrer Bekämpfung ausfindig machen sollen, sowie der Seilprüfstellen, die alle für die Sicherheit der Seilfahrt wichtigen Fragen untersuchen sollen, liegt darin, daß die sich bei den Versuchen als empfehlenswert herausstellenden Maßnahmen nicht unter den im Grubenbetrieb tatsächlich vorliegenden Verhältnissen erprobt werden können. Wegen der großen Bedeutung für die Sicherheit der Bergleute ist es daher erwünscht, zur gründlichen Klärung der mit den Gefahren der Seilfahrt und der Explosionsgefahr zusammenhängenden Fragen entsprechende Versuche in einem Schacht oder einer Grube vorzunehmen. In Amerika werden vom Bureau of Mines in der Nähe von Pittsburgh seit dem Jahre 1910 großzügige betriebsmäßige Untersuchungen über den Verlauf und die Bekämpfung von Explosionen in einer hierfür besonders entwickelten Grube angestellt[1]).

In Deutschland wurde zur Erforschung und Bekämpfung der Unfallgefahren im Bergbau vor nunmehr zwei Jahren durch das Reich, Preußen und die Knappschafts-Berufsgenossenschaft eine Versuchsgrubengesellschaft gegründet mit dem Hauptzweck der Erforschung und Bekämpfung von Explosionen und Grubenbränden und der Erforschung der mit der Seilfahrt zusammenhängenden Fragen. Als Versuchsgrube wurde die 900 m tiefe, schlagwetter- und kohlenstaubgefährliche Steinkohlengrube Hibernia gewählt, die stark verschiedene Untertageverhältnisse aufweist, so daß die Versuche unter den mannigfaltigsten Bedingungen vorgenommen werden können.

Von den vorhandenen drei Schächten ist der eine vollständig für Seilfahrtversuche in Anspruch genommen. Im Untertagebetrieb wurden von den ausgedehnten Grubenbauen die für den Betrieb der Versuchsgrube entbehrlichen wetterdicht und sicher abgedämmt. Zur Überwachung der Wetterverhältnisse in den abgedämmten Bauen wurden in die Dämme verschließbare Rohre eingebaut. Die offenen Schächte, Querschläge, Strecken, Stapel, Bremsberge und Abbaue geben ein richtiges Bild einer betriebsmäßigen Steinkohlengrube.

Die Hauptwettersohle liegt in 610 m Teufe. In dieser und der 100 m darunter liegenden elften Sohle befinden sich die Hauptgrubenbaue, die teils zu Versuchzwecken, teils zur Gewinnung der für den Betrieb erforderlichen Kohle offengehalten werden. Auf beiden Sohlen wurden besondere Explosionskammern zur Feststellung der Einwirkung von Schüssen auf Grubengasansammlungen und den Verlauf von Explosionen und außerdem besondere Schutzstände eingerichtet, um beim Schießen auftretende Flammen- und Funkenerscheinungen aus geringster Entfernung beobachten zu können. Die Grube wird durch einen Geisler-Lüfter mit etwa 5600 m³/min Leistung bewettert[2]). Von den mit Dampf angetriebenen Fördermaschinen sind zwei Trommelförderungen durch Auflegen eines Seillaufkranzes auf die Trommel für Koepeförderung umgebaut worden; die dritte Maschine ist von vornherein mit Treibscheibe ausgerüstet. [N 3818] *Pr.*

[1]) „Annual Report of the Director of the Bureau of Mines to the secretary of commerce for fiscal year, ended June 30, 1928."

[2]) Berichte der Versuchsgrubengesellschaft, Heft 1. Die Versuchsgrube S. 33.

# beiten der Deutschen Versuchsanstalt ür Luftfahrt E. V. im Jahre 1928/29

*Von Prof. Dr. H. FASSBENDER, Berlin*

Die Deutsche Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. (DVL) im Berichtjahr in 32 technischen Ausschüssen ver- en. Es wurden von Mitgliedern der Anstalt 20 Vorträge öffentlichen Tagungen gehalten. Die Zahl der gedruck- Veröffentlichungen (Abdrucke nicht mitgerechnet) betrug Berichtjahr 39. Die Zahl der an einen kleinen Kreis er Beteiligter versandten technischen Berichte belief sich 298.

### Aerodynamische Abteilung.

Über die Aufgaben der Abteilung, insbesondere über Stand der Versuchstechnik zur Ermittlung der Flug- tungen, Flugeigenschaften und Beanspruchungen von fahrzeugen berichtete *F. Seewald* auf der Tagung Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt (WGL) äßlich der Internationalen Luftfahrt-Ausstellung, Ber- Oktober 1928[1]).

In einer theoretischen Arbeit[2]) über Flügel- hwingungen wurde untersucht, welchen Einfluß Querruder — besonders in dem Fall, daß die Steuer- e gerissen sind — auf die Größe der kritischen Ge- windigkeit ausübt, bei der gefährliche Schwingungen ein- zen können. Es ergibt sich die Forderung, die Schwer- se des Querruders möglichst in die Ruderachse zu ver- en, entsprechend der schon früher aufgestellten Forde- g, die Schwerachse des ganzen Flügels möglichst in seine stische Achse zu legen. Bezüglich der Steifigkeiten des igels ist anzustreben, daß die Eigenschwingungszahlen reine Biegung und reine Verdrehung des Flügels mög- hst auseinanderfallen. Die Ergebnisse der Theorie wur- durch Windkanalversuche[3]) im allgemeinen bestätigt.

In letzter Zeit sind wiederholt Brüche von Luft- hrauben, namentlich Metalluftschrauben, bekannt ge- rden, die allem Anschein nach auf Schwingungen zu- kzuführen sind. Hier handelt es sich aber nicht um nliche Schwingungen wie bei Tragflügeln, sondern um n außen durch ein ungleichförmiges Strömungsfeld an- regte Schwingungen, die gegebenenfalls zu einem Reso- nzfall führen. Es zeigt sich, daß Luftschrauben durch rdrehungsschwingungen wegen deren hoher Frequenz um gefährdet sind. Ursache der Ermüdungsbrüche von ftschrauben sind wesentlich ihre Biegungsschwingungen. e Berechnung der Biegungsfrequenzen von Schrauben- geln (verjüngten Stäben) in Abhängigkeit von der Dreh- l der Schraube läßt sich mit großer Genauigkeit durch- ren (Fehler im ungünstigsten Falle 5 vH). Eine sehr gut uchbare Überschlagsformel ist:

$$\lambda^2 = \lambda_0^2 + \omega^2,$$

$\lambda_0$ die Eigenfrequenz des nicht umlaufenden Flügels und die Drehzahl der Schraube bedeutet[4]).

Um Schub und Drehmoment der Luftschraube im Fluge messen, wurde je eine Meßnabe dafür entwickelt[5]). Mit Schubmeßnabe wurde in zahlreichen Meßflügen die Po- e des Flugzeugmusters Junkers A 35 für Gleit- und Mo- flug festgelegt. Für dieses Flugzeug ergab sich als Ein- ß des Schraubenstrahls ein zusätzlicher Auftrieb und derstand:

$$\Delta A = 0{,}039\, S \frac{F}{F_s} \quad \text{und} \quad \Delta W = 0{,}13\, S \frac{F}{F_s},$$

$S$ den Schub, $F$ die Flügelfläche und $F_s$ die Schrauben- isfläche bedeutet.

Zur Messung von Luftschrauben in Fahrt (Schub- und istungsbestimmung) wurde ein auf Schienen laufender opellerwagen gebaut, der bereits mehrere erfolgver- rechende Fahrten mit Geschwindigkeiten bis zu 175 km/h sgeführt hat.

Zu den unangenehmsten Flugeigenschaften ge- rt bei vielen Flugzeugen die Neigung zum Trudeln. Da se Flugzeuge oft schwer wieder aus dem Trudeln her- szubringen sind, wurde die Stabilität der Trudelbewegun- in einer theoretischen Arbeit[6]) näher untersucht. In ereinstimmung mit der Erfahrung ergibt sich, daß be- ders das flache Trudeln eines ungestaffelten Doppel- deckers sehr stabil ist. Im allgemeinen schafft Vergrößerung des Seitenleitwerks und Vorverlegung des Schwerpunktes wirksame Abhilfe. In einer andern Arbeit[7]) wird die Bedeutung der Massenverteilung am ganzen Flugzeug und der Autorotation erörtert. Autorotation, eine wichtige Vorbedingung für das Trudeln, kann durch richtige Gestaltung des Tragwerks (monotones Ansteigen der Normalkraft mit dem Anstellwinkel) verhindert werden. Um Unterlagen für theoretische Untersuchungen über Trudeln zu schaffen, wurden im Auftrage der DVL von der Göttinger Versuchsanstalt Sechskomponentenmessungen an verschiedenartigen Flügeln ausgeführt[8]).

Im Auftrage auswärtiger Stellen wurden in der Hamburgischen Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA) von der DVL Modellversuche an Flugzeugschwimmern durchgeführt. Dabei konnten Vorschläge zur Verbesserung des Meßgerätes und zur Vereinfachung der Auswertrechnung gemacht werden.

Um die Beanspruchungen von Luftfahrzeugen unter besonders ungünstigen Bedingungen, z. B. von Seeflugzeugen bei Start und Landung im Seegang, zu messen, wurde ein besonderes Ritzregistriergerät entwickelt[8a]). Das Gerät erwies sich auch für andere Zwecke als sehr brauchbar. Als günstigster Werkstoff ergab sich Glas, als Ablesegenauigkeit etwa $^1/_{1000}$ mm. Die mit dem Gerät an landenden Flugzeugen angestellten Messungen stehen in guter Übereinstimmung mit theoretisch ermittelten Werten.

Für den Neubau der DVL wurden Entwürfe der erforderlichen Versuchseinrichtungen durchgearbeitet und Modellversuche angestellt.

Im Berichtsjahr wurden 167 Luftschrauben und Bremsflügel und 235 Meßgeräte geprüft. Die Aerodynamische Abteilung beteiligte sich ferner an einzelnen Lufttüchtigkeitsprüfungen; insbesondere führte sie die Nachprüfung der aerodynamischen Unterlagen und Belastungsmaßnahmen für das Luftschiff „Graf Zeppelin“ durch.

### Statische Abteilung

Über den Stand des Versuchswesens in der Abteilung, vor allem in bezug auf laboratoriumsmäßige Belastungsversuche an Flugzeugen und deren Einzelteilen berichtete *K. Thalau* auf der Jahresversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt in Danzig 1928.

Die theoretischen Arbeiten über die statische Untersuchung von Raumfachwerken des Flugzeugbaues (Flugzeugrümpfen) wurden durch zwei Berichte[9]) zu einem vorläufigen Abschluß gebracht. Sie entstanden zu dem Zweck, die bisher vorhandene Lücke zu schließen, die in dem Fehlen eines hinreichend genauen und dabei handlichen Untersuchungsverfahrens statisch bestimmter und unbestimmter Raumfachwerke bestand. *E. Seydel* wählte zur Stabkraftermittlung des statisch bestimmten, vielzelligen Flechtwerks das Verfahren der „Wandstabkomponenten“ und die aus dreigliedrigen, unsymmetrischen Gleichungsgruppen ermittelten Längskräfte zwischen den Zellen; er gibt ein allgemeines Verfahren zur Berechnung von Systemen, die sich aus beliebigen sechsflächigen Körpern zusammensetzen. *H. Ebner* hat die Stabkraftermittlung mit Hilfe der durch Rekursion bestimmten „Zusatz- und Anteilkräfte“ vorgenommen und durch Einführung sogenannter „Brechungsbeiwerte“ vereinfacht; er befaßt sich eingehend mit der statischen Unbestimmtheit infolge der verschiedenen Querwandausbildungen und Lagerungen.

Die Ausarbeitung von Berechnungsverfahren für verwickelte Raumsysteme (vieleckige Spanten, Luftschiff) wurde in Angriff genommen. An sperrholz- und blechbeplankten Flügeln und Holmen verschiedener Querschnittformen wurden planmäßige Versuche durchgeführt, die die Unterlagen zur Ermittlung des Einflusses der Beplankung auf die Verdreh- und Biegesteifigkeit (Verbundwirkung) von Schalenträgern bilden. Über den Einfluß der Rippenverbundwirkung auf die Knickfestigkeit von Stabverbindungen sind theoretische Untersuchungen begonnen worden; außerdem wurde die Frage der Knickfestigkeit verkleideter Streben bearbeitet.

Am Luftschiff LZ 127 wurden bei statischen Belastungsversuchen in der Halle und bei verschiedenen Flugmanövern während der Fahrt Formänderungen und Beanspruchungen gemessen, um einen Vergleich mit den rechnerischen Beanspruchungen des Luftschiffgerippes zu gewinnen.

An 20 Flugzeugmustern wurden Belastungsversuche des Tragwerks oder sonstiger Bauteile, zumeist im elastischen Bereich, durchgeführt; außerdem wurden Vergleichsversuche an Bauteilen aus Duralumin und Elektron, Versuche zur

[1]) Vergl. *F. Seewald*, Z. für Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 19 (1928) S. 474.
[2]) Vergl. *H. Blenk* und *F. Liebers*, „Luftfahrtforschung“ Bd. 4 29) S. 69.
[3]) Vergl. *J. Essers*, DVL-Jahrbuch (1929) S. 345.
[4]) Vergl. *F. Liebers*, Z. für technische Physik Bd. 10 (1929) S. 361.
[5]) Erste Mitteilung s. *Seewald*, Z. für Flugtechnik und Motorluftffahrt Bd. 19 (1928) S. 474. Vergl. *Pabst*, Z. Bd. 73 (1929) Nr. 46 629.
[6]) Vergl. *v. Baranoff*, „Luftfahrtforschung“ Bd. 3 (1929) S. 19.
[7]) Vergl. *Fuchs* und *Schmidt*, „Luftfahrtforschung“ Bd. 3 (1929) S. 1.
[8]) Vergl. *Blenk*, „Luftfahrtforschung“ Bd. 3 (1929) S. 27.
[8a]) s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 46 S. 1629.
[9]) Vergl. *E. Seydel*, „Luftfahrtforschung“ Bd. 5 (1929) S. 73; *H. Ebner*, „Luftfahrtforschung“ Bd. 5 (1929) S. 29.

Ermittlung der Reibung in Steuerwerken an 45 Flugzeugen, Steifigkeitsversuche an Steuerwerken und Rudern von 12 Flugzeugen vorgenommen.

Auf dem Gebiet der dynamischen Beanspruchung konnte die Frage der Schwingungen von Flugzeugstreben und -flügeln[10]) gefördert werden. Es wird hierin ein Verfahren zur Ermittlung der Eigenschwingungszahlen von Stäben gleichbleibenden Querschnittes mitgeteilt, die in zwei oder drei Punkten gelagert oder eingespannt sind und unter der Einwirkung axialer Belastung stehen.

Die Arbeit über Flügelschwingungen bezweckte eine Vergrößerung der Genauigkeit, mit der die sogenannte kritische Geschwindigkeit ($V_k$) von Flugzeugen, d. h. die Geschwindigkeit, bei der das Eintreten gekoppelter Biegungs-Torsionsschwingungen der Flügel zu befürchten ist, angegeben werden kann. Dies wird erreicht durch Berücksichtigung der instationären Luftströmung um den schwingenden Flügel. Außer dem genaueren aber zeitraubenderen Rechnungsverfahren zur Ermittlung von $V_k$ leitet *Küßner* eine für Überschlagrechnungen geeignete einfache Näherungsformel ab, die den kritischen Staudruck

$$\frac{\varrho}{2} V_k^2 = k \frac{G J_{d(0)}}{F^2}$$

abhängig von der Verdrehsteifigkeit $G J_{d(0)}$ an der Flügelwurzel und der gesamten Flügelgrundfläche $F$ angibt; hierin ist $k$ eine dimensionslose Zahl, die nur von der Flügelbauart, nicht aber vom Seiten- oder Streckungsverhältnis abhängt.

Auf konstruktivem Gebiet wurde an der Untersuchung von Holz-Metall-Verbindungen und Dämpfungsgelenken, an der Entwicklung von Bremsrädern, Abfederungen und Spornkufen wie an der Förderung statistischer und normungstechnischer Fragen weitergearbeitet.

### Motorenabteilung

Im Berichtsjahr wurde eine Reihe von Aufträgen auf Prüfung und Untersuchung einiger neuer Motoren im Dauerbetrieb ausgeführt. Besondere Untersuchungen und Verdrehversuche mit verschiedenen Luftschraubennaben dienten der allgemeinen Klärung der Nabenfragen. Eingehende Messungen lieferten Unterlagen über die durch Reibung verbrauchten Leistungen. Auspuffschalldämpfer wurden auf Leistungsverbrauch, Schallstärke und Haltbarkeit untersucht. Die Triebwerksverhältnisse eines kurbelwellenlosen Motors sind durch rechnerische Arbeiten klargestellt worden.

In einer Abhandlung von *Stieglitz* über die Ursache von Kurbelwellenbrüchen bei Reihenmotoren wurden die möglichen Dreh- und Biegungsschwingungen klargelegt. Über die als wesentlich erkannten Drehschwingungen in Reihenmotoren wurden diese Untersuchungen weitergeführt und veröffentlicht[11]). Über das elastische Verhalten des Kurbelgehäuses eines sechszylindrigen Reihenmotors wurden statische Messungen vorgenommen. Rechnerische Arbeiten erstreckten sich auf die Messung der Ungleichförmigkeitsgrade solcher Reihenmotoren auf Grund indizierter Diagramme.

Ein Bericht beschäftigt sich mit dem Stand der Brandfrage. Zwei Flugzeug-Feuerlöscher wurden auf dem Feuerlöscher-Prüfstand erprobt. Weiterhin wurde eine Reihe von Motorzubehörteilen wie Zünder, Vergaser, Rohrleitungen, Rohrverschraubungen, Brennstoffpumpen und -Verbrauchmesser einer Dauerprüfung unterzogen.

Die Versuchseinrichtungen sind durch eine große und eine kleine Einzylinderanlage ergänzt worden. Ein Pendelrahmen-Prüfstand ist errichtet und zur Dämpfung des Schalls mit einem luftführenden Schacht umgeben worden. Ein Bremsflügel wurde entwickelt, dessen Leistungsaufnahme durch Verdrehung der Platten geändert wird. Zur Klarstellung des Entwurfes für einen Kälte-Höhen-Prüfstand sind Versuche an zwei Kühlanlagen bei den Herstellerwerken gemacht und ausgewertet worden.

### Stoffabteilung

Zur Vervollständigung der Bauvorschriften für Flugzeuge wurden die Beanspruchungsgrenzen (Elastizitätsgrenze, 0,2-Grenze, Ermüdungsgrenze) verschiedener Leichtmetallegierungen und Stähle bestimmt. Im Flugbetrieb, insbesondere an Kurbelwellen und Metalluftschrauben auftretende Dauerbrucherscheinungen machten ausgedehnte Ermüdungsversuche notwendig, die sich auch auf die Ermittlung von Spannungserhöhungen infolge von Querschnittsänderungen und der damit verbundenen Herabsetzung der dynamischen Widerstandfähigkeit von Bauteilen erstreckten[12]).

An Duralumin wurden Versuche über den Ein der künstlichen Alterung, des Abschreckens in kochen Wasser und der Reckbeanspruchung während des Auslag durchgeführt. Die Veredelungswirkung der Bestand Fe, Si und Mn in Duralumin konnte durch gemeinsam den Dürener Metallwerken angestellte Untersuchungen klärt werden[13]). Elektron wurde auf sein elastis Verhalten und seine Ermüdungseigenschaften sowie seine Eignung als Baustoff für Brennstoffbehälter und F zeugrippen untersucht.

Mit Rücksicht auf die zunehmende Verwendung Leichtmetallen zum Bau von Seeflugzeugen mußte die F der Korrosion und des Oberflächenschut dieser Baustoffe in stärkerem Maße bearbeitet werden. von der DVL entwickelten Prüfverfahren[14]) ermöglic eine Beurteilung von Leichtmetallegierungen und Ober chenschutzmitteln unter ähnlichen Korrosionsbedingun wie sie im Seeflugbetrieb auftreten. Neuere Oberfläch schutzverfahren für vergütbare Aluminiumlegierunge insbesondere die Aluminiumplattierung (Alcad, Allau wurden sowohl auf ihre Korrosionsbeständigkeit[15]) als a auf ihre mechanischen Eigenschaften[17]) geprüft.

Dem Flugzeugsperrholz wandten sich schiedene weitere Arbeiten zu. Untersuchungen über Einfluß von Aufbau und Faserverlauf auf die Festigke eigenschaften lieferten Grundlagen zur Herstellung h wertiger Sperrholzplatten und ihrer zweckmäßigen V wendung im Flugzeugbau[18]). Die Eignung von Buch und Kiefernsperrholz wurde im Vergleich zu Birkenspe holz geprüft und Verfahren zur Beurteilung der Beschaf heit (Durchleuchtung) und Maßhaltigkeit, sowie der Fes keitseigenschaften entwickelt[19]). Über ein Verfahren z Schutz von Sperrholz gegen Feuchtigkeitsaufnahme du Paraffinvorbehandlung wurde berichtet[20]).

Auf dem Betriebstoffgebiet ist eine Re von Sonderfragen behandelt worden, die sich teilweise Beobachtungen des Flugbetriebs ergaben. So konnte z. das Ausscheiden von Eiskristallen aus Benzin-Benz Gemischen beim Durchfließen der Rohrleitungen durch Tro nen oder Zugabe von Methylalkohol, Anilin oder Pyri beseitigt werden. Das synthetische Benzin der I.-G. Farb industrie wurde auf seine physikalisch-chemischen Eig schaften untersucht und nach einem Dauerlauf in ein Einzylinder-Versuchsmotor versuchsweise in den pr tischen Flugbetrieb eingeführt. Anläßlich der Versuc fahrten des Luftschiffs LZ 127 wurden in Zusammenarb mit der Chemisch-Technischen Reichsanstalt Untersuchung über die Belüftung und das Auftreten von Gas in den La gängen, Kabinen und in der Nähe der Motorengondeln v genommen. Richtlinien zur Beurteilung von Flugmotor Kraftstoffen und Schmierölen wurden aufgestellt.

### Abteilung für Luftbildwesen und Navigation

Zur Feststellung der selektiven Eigenschaften von Em sionen wurde von *U. Schmieschek*[21]) ein neues Meßge der Energienivellierer, entwickelt. Unter Berü sichtigung der vom Internationalen Kongreß für Pho graphie. London 1928, gegebenen Richtlinien wurden Em sionsprüfverfahren geschaffen. Die hohen Anforder gen des Luftbildwesens an die Emulsionsleistung gab Anlaß zu Forschungsarbeiten in Richtung einer Em findlichkeitssteigerung durch optische und chemis Sensibilisierung. Ferner wurden Arbeiten zur V besserung der Lichtfilter und ihrer Anpassung an die Luftbildzwecke in Betracht kommenden Emulsionsarten gonnen[22]). Die Arbeiten auf dem Gebiet der Photooptik streckten sich insbesondere auf die Schaffung einer Anz von Prüfgeräten sowie auf die Prüfung von Objektiv Gelbfiltern und Verschlüssen.

Über diese in der DVL verwendeten Prüfverfahren wie über den heutigen Stand der Phototopographie beri tete Dr. *Lacmann*[23]) am 8. Juni 1928 auf dem Geodätenabe in Berlin. Es wurde ein stereophotogrammetrisches Lu bild-Aufnahmeverfahren ausgearbeitet, das dazu beitrag soll, die Wirtschaftlichkeit der Aerophotogrammetrie

[10]) Vergl. *H. G. Küßner*, „Luftfahrtforschung" Bd. 4 (1929) S. 41.
[11]) Vergl. *A. Stieglitz*, „Luftfahrtforschung" Bd. 4 (1929) S. 133.
[12]) Vergl. *P. Brenner* Z. Bd. 72 (1928) S. 1881.
[13]) Vergl. *K. L. Meißner*, Z. f. Metallkunde Bd. 21 (1929) S. 3
[14]) Vergl. *E. Ra kwitz* und *E. K. O. Schmidt*, Korrosion Metallschutz, „Luftfahrtforschung" Bd. 5 (1929) S. 7.
[15]) Vergl. *P. Brenner*, „Luftfahrtforschung" Bd. 3 (1929) S. 137.
[16]) Vergl. *E. Ra kwitz* und *E. K. O. Schmidt*, „Luftfahrtforschu Bd. 3 (1929) S. 142; vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 45 S. 1612.
[17]) Vergl. *K. Matthaes*, „Luftfahrtforschung" Bd. 3 (1929) S. 1 vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 45 S. 1612.
[18]) Vergl. *O. Kraemer*, „Luftfahrtforschung" Bd. 3 (1929) S. 73.
[19]) Vergl. *M. Doboerke* und *K. Schraivogel*, „Luftfahrtforschu Bd. 3 (1929) S. 66.
[20]) Vergl. *E. Rackwitz* und *E. K. O. Schmidt*, „Luftfahrtforschu Bd. 3 (1929) S. 81.
[21]) Vergl. *U. Schmieschek*, „Photogr. Industrie" Bd. 26 (1928) S. 10
[22]) Vergl. *F. Leiber*, „Photogr. Industrie" Bd. 26 (1928) S. 1032 Photogr. Rundschau und Mitteilungen Bd. 65 (1928) S. 401.
[23]) Vergl. *O. Lacmann*, „Bildmessung und Luftbildwesen" Bd (1928) S. 101.

heben. Zur Erleichterung und Vereinfachung der Planung von Vermessungsflügen und der Luftbildmeßtechnik wurden Nomogramme und andre Hilfsmittel entworfen[24]).

Bei Meßbildaufnahmen größeren Umfanges aus der Luft sind Gewicht, Zerbrechlichkeit und räumlicher Umfang der Platten störend. Es sind daher Untersuchungen im Gange über die Ersetzbarkeit der Platten durch Filme, die sich insbesondere auf dessen Schrumpfung beziehen.

Es wurden Konstruktionsunterlagen geschaffen für eine leichte, langbrennweitige Startmeßkammer. Bei Versuchsfahrten des LZ 127 wurde die Flugbahn des Luftschiffes in Beziehung zur Zeit mittels Aufnahmen festgelegt, die vom Luftschiff aus gemacht wurden, und es wurde die Genauigkeit einer vom Boden aus mit selbstaufzeichnenden Theodoliten vorgenommenen Flugbahnbestimmung festgestellt.

Auf dem Gebiete der Navigation wurden zwei Luftfahrt-Sextanten einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Weitere Untersuchungen bezogen sich auf Flugzeugkompasse, *Behm*-Echolote und anderes Navigationsgerät. In der Werkstätte der Abteilung wurden unter anderm eine Vierfachkammer zum praktischen Vergleich mehrerer Aufnahmeemulsionen und Filter sowie zwei Geräte zur Auswertung von Laufbildaufnahmen hergestellt.

### Abteilung für Funkwesen und Elektrotechnik

Auf dem Gebiet der Kurzwellen wurden die Ausbreitungsuntersuchungen im 1000-Kilometer-Bereich[25]) beendet. Die erste Amerikafahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin“[26]) gab Gelegenheit, Kurzwellenversuche über sehr große Entfernungen auszuführen, die bei der Entwicklung der Geräte entsprechend verwertet wurden.

Es wurde ein neuer Kurzwellenempfänger[27]) durchgebildet, der die Überlagerungswelle ebenfalls durch Quarzsteuerung festlegt und außerdem mit Zwischenfrequenz arbeitet. Der Wert dieses Empfängers liegt vor allem darin, daß er den Empfangston auch bei starken Erschütterungen nahezu auf konstanter Höhe hält, während bei den üblichen Kurzwellenempfängern die Überlagerungsfrequenz infolge Erschütterungen Schwankungen unterworfen ist, wodurch der Empfangton oft ganz aus dem Hörbarkeitsbereich herausgleitet.

Im Senderbau wurde ein neues Verfahren der Hochfrequenzsteuerung mit Gittergleichstrom[28]) ausgearbeitet, das den Vorteil bietet, auch Sender großer Leistung mit einer einzigen Stufe zu steuern, z. B. nur einer durch Quarzsteuerung festgelegten Stufe. Endlich seien die Arbeiten auf dem Gebiet der ultrakurzen Wellen[29]) erwähnt. Die Untersuchungen beschränkten sich seither auf die Untersuchung der Abhängigkeit der Reichweite von der Höhe des Senders über dem Erdboden bei kleinen Sendeleistungen und einfachem Sendedipol.

Auf dem Gebiet der Langwellen[30]) wurden die Ausbreitungsmessungen zwischen Flugzeug und Bodenstationen weitergeführt. Die Messungen werden es ermöglichen, die Reichweite von Flugzeug-Langwellenstationen über Land zu berechnen und damit überhaupt erst die Langwellen-Flugtechnik auf eine feste Grundlage stellen. Diese Arbeiten konnten bereits verwertet werden bei dem Bau eines Langwellen-Kleingerätes, das so einfach in der Bedienung ist, daß es im Führerstand aufgestellt werden kann.

In diesem Zusammenhang sollen noch besonders diejenigen Forschungsarbeiten erwähnt werden, die sich auf grundsätzliche Fragen des Fernsprechempfanges im Flugzeug beziehen. Unter anderm wurde die notwendige elektromagnetische Feldstärke für den Fernsprechempfang im Flugzeug durch Verständlichkeitsmessungen ähnlich wie bei Fernsprechen durch Kabel ermittelt. Zur Unterdrückung der Zündstörung beim FT-Empfang wurden eingehende Laboratoriumsversuche angestellt, die zum Bau von Abschirmungen geführt haben.

Auf dem Gebiet der FT-Peilung wurde[31]) gemeinsam mit der Telefunken-Gesellschaft der Luftfahrt-Bordpeiler entwickelt. Die Erprobung dieses Gerätes im Streckenverkehr der Deutschen Luft-Hansa ist günstig abgelaufen, so daß bereits eine große Zahl von Fluggastflügen ohne jegliche Bodensicht, teils im Nebel, ausgeführt wurden. Die Angaben des Bordpeilers wurden bei diesen Fahrten durch die Angaben des Staudruckmessers und des Wendezeigers ergänzt. Die Breite des Peilminimums wurde in Abhängigkeit von der Empfangsfeldstärke ermittelt. Die Untersuchungen über die verschiedenen Fehler der Funkpeilungen wurden fortgeführt, insbesondere wurden eingehende Untersuchungen über die Funkbeschickung von Land- und Flugzeug-Peilstationen ausgeführt.

### Flugabteilung

Die Flugabteilung entwickelte Geräte zur Messung der Schwingungsdauer um die Querachse sowie von Steuerkräften und Ruderausschlägen und führte damit eine Reihe von Messungen der statischen und dynamischen Steuerkräfte und Ruderwirkungen durch. Außerdem wurde eine Meßvorrichtung zur Bestimmung der statischen Momente um die Querachse entwickelt. Das kinematographische Verfahren zur Vermessung der Flugbahn bei Flugbewegungen wurde benutzt, um die Bahnkurve eines trudelnden Flugzeuges zu bestimmen[32]).

Neben den Versuchen, statische Stabilität um die Quer- und Hochachse zu erreichen, begann die Abteilung Mittel auszubilden, um die Abhängigkeit der dynamischen Stabilität von der Größe der Trägheitsmomente um die Querachse und der statischen Stabilität festzustellen. Im Rahmen dieser Aufgabe wurden Messungen über den Einfluß von Federzügen in der Höhensteuerung auf die Dämpfung um die Querachse bei losgelassenem Steuer vorgenommen.

Es wurden 34 Flugzeugmuster auf ihre Flugeigenschaften geprüft. Prüfverfahren und Prüfbedingungen wurden entsprechend dem Fortschritt der Kenntnisse über die Abhängigkeit der Flugeigenschaften von der baulichen Gestaltung des Flugzeuges und entsprechend den steigenden Bedürfnissen der Flugzeughalter, vor allem des Luftverkehrs, weiter verbessert. Für den Gebrauch bei den Herstellern wurde eine Anleitung zur qualitativen Prüfung der Stabilitätseigenschaften von Flugzeugen ausgearbeitet. Über die „Aufgaben des Kunstfluges“ hielt *Joach. v. Köppen* anläßlich der ILA 1928 einen Vortrag[33]).

### Prüfabteilung

Die nachstehende Übersicht zeigt die Anzahl der im Berichtsjahr durchgeführten Prüfungen:

| | Musterprüfungen | Stückprüfungen | Nachprüfungen | Zusammen |
|---|---|---|---|---|
| Flugzeuge . . . . . | 74 | 278 | 601 | 953 |
| Motoren . . . . . | 6 | 593 | 976 | 1575 |
| Fallschirme . . . . | — | 57 | 208 | 265 |

Ferner wurden eine Reihe Prüfungen von Flugzeugbauteilen und Geräten vorgenommen, wie Feuerlöschgeräte, biegsame Rohrleitungen, Brennstoffpumpen, Anzeigegeräte usw. Der Prüfabteilung fiel auch die Aufgabe zu, die Musterprüfung des Luftschiffes LZ 127 durchzuführen.

Die Bauvorschriften für Flugzeuge erschienen im August 1928 im Selbstverlag der DVL. Die Bauvorschriften für Motoren sind in Bearbeitung. Der dritte Entwurf der Belastungsmaßnahmen für die Festigkeitsrechnung von Flugzeugen ist fertiggestellt worden.

Im Laufe des Geschäftsjahres wurde zum erstenmal eine gründliche Unfallstatistik für die Kalenderjahre 1926 und 1927 aufgestellt. Für das Jahr 1928 konnte diese Statistik noch dadurch erweitert werden, daß es dank dem Entgegenkommen fast sämtlicher Flugzeughalter gelungen ist, die in Deutschland geflogenen Flugkilometer und Flugstunden zusammenzustellen, womit eine gute Vergleichsgrundlage für spätere Jahre geschaffen ist[34]). [N 3721]

---

[24]) Vergl. *O. Lacmann*, Zeitschrift für Vermessungswesen Bd. 57 (1928) S. 497 u. f.

[25]) Vergl. *K. Krüger* und *H. Plendl*, Z. f. Hochfrequenztechnik Bd. 33 (1929) S. 85.

[26]) ETZ Bd. 50 (1929) S. 16.

[27]) Vergl. *P. v. Handel*, *K. Krüger* und *H. Plendl*, Z. f. Hochfrequenztechnik Bd. 34 (1929) S. 12.

[28]) Vergl. *K. Krüger* und *H. Plendl*, „Die Naturwissenschaften“ Bd. 17 (1929) S. 180.

[29]) Vergl. *H. Faßbender* und *G. Kurlbaum*, Z. f. Hochfrequenztechnik Bd. 33 (1929) S. 52; *H. Faßbender*, Elektrische Nachrichtentechnik Bd. 6 (1929) S. 358.

[30]) Vergl. *H. Faßbender*, Jahrbuch d. Wissenschaftl. Gesellschaft f. Luftfahrt (1928) S. 92.

[31]) Vergl. *M. H. Gloeckner*, Z. f. Hochfrequenztechnik Bd. 33 (1929) S. 92.

[32]) Vergl. *W. Hübner* und *W. Pleines*, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschifffahrt Bd. 20 (1929) S. 29.

[33]) Vergl. *v. Köppen*, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 19 (1928) S. 576.

[34]) Vergl. *W. Caspari*, Z. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt Bd. 20 (1929) S. 423.

# RUNDSCHAU

## Werkstoffbearbeitung

### Gerät zum Messen des Bohrwiderstandes

Die Kenntnis der in den Werkzeugmaschinen auftretenden Kräfte ist für den Betrieb eine wichtige Frage geworden. Das hier beschriebene Gerät von Alfred J. Amsler & Co., Schaffhausen, zum Messen des Bohrdruckes und des Drehmomentes besteht aus dem Bohrtisch und dem Kraftanzeiger.

**Bohrtisch**

Auf dem Bohrtisch, der auf der normalen Bohrplatte der Bohrmaschine befestigt wird, spannt man das Werkstück auf, in das das Loch gebohrt werden soll, Abb. 1 und 2. Der Tisch *a* liegt mittels des gehärteten Stahlstiftes *b* lose auf einem Tauchkolben *c* auf, der reibungslos in einem mit Öl gefüllten Zylinder *d* spielen kann. Dieser Zylinder ist mit einem der beiden Federkraftanzeiger, der somit den Bohrdruck anzeigt, durch ein Rohr verbunden.

Das Drehmoment wird mit Hilfe zweier unter dem Tisch waagerecht liegender Zylinder *e* und *f* gemessen. Der Tisch liegt lose mit zwei einander gegenüber liegenden Ansätzen *g* an den Tauchkolben *h* der beiden mit Öl gefüllten Zylinder *e* und *f* an. Die Zylinder sind miteinander und mit dem zweiten Federkraftmesser durch Rohre verbunden. Zwei waagerecht angeordnete Rückziehfedern *i* sorgen dafür, daß die beiden Ansätze des Tisches stets die Kolben der waagerechten Zylinder berühren.

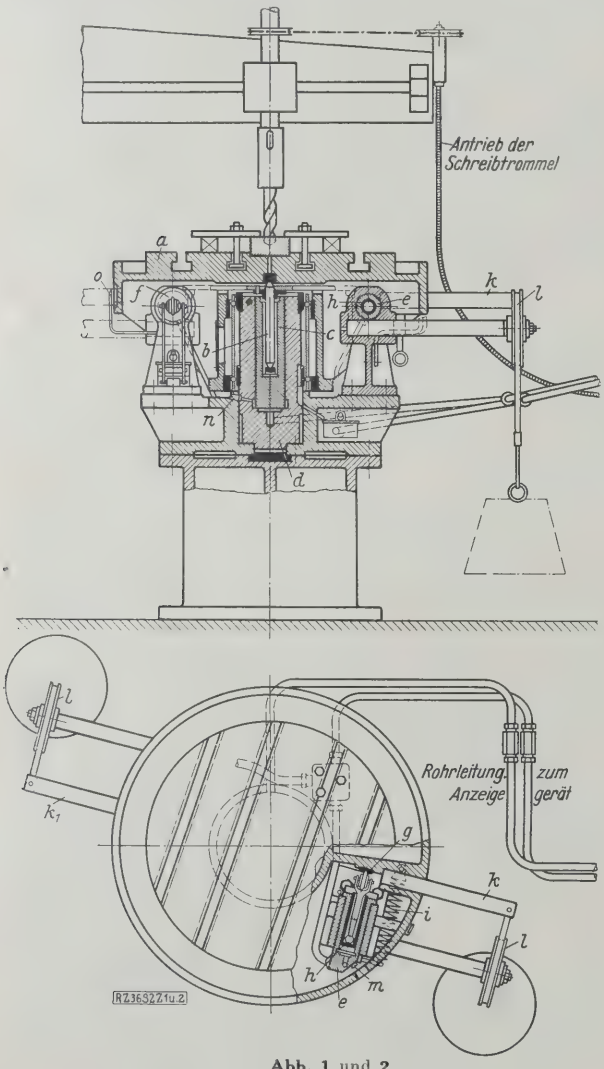



**Abb. 1 und 2**
Versuchsbohrtisch ohne Anzeigegerät.

*a* Bohrtisch
*b* Stahlstift
*c* Tauchkolben in *d*
*d* Zylinder für Druckmessung
*e*, *f* Zylinder für den Drehmomentmesser
*g* Ansatz an *a*
*h* Tauchkolben in *e*
*i* Rückziehfeder
*k*, $k_1$ Hebel
*l* Lenkrollen
*m*, *n* Entlüftschrauben
*o* Einstellmarke für *a*

**Federkraftanzeiger**

Die beiden Federkraftanzeiger für den Bohrdruck und das Drehmoment, Abb. 3 und 4, bestehen aus den Kolben *a* und $a_1$, die in den Zylindern fast reibungslos spielen. Das aus den Meßzylindern am Bohrtisch kommende Öl hat das Bestreben, diese Kolben, die mittels der Balken *b* und $b_1$ und der Stangen *c* und $c_1$ an den Meßfedern *d* und $d_1$ hängen, abwärts zu drücken. Die Verlängerungen, die diese Meßfedern erleiden, stehen im Verhältnis zum Öldruck in den Meßzylindern und werden von Schreibstiften *e* und $e_1$ auf ein von der Papierrolle *f* über die Schreibtrommel *g* zur Aufwickeltrommel *h* laufendes Papierband aufgeschrieben. Die Schreibtrommel wird mittels Schnecke und biegsamer Welle *i* angetrieben. Dem Gerät sind $2 \times 3$ verschiedene Meßfedern beigegeben, die für den Bohrdruck einen Meßbereich von 5000, 2500 oder 1000 kg und für das Drehmoment einen solchen von 10 000, 5000 oder 2000 cmkg erlauben.

Der Bohrdruck und das Drehmoment sind jeden Augenblick an den beiden Anzeigegeräten ablesbar. Dabei ist zu beachten, daß das Eigengewicht des Arbeitstisches in der Nullage des Zeigers für den Bohrdruck schon berücksichtigt ist, dagegen nicht das Gewicht des Werkstückes und der Spannvorrichtung. Bei der Auswertung der Versuche muß man also von den Ablesungen und den Aufzeichnungen des Schreibstiftes für den Bohrdruck diese Gewichte abziehen. Ein mit dem Gerät aufgenommenes Schaubild für verschiedenen Vorschub und verschiedene Drehzahlen des Bohrers zeigt Abb. 5.

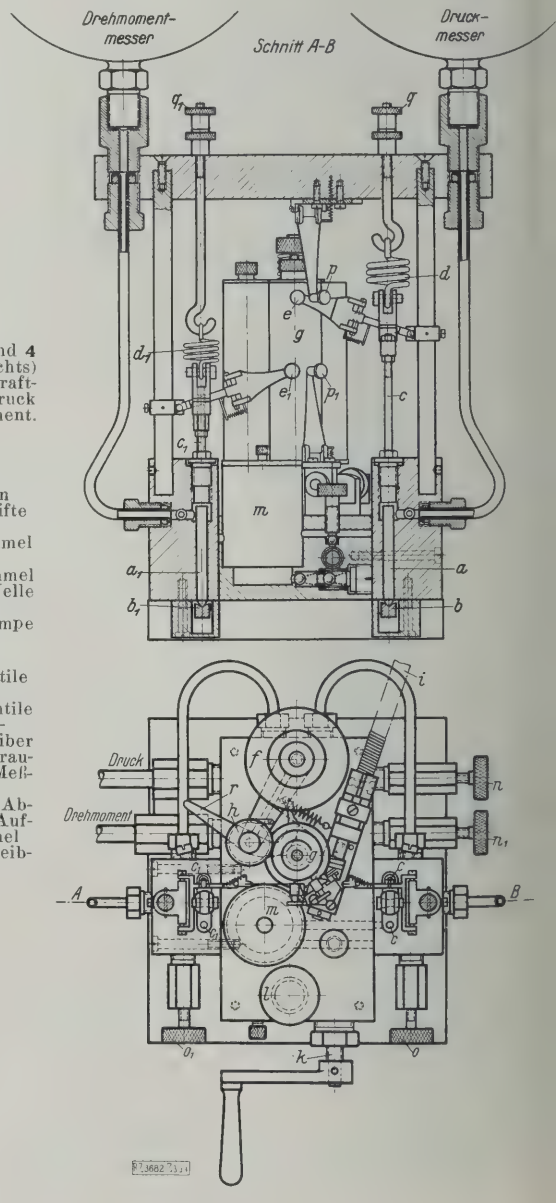



**Abb. 3 und 4** (rechts)
Federkraftanzeiger für Druck und Drehmoment.

*a*, $a_1$ Kolben
*b*, $b_1$ Balken
*c*, $c_1$ Stangen
*d*, $d_1$ Meßfedern
*e*, $e_1$ Schreibstifte
*f* Papierrolle
*g* Schreibtrommel
*h* Aufwickeltrommel
*i* biegsame Welle
*k* Schraubenpumpe
*l* Hilfspumpe
*m* Ölbehälter
*n*, $n_1$ Nadelventile
*o*, $o_1$ Drosselventile
*p*, $p_1$ Nullinienschreiber
*q*, $q_1$ Spannschrauben für die Meßfedern *d*, $d_1$
*r* Hebel zum Abheben der Aufwickeltrommel von der Schreibtrommel

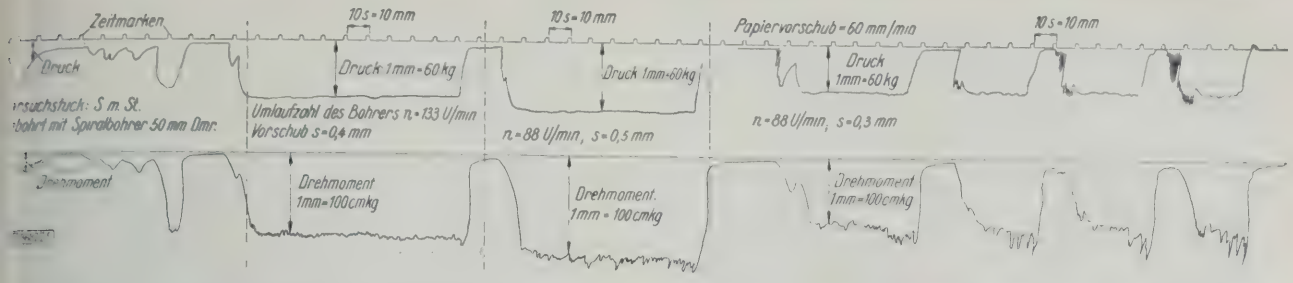



**Abb. 5.** Schaulinien des Amslerschen Meßgerätes für Bohrdruck und Drehmoment bei verschiedenen Drehzahlen des Bohrers und verschiedenem Vorschub; Werkstoff: SM-Stahl, Spiralbohrer 50 mm Dmr.

Sollte aus den Zylindern während eines Versuches in- lge Undichtheit etwas Öl entweichen, so muß man dieses it der Schraubenpumpe $k$, Abb. 4, nachfüllen. Vor Beginn ues Versuches muß man die Zylinder, Leitungen usw. mit . auffüllen, wozu man die Hilfspumpe $l$ benutzt, mittels r man das Öl aus dem Ölbehälter $m$ unter Zuhilfenahme r Nadelventile $n$ und $n_1$ in die entsprechenden Zylinder id Leitungen pumpt. Die beiden Ventile $o$ und $o_1$ dienen .m Dämpfen der Manometer.

Zum Eichen des Gerätes dient ein Kontrollversuch. An n Hebeln $k$ und $k_1$, Abb. 1 und 2, wird mittels Gewichte n bestimmtes Drehmoment ausgeübt, das man mit der nzeige der Meßvorrichtung vergleicht. Die Genauigkeit r den Bohrdruck anzeigenden Meßvorrichtung kann man ırch unmittelbare Belastung des Bohrtisches mit einem ewicht nachprüfen. Abb. 6 zeigt das Gerät bei einem ersuch zum Messen des Druckes und Drehmomentes beim ewindeschneiden. [M 3682]

Berlin *Oskar Schwenninger*

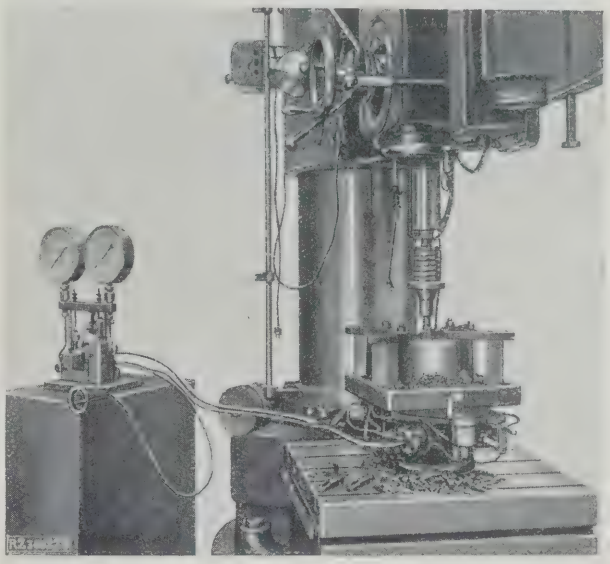


**Abb. 6**
Messen des Druckes und des Drehmoments beim Gewindeschneiden.

## *Elektrotechnik*

### Umkehr-Walzmotor für 32400 kW Höchstleistung

Zum wechselseitigen Antrieb einer schweren Duo- mkehrstraße (1100 mm), die Knüppel für eine Reihe von ertig- und Feineisenstraßen liefert, und eine Duo-Umkehr- raße (1250 mm) zum Vorwalzen von Blöcken, die an- chließend auf einer Universal-Fertigstraße zu parallelflan- chigen Breitflanschträgern verwalzt werden, haben die iemens-Schuckertwerke einen Umkehrwalzmotor mit Dop- elanker für Gleichstrom an das Peiner Walzwerk geliefert. a die Breitflanschträger in einer Hitze vom Rohblock s zum Fertigfabrikat verarbeitet werden müssen, mußte an besonderen Wert auf beschleunigte Durchführung des alzvorganges legen. Z. Z. werden bereits Blöcke mit nem Gewicht von 8 bis 9 t für Breitflanschträger mit einer Höhe von 750 mm vorgewalzt. Es ist beabsichtigt, in Zukunft noch schwerere Blöcke für größere Träger zu verarbeiten. Auch die räumlichen und die elektrischen Verhältnisse der vorhandenen Anlage mußten berücksichtigt werden. Wegen des Einbaues des Motors zwischen den beiden Walzenstraßen durfte eine axiale Baulänge von 9,4 m nicht überschritten werden. Die vorhandene Ilgneranlage, die auch zur Speisung dieses Motors verwendet wird, bedingte die Bemessung des Motors für 1800 V und 19000 A Höchststrom. Um der gestellten Forderung der beschleunigten Durchführung des Walzvorganges gerecht zu werden, wurde der Motor so bemessen, daß er im Drehzahlbereich von Stillstand bis 105 U/min vor- und rückwärts in der Lage ist, sein Höchstdrehmoment von 300 mt abzugeben. Er entwickelt dabei eine größte Leistung von 32400 kW.

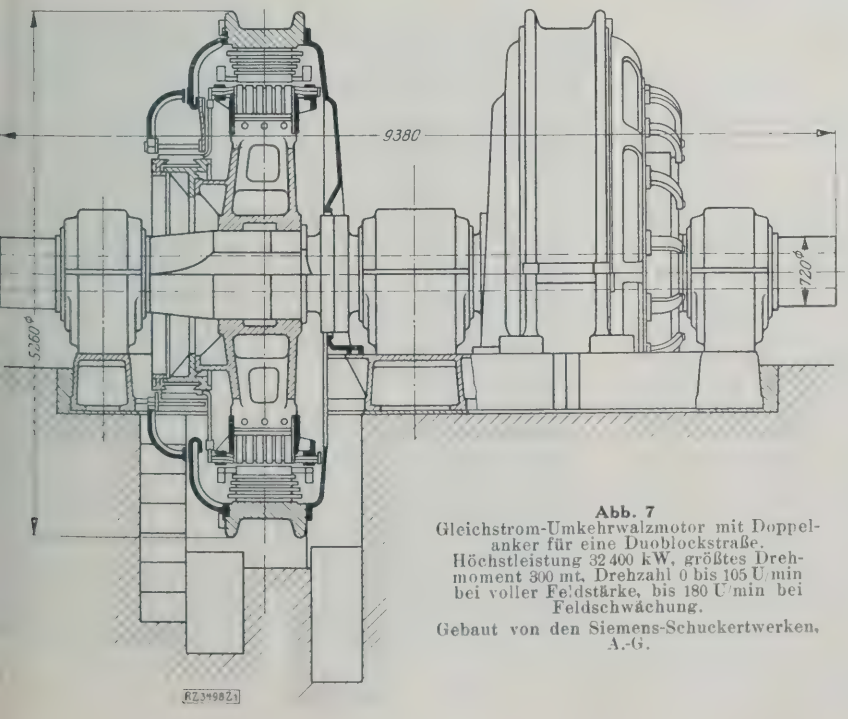



**Abb. 7**
Gleichstrom-Umkehrwalzmotor mit Doppelanker für eine Duoblockstraße. Höchstleistung 32400 kW, größtes Drehmoment 300 mt, Drehzahl 0 bis 105 U/min bei voller Feldstärke, bis 180 U/min bei Feldschwächung.
Gebaut von den Siemens-Schuckertwerken, A.-G.

An den Magnetkörper von U-förmigem Querschnitt, Abb. 7, sind mittels je dreier Schrauben die Haupt- und Wendepole befestigt, deren Kerne zur Vermeidung von Zusatzverlusten durch Zahnpulsationen geblättert sind. Die Wicklungen der Hauptpole sind mehrfach unterteilt, um der Kühlluft einen guten Weg und eine große Abkühloberfläche zu bieten. Die Wendepolwicklung ist zur Verbesseruung der schwierigen Stromwendung infolge der hohen Stromstöße bis nahe an die Ankeroberfläche heruntergezogen. Außerdem hat die Maschine eine Kompensationswicklung, deren Stäbe in den Polschuhen der Hauptpole isoliert gelagert sind.

Der Anker ist ebenfalls geblättert. Das Blechpaket wird über starke Druckplatten mittels durchgehender Schraubenbolzen zusammen-

gepreßt und ist in Paketen unterteilt, zwischen denen die Kühlluft hindurchstreicht.

Die Ankerwicklung besteht aus Flachkupfer, das im Bereich der Ankernuten mittels Glimmerumpressung isoliert ist. Die Wicklung wird in den Nuten von Keilen aus Vulkanfiber festgehalten. An den Wickelköpfen pressen übergespannte Bänder aus Klaviersaitendraht von 17 000 kg/cm² Festigkeit die Wicklung gegen Stahlgußringe, die über Rippen mit den Blechpaket Preßplatten zu einem Stahlgußstück verbunden sind. In einem dieser Ringe sind die Ausgleichleitungen untergebracht, die die Punkte gleicher Spannung innerhalb der Ankerwicklung verbinden. Sie sollen kleine Unsymmetrien infolge äußerer Einflüsse unwirksam machen.

Die Lamellen des Stromwenders bestehen aus hartgezogenem reinen Elektrolytkupfer; zur Isolation dient Glimmer. Die verschiedene Ausdehnung des Kupferbelages gegenüber dem eisernen Tragkörper (die Wärmeausdehnungszahl des Kupfers ist um rd. 50 vH größer als die des Eisens) wird von durchgehenden Bolzen aus Sonderstahl aufgenommen. Der Stromwender sitzt nicht wie bei kleineren Maschinen unmittelbar auf der Welle, sondern ist an die Ankernabe angeflanscht. Die Ankernabe ist auf der Welle mittels zweier um 120 ° versetzter Tangentialkeile aufgekeilt. Beide Anker sind durch eine Zwischenwelle — wegen ihrer Form „Garnrolle“ genannt — verbunden, so daß sie sich einzeln ausbauen lassen, was bei der sonst üblichen Dreilagerbauart schwierig ist.

Die Lager mit kugeligen Lagerschalen sind Ringschmierlager mit je zwei Ringen.

Die Grundplatte aus Gußeisen ist, da sie einteilig nicht versandt werden konnte, in drei miteinander verschraubte Stücke unterteilt. Das Eisenbetonfundament, das nicht nur das Walzmotorgewicht von rd. 241 t, sondern auch die Umsteuerstöße aufzunehmen hat, ist dementsprechend besonders kräftig ausgeführt. [M 3498] *S.*

## *Kraftfahrwesen*

### Elektrische Omnibusse für Fahrdrahtbetrieb

Eine neue Form des alten Gedankens stellt der hauptsächlich in England und Amerika jetzt mehr und mehr eingeführte elektrische Omnibus mit Stromzuführung durch Oberleitung dar. Die Gründe, diesem Verkehrsmittel von neuem Aufmerksamkeit zu widmen, sind hauptsächlich wirtschaftlicher Art, vor allem dann, wenn es sich um die Erneuerung der Gleisanlagen von Straßenbahnen handelt. In diesem Falle schlägt die Wirtschaftlichkeitsberechnung zugunsten des Oberleitungsomnibusses aus, obwohl die für eine Fahrtrichtung erforderliche doppelte Fahrleitung die Anlagekosten verhältnismäßig erhöht und die Linienführung erschwert; denn man muß Kreuzungen mit Straßenbahnen möglichst vermeiden. Dem steht u. a. der große verkehrstechnische Vorzug gegenüber, um einige Meter seitlich ausweichen und beim Halten an die Bordschwelle heranfahren zu können[1]).

Viele deutsche Städte sind heute in die Lage versetzt, ihren infolge des Krieges herabgewirtschafteten Straßenbahnoberbau zu erneuern und neue Stadtgebiete dem Verkehr zu erschließen. Dabei ist zunächst keine so hohe Verkehrsdichte zu erwarten, daß sich eine Straßenbahn lohnt; anderseits erfordert der Benzinomnibus sehr hohe Betriebskosten. Diese Sachlage hat zum Anlaß einer Studienreise deutscher Fachleute nach England geführt[2]), um den Verkehr mit Oberleitungsomnibussen an Ort und Stelle kennen zu lernen. In den Städten Ipswich, Birmingham, Chesterfield, Maidestone und Hastings werden insgesamt rd. 128 km mit 226 zwei- und dreiachsigen Fahrzeugen betrieben, und zwar sind es ausschließlich innerstädtische Linien. Die vorherrschende Anschauung, daß dieses Verkehrsmittel nur für Außenlinien geeignet sei, ist damit widerlegt. Ferner steht dem Einwand, daß es gegenüber anderen Verkehrsmitteln nur bei einer Wagenfolge von 15 min an überlegen sei, der Umstand gegenüber, daß in einigen dieser Städte 5 min- und sogar 3 min-Verkehr wirtschaftlich betrieben wird. Die Wagen legen täglich im Mittel 150 km zurück; dabei beträgt der Stromverbrauch 0,8 bis 1,1 kWh/Wagen-km. Man erreicht mit einer Anfahrbeschleunigung von 0,9 m/s² eine mittlere Reisegeschwindigkeit von etwa 14 km/h bei 40 bis 50 km/h Höchstgeschwindigkeit.

Die Ausführungen der Fahrzeuge sind sehr mannigfaltig hinsichtlich der Zahl der Achsen und Motoren sowie der Kraftübertragung. Auch Ein- und Doppeldeckwagen wechseln ab. Ihr äußeres Bild gleicht dem des Benzinomnibusses. Abb. 8 zeigt einen dreiachsigen Doppelde wagen der englischen Firma Ransomes, Sims & Jeffer Ltd., Ipswich. Ein Doppelmotor von 60 PS und 1500 U/m treibt über Schnecken- und Differentialgetriebe, Übersetzu 1 : 8, die beiden Hinterachsen an, Abb. 9. Die beiden Fal gasträume bieten 70 Sitzplätze. Das Leergewicht beträ 6 t. Die elektrische Schaltung ist als Schützensteuerun sechsstufig ausgebildet, u. zw. muß der Fahrer vor jed Weiterschaltung den Fußhebel freigeben und wieder nied drücken. Die Eindeckwagen haben meistens Mitteleinsti Um hier niedrigen Einstieg zu ermöglichen, verlegt m bei derartigen Wagen den Antriebmotor ganz nach vorn unt den Führersitz. In Amerika, wo besonders in Salt Lake Ci bereits gleislose elektrische Omnibusse eingeführt sir scheint man den Eindecker vorzuziehen; die Bauarten si hier weitgehend heutigen Anforderungen angepaßt, Abb. 1 Bauart der Versare Corp., Albany. N. Y.

Die doppelte Fahrleitung bei 400 mm A stand der Drähte erfordert sehr schwere und verwickel Kreuzungsweichen, Abb. 11. Die beiden Stromabnehmer sir nebeneinander, s. Abb. 10, und übereinander, Abb. 12, a geordnet. Die Rollen, die mit etwa 12 kg angedrückt we den, sind um senkrechte Zapfen drehbar gelagert; Rin dienen zum Abnehmen und Ansetzen der Stromabnehm mittels einer Stange.

**Abb. 8**
Dreiachsiger Oberleitungsomnibus der Firma Ransomes, Sims & Jefferies, Ipswich, mit 70 Sitzplätzen.

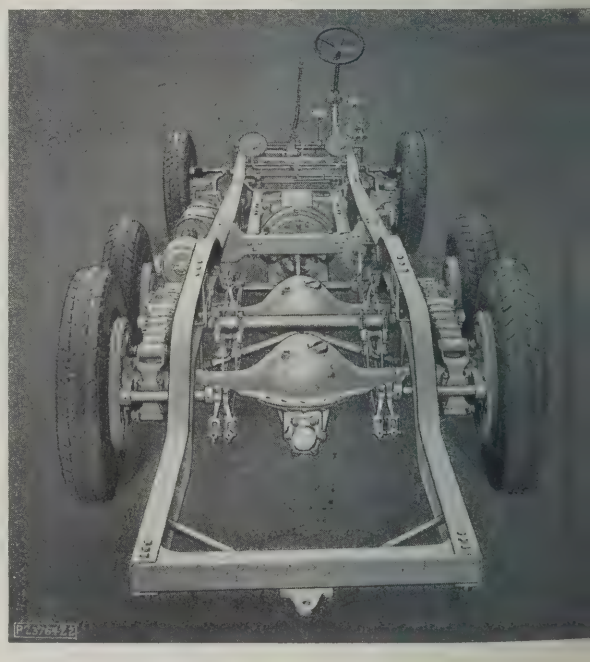


**Abb. 9**
Wagengestell des Oberleitungsomnibus nach Abb. 8.

[1]) Über Betriebserfahrungen mit Oberleitungsomnibussen; vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 48 S. 1717.

[2]) Vergl. a. „Bericht über eine Studienreise vom 9. bis 15. Juli 1929 nach England zur Untersuchung der Wirtschaftlichkeit von elektrischen Oberleitungsomnibussen“ von Direktor *Schiefer*, Essen, u. a.

**Abb. 10**
Oberleitungsomnibus amerikanischer Bauart: Versare Corporation, Albany, N.Y.

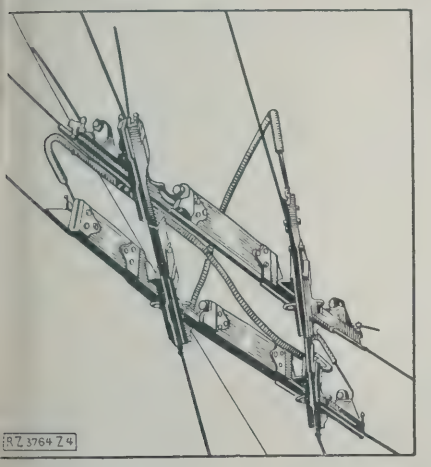



**Abb. 11**
Kreuzungsweiche einer Oberleitung für elektrisch betriebene Omnibusse.

In Deutschland ist der gleislose Oberleitungsbetrieb bis eute nie über bescheidene Anfänge hinausgekommen. Man efaßt sich jedoch gegenwärtig ernsthaft mit dieser Frage. Die 1911 errichtete gleislose Bahn der Terrain-A.-G. Blankenese-Marienhöhe für Personenverkehr ist nicht mehr n Betrieb. Eine gleislose Werkbahn, Abb. 13, der Bauart Max Schiemann & Co., Wurzen in Sachsen, hat eine Spinnerei in Delmenhorst eingerichtet. [M 3764] *Rothhaas*

## *Luftfahrt*

### Fortschritte der Luftfahrtforschung

Die 18. Hauptversammlung der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt stand unter em Zeichen der Wirtschaftsnot, die sich in der Luftfahrt urch eine plötzliche scharfe Einschränkung der Reichsbeihilfen besonders fühlbar gemacht hat. So fand die Tagung nicht, wie im Vorjahre, und wie auch für 1929 rsprünglich geplant, in einer deutschen Großstadt außerhalb des Reiches statt, sondern in Berlin. Trotzdem war der Besuch der Veranstaltungen auch von auswärts sehr rege. Auch der Kern der Tagung, die Vorträge, standen unter em Zeichen des Durchhaltens und Fortschreitens trotz ller Not.

Das zeigte eindrucksvoll der erste Vortrag von Dr.-Ing. *. Dornier* über sein neues

**Flugschiff Do X,**

ei dem die Zuladung gegenüber den bisherigen Bauten in einem Jahre auf das Mehrfache gesteigert wurde. Die Abmessungen und Leistungen sind durch die Presse bekannt geworden[1]). Besonders bemerkenswert waren die freimütigen Mitteilungen über die Gewichtverhältnisse bei der Vergrößerung der Flugzeuge, die in den wichtigsten tragenden Teilen erschwerend, anderseits durch bessere Ausnutzung der einzelnen Baustoffaser und durch verhältnismäßige Einsparungen in Besatzung und Ausrüstung erleichternd wirkt.

Über eine weitere Zukunftsaufgabe der Flugtechnik berichtete Dr.-Ing. *Gasterstädt* in seinem Vortrag über den

**Flugzeug-Ölmotor,**

ie grundsätzliche Schwierigkeit eines leichten Schnellläufers und seine Entwicklung in den Junkers-Werken bis u dem heutigen Zweiwellen-Doppelkolben-Zweitaktmotor mit seinen Spiralschlitzen und der luftlosen Brennstoff-

[1]) s. a. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 30 S. 1069; eine ausführliche Darstellung olgt in Nr. 52 dieser Zeitschrift.

**Abb. 13**
Gleislose Werkbahn mit Oberleitung, Bauart Schiemann. Motorleistung 6,5 kW, Spannung 220 V — Gleichstrom, Fahrgeschwindigkeit 5 bis 8 km/h. Übersetzungsverhältnis 1 : 14, Fahrleitung 3, bis 5 m über dem Boden, Ausweichmöglichkeit 2,5 m. Für kurze Fahrten außerhalb der Fahrleitung ist eine Sammlerbatterie eingebaut.

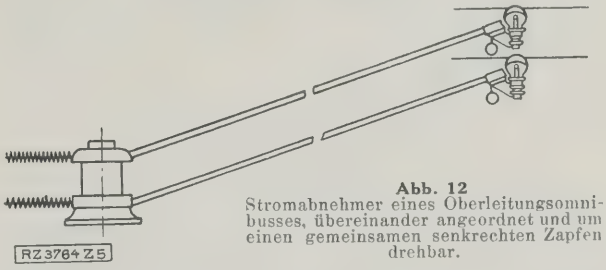



**Abb. 12**
Stromabnehmer eines Oberleitungsomnibusses, übereinander angeordnet und um einen gemeinsamen senkrechten Zapfen drehbar.

einspritzung durch mehrere Pumpen besonderer Bauart, die, für einen Schnelläufer, sehr geringen Verbrauch und ein schon erträgliches Einheitsgewicht erzielen lassen[2]).

Über die Arbeiten des Navigierungsausschusses sprach Privatdozent Dr. *Koppe*, der den Stand der Luftnavigation, insbesondere der Ortsbestimmung, eingehend darstellte und gründliche Ausbildung der Flieger im Steuern nach Meßgeräten forderte. Er wurde ergänzt durch den Bericht über Flugfunkpeilung von Dipl.-Ing. *Glöckner*.

Die Frage des

**Langstreckenflugs,**

die durch neuere Rekorde und Ozean- oder Fernflüge in den Vordergrund getreten ist, behandelte einer der ältesten Flugzeugbauer in Deutschland, Dr.-Ing. *Rumpler*. Er schlägt ein großes Zweischwimmerflugzeug mit zehn 1000 PS-Motoren in dem verspannungsfreien Tragdeck mit Druckschrauben an der Flügelhinterkante vor, betonte vor allem die Bedeutung hoher Geschwindigkeit für einen sicheren, pünktlichen Verkehr und errechnete aus Modellmessungen im Windkanal, wie aus Schwimmer-Schleppversuchen, daß sein Reiseflugzeug von 300 km/h Geschwindigkeit 6000 km Flugweite und dabei große Höhen erreichen kann. Eine lebhafte Aussprache zeigte, daß über die Lösungswege dieser Zukunftsaufgabe, die gewöhnlich mit dem Schlagwort „Ozeanflug" gekennzeichnet wird, noch grundlegende Meinungsverschiedenheiten bestehen.

Solange es derartige Langstreckenflugzeuge noch nicht gibt, ist das Zusammenarbeiten von Seeschiffen mit Flugzeugen, die ihnen nachfliegen oder an das Ziel vorauseilen, für die Zeitersparnis vorteilhaft. Die technischen Schwierigkeiten eines solchen Betriebs werden beträchtlich vermindert durch das

**Stausegel**

von Dipl.-Ing. *Kiwull*, das hinter dem Dampfer herabgelassen wird, ein Leewasser mit schwacher Dünung schafft und den Flugzeugen das Landen, Aufsetzen, Löschen der Ladung und sogar das Aufgeholtwerden an Bord ermöglicht; auch das Zuwasserlassen und Wiederaufsteigen ist bei nicht zu starkem Seegang möglich, wenn man nicht eine Startschleuder vorzieht.

[2]) Einn ausführliche Darstellung folgt Anfang nächsten Jahres in dieser Zeitschrift.

Über neue Bauarten von Luftfahrzeugen berichteten der Konstrukteur eines Prallluftschiffes, Dipl.-Ing. *Naatz*, und Dipl.-Ing. *Focke*, der gemeinsam mit dem leider bei Versuchsflügen verunglückten Ingenieur *Wulf* eine Ente mit vorn liegendem Höhenleitwerk, unmittelbar hinter den Hauptflügeln angebrachter großer Kielflosse und zwei Seitenmotoren geschaffen hat. Diese Anordnung hat unter anderm den Vorteil, daß sie sich beim Landen nicht überschlagen kann; außerdem reißt bei unbeabsichtigtem Überziehen die Strömung zunächst am Vorderflügel ab, so daß gefährliche Flugzustände vermieden werden. In der Aussprache waren die Meinungen darüber, ob dies unter allen Umständen ein Vorteil ist, geteilt.

Über die Gefahren des Trudelns sprach Prof. Dr. *R. Fuchs*, und zwar über das bisher wenig erforschte flache oder Tellertrudeln. Es ist ihm gelungen, die verwickelten Differentialgleichungen so weit zu vereinfachen, daß man die Mittel zum Herauskommen aus diesem gefährlichsten Flugzustand erkennen kann, nämlich eine plötzliche Vergrößerung der Höhenleitwerkfläche während des Trudelns; jeder Ruderausschlag ist dagegen, wie auch die Erfahrung gezeigt hat, wirkungslos.

An diese Vorträge, die einen weiteren Kreis interessieren, schloß sich eine größere Anzahl wertvoller Fachberichte über die Anforderungen an Flugeigenschaften und Flugleistungen, insbesondere an die Steuerbarkeit und Stabilität, sowie deren Nachprüfung durch Messungen und Probeflüge, ferner über die Vermessung von Luftschrauben, über die Verwendung von Leichtmetallen und Blechen im Flugzeugbau, endlich über die Berechnung von Raumfachwerken, insbesondere von Rümpfen, und über die Schwingungen[2]) der Flugzeugflügel in sich, die durch zweckmäßige Bemessung vermieden werden kann. [N 3787]

Berlin-Schlachtensee *Everling*

[2]) *H. G. Küßner:* Schwingungen von Flugzeugteilen. Erscheint demnächst in dieser Zeitschrift.

## *Landwirtschaftstechnik*

### Windsichtung des Getreides

Getreide enthält, wenn es geerntet ist, sehr verschiedene Bestandteile, z. B. Erde, Staub, Spelzen, Kaff, zerschlagene und verkrüppelte Körner und Unkrautsamen, die vor der Weiterverarbeitung möglichst ausgeschaltet werden müssen. Die einzelnen Aufbereitverfahren nutzen die verschiedenen Eigenschaften der Bestandteile aus; so kann man z. B. mit Hilfe von Sieben, die in fast alle Reiniger eingebaut sind, nach Korngröße trennen mit Hilfe des sogenannten Trieurs nach Kornform; der Tischausleser anderseits scheidet in bisher noch nicht ganz geklärter Weise wahrscheinlich nach Schwere, Oberflächenrauheit und Elastizität.

Auch der Wind ist ein Mittel, derartige Unterschiede auszuwerten, und zwar trennt er die Bestandteile landläufig gesagt nach „Schwere". Man kann nun aber beobachten, daß gerade derartige Windsichtverfahren im allgemeinen nicht sehr genau arbeiten, d. h. daß ein gewisses Ineinanderstreuen der Sorten eintritt. Die langjährigen Bemühungen der Praxis zeigten, daß sich dieser Mangel auch nicht so ohne weiteres beseitigen läßt. Wegen der anderseits volkswirtschaftlichen Bedeutung dieser Fragen erschien es zweckmäßig, zu versuchen, vielleicht durch eine mehr theoretische Betrachtung der Einzelvorgänge etwas mehr Licht in diese Fragen zu bringen. Anläßlich einer vom Reichskuratorium für Technik in der Landwirtschaft angeregten und von der Württembergischen Landesanstalt für Landmaschinenwesen durchgeführten Gesamtuntersuchung an Saatgetreide-Reinigungsmaschinen wurden daher auch die bei der Windsichtung auftretenden Einzelvorgänge näher untersucht[1]).

Das Gebiet der Saatgetreidereinigung zog man für die Versuche deshalb heran, weil hier die höchsten Anforderungen an Trennschärfe gestellt werden müssen; die Ergebnisse können daher auch auf die in Dresch- und Müllereimaschinen eingebauten Windsichter übertragen werden.

#### Das Ablenk- und das Abwägeverfahren

Grundsätzlich kann man zwei Windsichtverfahren unterscheiden, und zwar

1. das sogenannte Ablenkverfahren, Abb. 14, heute das verbreitetere,
2. das Abwägeverfahren, Abb. 15 und 16.

Theoretisch kann man Ablenk- und Abwägeverfahren zunächst gemeinsam behandeln, denn in beiden Fällen handelt es sich um die Ausübung gewisser Winddruckkräfte auf die Körner, die dann die Bestandteile nach dem oben erwähnten Verhältnis des Luftwiderstandes zum Gewicht trennen, lediglich mit dem Unterschied, daß beim Ablenkverfahren die Winddruckkräfte waagerecht oder schräg nach oben gerichtet sind, während beim Abwägeverfahren die Kräfte stets senkrecht nach oben zeigen, also der Schwerkraft genau entgegengesetzt sind[2]).

Wichtig ist bei beiden Verfahren der Luftwiderstand der Körner und, da alle Getreidearten längliche Kornformen aufweisen, insbesondere die Verschiedenheit dieses Luftwiderstandes für ein und dasselbe Korn in seinen verschiedenen Lagen zum Wind. Der Luftwiderstand von Getreidekörnern wurde bei der obigen Untersuchung zunächst rechnerisch mit Hilfe der Prandtlschen Widerstandbeiwerte ermittelt und später auch durch Schwebeversuche in aufwärtssteigenden Windstrom bestimmt[3]).

Dabei ergab sich, daß die Luftwiderstände für die Längs- und Querlage sehr verschieden sind, und zwar für ein und dasselbe Korn zwischen den Verhältniswerten 1 : 1 und 1 : 10 schwanken, d. h. also, daß der Luftwiderstand in der Querlage z. B. zehnmal größer sein kann als in der Längslage, wo z. B. Haferkörner eine geradezu stromlinienförmige Gestalt aufweisen. Auf Grund dieser Feststellungen erscheint ein einigermaßen genaues Sichten von Getreide mittels Windströme zunächst überhaupt nicht möglich; denn die vorliegenden Schwankungen an ein und demselben Korn übertreffen natürlich die oft nur sehr geringen Eigenschaftsunterschiede zwischen den einzelnen Körnern um ein Vielfaches[4]).

Vorschläge zur Verbesserung der Windsichter müssen also in erster Linie dahingehen, dem ungünstigen Einfluß der Kornform entgegenzuwirken. Hierzu bietet sich eine Handhabe in der Feststellung, daß sich auch bei der jetzigen Windsichtverfahren die Körner unter dem Einfluß des Windstromes drehen und taumeln, daher in die ungünstigen Grenzlagen nur selten und vorübergehend gelangen, so daß sich Mittelwerte bilden.

Es liegt nahe, diesen Umstand durch besondere Maßnahmen zu unterstützen, indem man z. B. die Einwirkungsdauer hinreichend groß wählt (was allerdings bei den

[1]) Vergl. *Krenner*, „Beiträge zur Windsortierung", Heft 2 der RKTL-Schriften; Berlin 1928, Beuth-Verlag.

[2]) Für die Vorgänge beim Windsichten ist es ferner an sich gleichgültig, ob dabei Druckwind, Saugwind oder beide vereinigt verwendet werden, so wichtig dies auch sonst wegen der sich ergebenden konstruktiven Nebenumstände sein mag.

[3]) Für den Schwebezustand ist der jeweilige Luftwiderstand gleich dem Gewicht des Kornes und läßt sich somit leicht für die verschiedenen Hauptlagen bestimmen.

[4]) Auch durch den Versuch wird nachgewiesen, daß die Trennschärfe eng mit der Kornform zusammenhängt derart, daß sich z. B. längliche Körner schwieriger trennen also sichten lassen, als rundliche

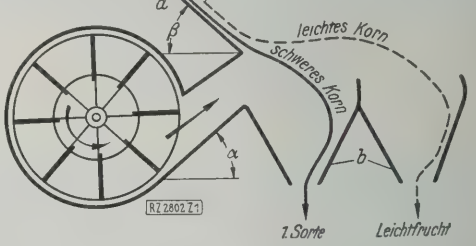



**Abb. 14**
Ablenkverfahren der Windsichtung (normale Windfege).
*a* Ablaufbrett *b* Trennklappe *c* Getreidezulauf *α* Erhebungswinkel des Gebläses *β* Eintrittwinkel des Gutes

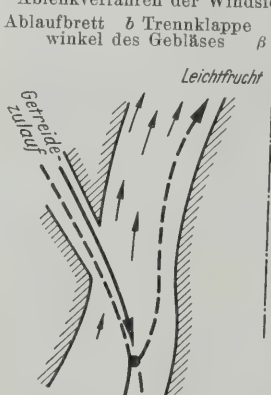



*Abb. 15*
Das ältere Verfahren.

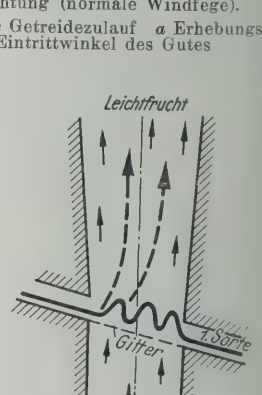



*Abb. 16*
Das neuere Verfahren.

**Abb. 15** und **16.** Abwägeverfahren der Windsichtung.

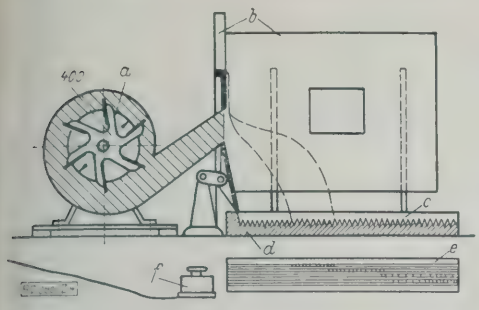



**Abb. 17**

*a* Gebläse
*b* Seitenwände zur Windführung
*c* Auffangvorrichtung
*d* Fächer
*e* Diagrammbrett
*f* Drehzahlregler

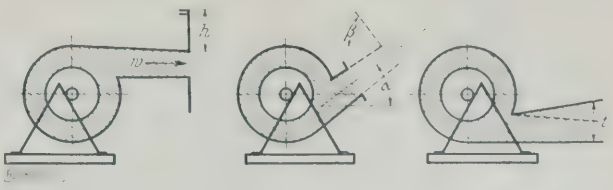



**Abb. 18** Veränderliche Fallhöhe $h$ und Windgeschwindigkeit $w$, verschieden lange Düsen.

**Abb. 19** Veränderlicher Erhebungswinkel $\alpha$ und Eintrittwinkel $\beta$.

**Abb. 20** Veränderliche Windtiefe $t$.

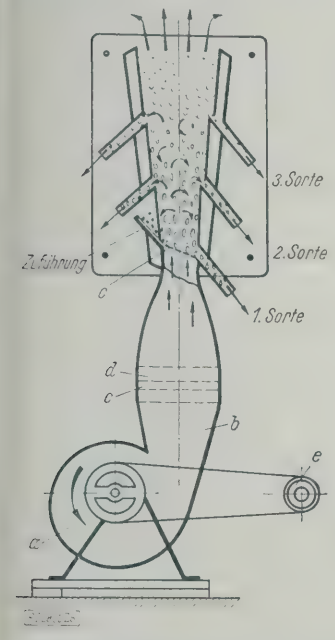



**Abb. 21** Steigsichter-Versuchsanordnung.

*a* Gebläse
*b* Diffusorkreuz
*c* Gitter
*d* Gleichrichter
*e* Motor

**Abb. 17** bis **20** Versuchsanordnung, mit der die verschiedenen Betriebsbedingungen des Ablenkverfahrens nachgebildet und durch Einzelkorn-Abwurfversuche auf ihre Wirkung hin untersucht werden können.

Ablenkverfahren wegen der Gefahr von Wirbelbildungen nur bedingt angewendet werden kann), gegebenenfalls auch den Windstrom mit kleinen Wirbeln künstlich durchsetzt und dadurch die Körner in Drehung versetzt. Beim Abwägeverfahren stellte man infolge des Schwebens der Körner fest, daß die gewünschten Drehbewegungen in besonders starkem Maße und ohne besondere Hilfsmittel auftreten, was diesen Verfahren einen gewissen Vorsprung gegen die Ablenkverfahren verleiht.

Außer den oben beschriebenen Einflüssen, die sich aus den Korneigenschaften ergeben, sind ferner diejenigen Einflüsse, die auf der Beschaffenheit der Windströme beruhen, für die Güte der Windsortierung von grundlegendem Einfluß. An Unregelmäßigkeiten des Windes kann man unterscheiden: Schichtung des Windes über die Gebläsebreite und Tiefe, Pulsieren des Windes und Wirbel. Hier spielen die Ausbildung der Gebläse sowie deren Windführung die wesentlichste Rolle. Die Versuche ergaben, daß geeignete Gebläseformen, z. B. ausgeprägte Spiralgehäuse, richtig gewähltes Seitenverhältnis der Gebläse, lange Ausstoßdüsen, Schaufeln mit stoßfreiem Ein- und Austritt (je besser der Wirkungsgrad, desto weniger Wirbel!) die obigen Einflüsse vermindern. Unabhängig von der Gebläseausbildung ist es noch möglich, den Luftstrom mittels besonderer Einbauten, die hohe Gleichmäßigkeit des Windstromes herbeiführen können, zu führen und zu beruhigen. Berücksichtigt man die obigen beiden Forderungen, Mittelwertbildung und gleichmäßiger Wind, so sind die hauptsächlichsten Fehlerquellen ausgeschaltet.

Die Untersuchungen erstreckten sich noch auf die Einflüsse der übrigen Korneigenschaften, wie z. B. Korngröße, ferner der Eintrittsgeschwindigkeit des Kornes, der Windgeschwindigkeit, der Kanaltiefe und des Erhebungswinkels der Düse. Auch die Zuführungsarten des Kornes in den Windstrom wurden untersucht, soweit dies auf Grund von Einzelkornversuchen möglich ist, da hier natürlich die gegenseitige Beeinflussung der Körner eine wesentliche Rolle spielt. Zur Ermittlung der oben erwähnten verschiedenen Einflüsse für das Ablenkverfahren dienten die in Abb. 17 bis 20 dargestellten Versuchseinrichtungen. Bei diesem Verfahren schickt man einzelne Körner wiederholt durch den Windstrom und stellt dabei die jeweils auftretenden Ablenkungen fest. Auf Grund der sich ergebenden Streuung kann man dann unter Veränderung der Versuchsbedingungen über den Einfluß der verschiedenen Eigenschaften ein Bild gewinnen. Das Verfahren hat den Vorteil, daß die verschiedenen Vorgänge erheblich klarer sichtbar werden, als bei den bisher angewandten Massenkornversuchen, bei denen die verwirrende Vielheit der Körner dies erheblich erschwert. Zur Untersuchung benutze man eine Versuchsanordnung ähnlich Abb. 21. Hier wurden hauptsächlich Schwebeversuche im kegeligen Steigrohr[5]) angestellt.

Mit einem aus dem jetzigen Abwägeverfahren entwickelten Windsichtverfahren, der Steigsichtung, Abb. 21, wurden verschiedene Erfolg versprechende Versuche durchgeführt. Die Industrie hat bereits einen Windsichter nach diesem Grundsatz und Erfahrungen gebaut, bei dem die Forderungen sorgfältigster Windführung, längster Einwirkungsdauer, langes Schweben und Tanzen der Körner im Steigwind (Abwägen, Mittelwertbildung) verwirklicht sind. [M 2802]

München Dr.-Ing. *W. G. Brenner*

[5]) Vergl. *Gasterstädt* „Die experimentelle Untersuchung des pneumatischen Fördervorganges" Forschungsarbeiten Heft 265; Berlin 1924 VDI-Verlag.

## *Keramik*

### Fragen aus keramischen Betrieben

Die Deutsche Keramische Gesellschaft hielt vom 27. bis 30. September 1929 in Heidelberg ihre 10. Hauptversammlung ab. Neben Vorträgen allgemeinen Inhalts über das Vorkommen und die Eigenschaften keramischer Rohstoffe wurde eine Reihe von Vorträgen gehalten, die sich mit den physikalischen Eigenschaften und der Struktur gebrannter Scherben befaßten, und schließlich kamen maschinentechnische Fragen zur Sprache. Darüber soll im folgenden berichtet werden.

#### Über Transportwesen in keramischen Betrieben

sprach Dr.-Ing. e. h. *W. Hofmann,* Freiberg i. Sa. Rationalisieren ist nicht gleichbedeutend mit Mechanisieren. Mechanisieren heißt: Handarbeit durch Maschinenarbeit ersetzen. Dabei tritt eine Rationalisierung jedoch erst dann ein, wenn der durch die Mechanisierung gesparte Lohn mehr ausmacht als die Verzinsung der aufgewandten Maschinenkosten, zuzüglich deren Tilgung wie auch der Kosten für Kraft, Wartung und Ausbesserarbeiten. Der Kapitaldienst spielt in dieser Vergleichsrechnung eine bedeutende Rolle, einmal, weil der Zinssatz in der Nachkriegszeit sehr hoch ist, zum anderen aber auch, weil bei dem schnellen Fortschritt der Technik die Maschinen in kurzer Zeit veralten und deshalb schnell abgeschrieben werden müssen.

Die Wirtschaftlichkeit einer Mechanisierung hängt außerdem von der Ausnutzung der Maschine ab. An dem Beispiel eines Preßautomaten zur Herstellung von Fassungsringen rechnete der Vortragende aus, daß dieser Vollautomat nur dann Vorteile bringt, wenn er mehr als drei Viertel des Jahres voll beschäftigt ist.

Die keramischen Waren müssen in den weitläufigen Fabrikräumen nacheinander mehrere Fertigungsabschnitte durchlaufen. Dadurch entstehen viele Förderwege zwischen den einzelnen Werkstätten und die Beförderungskosten haben deshalb einen verhältnismäßig hohen Anteil an den Herstellkosten, so daß man der Rationalisierung des Förderwesens besondere Beachtung schenken muß. Der Vortragende führte an der Hand von Lichtbildern eine ganze Reihe von unwirtschaftlichen und unzweckmäßigen Fördereinrichtungen vor und kam zum Schluß zu zwei empfehlenswerten Förderarten:

1. Kreisförderer, die alle Arbeitsräume bestreichen und sämtliche Senkrecht- und Waagerechtbeförderungen, mit Ausnahme des Rohgeschirrs, übernehmen. Bei der großen Anzahl der verschiedenartigsten Beförderungen, die ein derartiger Kreisförderer zwischen den verschiedenen Werk-

stätten auszuführen hat, ist es besonders wichtig, für sämtliche Beförderungen einen Stundenplan festzusetzen, der die Benutzung des Förderers regelt.

2. Fördern mit Hubwagen, wobei an Stelle der einzelnen Planken ein voll beschicktes Fördergestell mit Fächern als Einheit dient. Dieses Verfahren erfordert geräumige Förderwege mit gut geglätteter Fahrbahn.

Die zweckmäßigste Beförderungsart läßt sich nur durch Zeitstudien ermitteln, denen dann eine Berechnung der Wirtschaftlichkeit unter Beachtung der eingangs genannten Gesichtspunkte zu folgen hat.

**Die Fortschritte im Steinzeugmaschinenbau**

behandelte Dr. *F. Müller*, Friedrichsfeld i. B. Die Anwendung des Steinzeugs beschränkt sich infolge seiner Säurefestigkeit hauptsächlich auf die chemische Industrie. In 30jähriger Entwicklung hat sich der Steinzeugmaschinenbau in bezug auf Leistung, Wirtschaftlichkeit und Betriebsicherheit den immer mehr gesteigerten Ansprüchen der chemischen Industrie anzupassen gewußt und hat es heute zu einer staunenswerten Vollendung gebracht. Erreicht wurde dies einmal durch immer bessere Konstruktionen, durch Verwenden hochwertiger Rohstoffe und verfeinerte Verfahren der Herstellung und Bearbeitung. Die dem Werkstoff Steinzeug anhaftenden Nachteile, wie z. B. seine schlechte Wärmeleitfähigkeit, hat man durch zweckmäßige Konstruktionen zu umgehen verstanden. Die Genauigkeit der Bearbeitung genügt allen heute im Maschinenbau gestellten Ansprüchen.

Den hohen Stand des Steinzeugmaschinenbaues erkennt man aus den vielen anschaulichen Lichtbildern von Steinzeugmaschinen, die der Vortragende erläuterte. Es wurden aus Steinzeug vorgeführt: Injektoren, Elevatoren, Druckbirnen bis 1500 l Inhalt, Ventile, Druckautomaten, Pumpen mit Kugelventilen und mit Hand- und Kraftantrieb, Windkessel, Flügelräder, Umlaufpumpen und Entlüfter bis zu einer Leistung von 450 m³/min bei 1000 U/min, ferner Gefäße bis zu 5000 l Inhalt und 2 m Dmr.

Dr.-Ing. *A. Guilleaume*, Bonn, sprach über

**Beziehungen zwischen den Eigenschaften und der Verwendung von Schleifscheiben**

und betonte, daß weitaus der größte Teil der heute in den verschiedenen Industrien verwendeten Schleifscheiben aus künstlichen Schleifmitteln hergestellt wird. Die Scheiben werden entweder mittels Pressen, Gießen oder Einstampfen in Formen hergestellt. Sehr häufig trifft man das Gießen in Blechringe an, die auf Gipsplatten gelegt sind. Gebrannt werden die Scheiben dann in Rundöfen mit überschlagender Flamme. Nach dem Brennen werden sie mit Hilfe von Stahlrädchen genau rund abgedreht und ausgerichtet. Zunächst prüft man dann die Festigkeit bei hohen Drehzahlen und die Härte nach Prof. *Mackensen*, Jena, durch Einblasen eines Loches mit einem Sandstrahlgebläse.

Die Schleifscheibe ist als spanabhebendes Werkzeug zu betrachten und muß, soll sie einwandfrei arbeiten, so beschaffen sein, daß sie sich nicht mit den Schleifspänen vollsetzt. Die Bindung muß also derart sein, daß das abgenutzte Korn sofort freigegeben wird[1]). Im allgemeinen schleift man harte Werkstoffe mit weichen Scheiben. Die Umfangsgeschwindigkeit ist nach unten durch die Wirkung begrenzt, nach oben durch die Festigkeit, jedoch ist in Deutschland nur eine Geschwindigkeit von höchstens 35 m/s zugelassen, während man in Amerika schon viel weiter, bis 40 und 50 m/s, geht. Keramische Scheiben werden bis zu 1200 mm Dmr. aus einem Stück hergestellt, darüber hinaus werden die Scheiben aus einzelnen Kreisausschnitten zusammengesetzt.

Um der keramischen Industrie einmal einen geschlossenen Überblick über die der Kontrolle im Betriebe dienenden Geräte zu geben, wurde zu gleicher Zeit mit der Hauptversammlung eine

**Ausstellung „Betriebskontrolle"**

veranstaltet. Auf diesem Gebiete führende Firmen hatten in übersichtlicher Weise ihre Geräte ausgestellt und z. T. im Betrieb vorgeführt. Zu sehen waren elektrische Öfen, elektrische und optische Pyrometer, von letzteren eine sehr einfache Form in der Art und Größe eines gewöhnlichen Rechenschiebers. Ausgestellt war ferner eine Anzahl der bekannten Fernmeßgeräte, Mehrfarbenschreiber, Rauchgasprüfer, Zug- und Druckmesser, Wasserhärtemesser u. a. Die Ausstellung wurde sehr gut besucht und brachte manche Anregung. [N 3671]

Berlin *G. Helm*

[1]) Vergl. a. *C. Krug*, „Bestimmung der Brucheigenschaften gekörnter Schleifmittel", Z. Bd. 73 (1929) Nr. 48 S. 1707.

## *Unterricht*

### Sondereinrichtungen im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule München

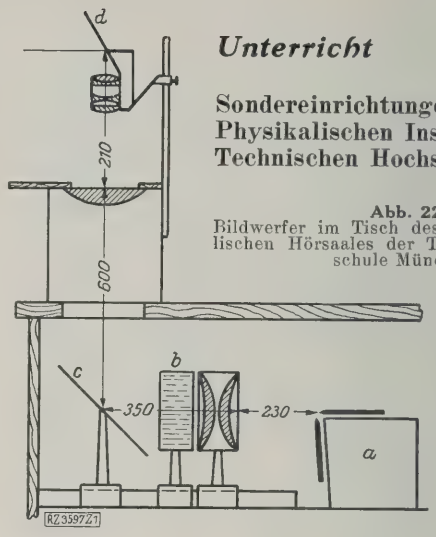



**Abb. 22**
Bildwerfer im Tisch des großen physikalischen Hörsaales der Technischen Hochschule München.

*a* Weule-Lampe
*b* Wasserkasten
*c*, *d* Spiegel

Als das alte physikalische Institut der Technischen Hochschule München dem steigenden Raumbedarf nach dem Kriege nicht mehr gewachsen war, entschloß man sich zu einem Neubau. Dieser schließt sich einerseits an das alte Hauptgebäude der Hochschule an der Arcisstraße, anderseits an den erst im Kriege fertiggestellten Südflügel an der Gabelsbergerstraße an und bildete somit eine reizvolle Aufgabe für den Architekten, der auf zwei verschiedene Baustile Rücksicht nehmen mußte[1]). Über die innere Ausstattung berichtet nunmehr der Vorstand des Instituts, Prof. Dr. *J. Zenneck*, eingehend auf Grund der Erfahrungen, die man seit der Eröffnung im Winterhalbjahr 1926/27 damit gemacht hat[2]).

In dem Neubau ist im Keller- und Erdgeschoß das physikalische Institut untergebracht; der 1. und 2. Stock

[1]) Baubeschreibung s. Die Bauzeitung Bd. 24 (1927) S. 169.
[2]) Physikal. Zeitschr. Bd. 30 (1929) Nr. 14 S. 433. Die Beschreibung kann auch als Sonderabdruck vom Verlag S. Hirzel, Leipzig, bezogen werden.

**Abb. 23.** Schattenbild eines Meßgerätes mit dem Tischbildwerfer auf die Lichtbildwand geworfen

rden ganz von dem großen Hörsaal mit den erforderlichen henräumen eingenommen. Das Dach des Gebäudes ist hezu waagerecht, damit es ebenfalls für Versuche benutzt rden kann.

Aus der eingehenden, hier zu weit führenden Beschreiung sei als besonders bemerkenswert der große Hörsaal rausgegriffen[2]). Die Bankreihen mit 866 Sitzplätzen sind Halbkreis auf einer Steigung von 20 ° vor dem Vorführch angeordnet, so daß man die Versuche von allen Plätzen s gut sehen kann. Der Vorführtisch steht in einer ucht mit der Vorderwand des Hörsaales in einer tiefen sche, die durch zwei Schiebetüren vom Hörsaal abgeennt werden kann. Dadurch entsteht ein großer Vorhrraum, in dem die Versuchseinrichtungen für die ichste Physikvorlesung ungestört aufgebaut werden könn, während der große Hörsaal für nicht physikalische orlesungen benutzt wird. Diese Einrichtung hat sich gut währt. Die Tischflächen im Vorführraum, also auch e des Vorführtisches, liegen in einer Höhe mit dem Fußden der Vorräume im ersten Stock. Man braucht infolgessen schwere Apparate nicht auf die Tische zu heben, sonrn kann sie aus den Sammlungen oder aus dem Lastfzug für 1500 kg unmittelbar auf die Tische fahren.

Da der Hörsaal keine Fenster hat, bildet die Verdunelung keine Schwierigkeiten; ganz auszuschalten braucht an die künstliche Beleuchtung — 15 Lampen für je 200 W — nur in seltenen Ausnahmefällen, da die Lichtbildwerfer so lichtstark sind, daß man die Bilder bei einer zum Lesen und Schreiben ausreichenden Beleuchtung vorführen kann. Als Lichtbildschirm dient die weiß getünchte Rückwand des Vorführraumes. Der Vorführraum wird durch verdeckte Lampen für zusammen 14 150 W beleuchtet; sechs Lampen von je 750 W können zur unmittelbaren Beleuchtung des Vorführtisches eingeschaltet werden, so daß man auf dem Tisch selbst kleine Gegenstände gut erkennen kann.

Es wäre schwierig gewesen, an der als Lichtbildschirm dienenden Rückwand des Vorführraumes eine Wandtafel anzubringen; deshalb wird auch das vom Vortragenden Geschriebene auf die Wand projiziert. Geschrieben wird auf Glasplatten, die in einer Lösung von 0,5 vH Gelatinegehalt vorbereitet werden. Zur Projektion dient der in Abb. 22 dargestellte Bildwerfer von Carl Zeiss, Jena. Man muß darauf achten, daß die nitrosen Gase der Bogenlampe aus dem Tisch abgeführt werden können, da sonst eine Schädigung der Gesundheit der Vortragenden zu befürchten ist. Der Tischbildwerfer wird auch dazu benutzt, Maßeinteilungen auf der Rückwand abzubilden; überhaupt werden viele der Meßgeräte als Schattenrisse auf der Lichtbildwand gezeigt, Abb. 23.

Die Erfahrungen seit der Eröffnung des Institutes haben bisher fast ausnahmslos Befriedigendes ergeben, insbesondere hat sich die Anordnung des großen Hörsaales gut bewährt. [M 3597] *Parey*

[2]) Abbildungen hierzu s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 17 S. 571.

# Kleine Mitteilungen

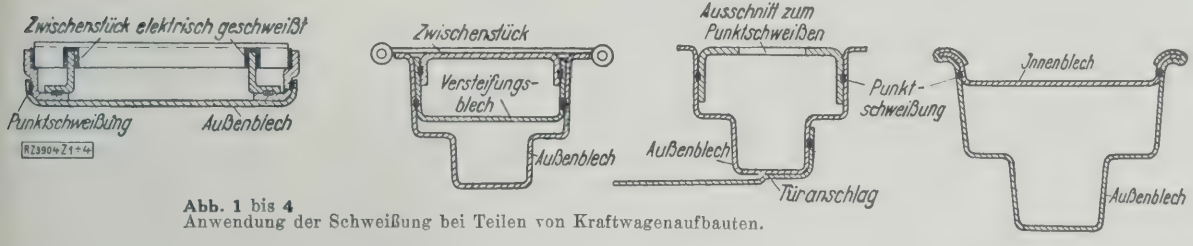



**Abb. 1 bis 4**
Anwendung der Schweißung bei Teilen von Kraftwagenaufbauten.

## Abschmelzschweißung im Karosseriebau

Seit mehr als 15 Jahren schweißt die E. G. Budd Mfg. Co. Karosserien für Kraftwagen[1]); man benutzte folgende Schweißverfahren: Punktschweißung 1000 bis 1100 Punkte, Nasschweißung 1780 bis 2010 mm, Lichtbogenschweißung 255 bis 305 mm Nahtlänge. Inzwischen hat man die Herstellung bedeutend vereinfacht, vergl. Abb. 1 bis 4; die Karosserie wird aus 17 Teilen gegenüber 300 früheren zusammengesetzt. Z. Z. braucht man an verschiedenen Schweißungen für eine Karosserie: Punktschweißung 125 Punkte, Nasschweißung 1070 mm, Lichtbogenschweißung 100 mm, Abschmelzschweißung 5490 mm Nahtlänge. Auch in Deutschland benutzt man das Abschmelzschweißverfahren, wofür man besondere Maschinen gebaut hat. („The Iron Age“ 14. November 1929 S. 1303*.) [N 3904 a] *Gw.*

[1]) Z. Bd. 72 (1928) S. 1585.

## 50 elektrische Schnellzuglokomotiven für die Pennsylvaniabahn

Zur Beschleunigung des Verkehrs auf der Hauptstrecke New York–Washington wird die Pennsylvaniabahn ihre 4000 PS-Lokomotiven durch Doppellokomotiven von 8000 PS und rd. 145 km/h Fahrgeschwindigkeit ersetzen. Man will Anfang des Jahres 1930 damit beginnen und hofft, innerhalb zweier Jahre 150 solcher Lokomotiven, die nach Entwürfen der Bestellerin von der Westinghouse- und der General-Electric-Gesellschaft gebaut werden und insgesamt rd. 67,5 Mill. *RM* kosten sollen, im Betrieb zu haben. Die Fahrzeit zwischen New York und Washington soll damit von fünf auf weniger als vier Stunden verringert werden. („Electrical World“ 23. November 1929 S. 1043.) [N 3904 b] *Ro.*

## Das englische Luftschiff R 100

Am 22. November 1929 ist das englische Luftschiff R 100 von der Airship Guarantee Co. an das englische Luftfahrtministerium abgeliefert worden, und soll jetzt die Probefahrten aufnehmen[1]). Das Luftschiff ist rd. 240 m lang bei rd. 40,5 m größtem Durchmesser und rd. 41,1 m größter Höhe. Der Gasinhalt beträgt über 141 600 m³, was einen Auftrieb von 156 t ergibt. Das starre Schiffskörpergerippe besteht aus 16 sechzehneckigen Querträgern, die durch Längsträger verbunden sind, und ist aus Duralumin hergestellt. Durch die Mitte des Schiffes läuft ein Längsträger. Die Ecken der Querträger sind mit dem mittleren Längsträger durch Drähte verbunden, ebenso die Felder zwischen den Quer- und Längsträgern. Die Träger haben Dreieckform und bestehen aus Stäben, die mittels Rohrstreben, hergestellt aus schraubenförmig gewundenen Blechstreifen, verbunden sind. Für das Schiffskörpergerippe einschließlich Fluggastraum wurden nur 50 verschiedene Arten von Baugliedern benutzt.

Die in Deutschland hergestellten 15 Gaszellen bestehen, ebenso wie bei den Zeppelin-Luftschiffen, aus einem beiderseitig mit Darmhäuten beklebten Baumwollgewebe; sie sind außerdem innen und außen zum Schutz gegen Feuchtigkeit mit einem Aluminiumüberzug bespritzt. Unten sind in die Gaszellen selbsttätige Sicherheitsventile, oben dagegen vom Führerstand aus bedienbare handgesteuerte Ventile eingebaut. In 32 Behältern von je rd. 950 l Inhalt sind die Betriebstoffe für die Motoren untergebracht; Benzin und Öl werden den über den Motorgondeln angeordneten Fallbehältern mittels Pumpen zugeführt. In den drei Motorgondeln, zwei seitlich und eine in der Mitte des Rumpfes angeordnet, sind je zwei 660 PS-Rolls-Royce-Motoren, Bauart Condor III B, eingebaut. In jeder Gondel treibt der eine Motor eine Zug-, der andre eine Druckschraube an. Die Gesamtleistung der Motoren beträgt 3960 PS.

Der in drei Stockwerke unterteilte Raum für die Fluggäste und die Besatzung liegt im Innern des Schiffskörpers. Gegen die Gaszellen ist der große Raum durch zwei Stoffwände abgeschlossen, zwischen denen Frischluft strömt. Im unteren Stockwerk wird die Besatzung untergebracht. Im mittleren Stockwerk befinden sich der Speiseraum von rd. 80 m² Fläche für 65 Personen und zwei Gänge von je rd. 33,5 m² Fläche. Über zwei Treppen gelangt man in das obere Stockwerk, in das die Kabinen für 100 Personen, z. T. mit je vier Betten, eingebaut sind. Der Führerstand ragt unten aus dem Luftschiffkörper heraus und liegt vor dem unteren Stockwerk. („The Engineer“ 6. Dezember 1929 S. 604*.) [N 3904 c] *Gw.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1292.

### Saugbagger für Argentinien

Die Firma A. F. Smulders in Schiedam, Holland, hat kürzlich für die argentinische Regierung einen Saugbagger fertiggestellt. Das Schiff ist 99 m lang, 16 m breit und 7 m hoch und hat Zweischraubenantrieb mittels zweier Dreifach-Expansionsmaschinen von je 900 PS bei 100 U/min, die Dampf von 12 at aus vier Einenderkesseln mit Kohlen- oder Ölfeuerung erhalten. Die Maschinen- und Kesselanlage befindet sich hinten, die Baggereinrichtung mittschiffs und die Pumpenanlage vorn im Schiff.

Auf B.-B. und St.-B ist mittschiffs je ein Füllraum von 2000 m³ Inhalt mit starken Bodenklappen angeordnet; dazwischen liegt das Saugrohr, an dessen unterem Ende sich ein auswechselbares stark ausgebildetes Mundstück befindet. Entsprechend dem Baggergut sind vier verschieden große Saugmundstücke vorhanden. Das Saugrohr, das sich mittels einer Dampfwinde heben läßt, ergibt 15 m größte Baggertiefe. Zwei Hauptpumpen mit Dampfantrieb fördern 6000 m³/h Baggergut, eine dritte Pumpe mit 11 000 l/min Leistung versorgt das Saugrohr mit Wasser. Der Bagger wies bei mehreren Versuchen im Hafen von Rotterdam eine Leistung von 11 000 m³/h auf und ist mit eigenem Dampf nach Buenos Aires gefahren. („Engineering" 6. Dezember 1929 S. 737*.) [N 3904 d] *W. B.*

### Großer Erddamm in Amerika

Rd. 56 km nordwestlich von Cheyenne im Staate Wyoming steht ein Erddamm von rd. 26 m Höhe, 148 m Dicke an der Sohle und 185 m Länge an der Krone kurz vor der Vollendung. Dieser Damm wird dazu dienen, vom Frühjahr 1930 ab die Hochwasser der North Crow Creek in einem Speicherbecken von rd. 6,35 Mill m³ Fassungsvermögen aufzufangen. Hiermit ist die Wasserversorgung der Stadt Cheyenne für die nächsten fünfzehn Jahre sichergestellt. („Engineering News-Record" 7. November 1929 S. 739.) [N 3904 e] *Sd.*

### Hohe Umfangsgeschwindigkeit bei amerikanischen Schleifböcken

Die Hisey-Wolf Machine Co., Cincinnati, O., baut einen Schleifbock mit einer Schleifscheibe von 610 mm Dmr.; die Schleifspindel macht 1550 U/min, was bei einer neuen Scheibe einer Umfangsgeschwindigkeit von rd. 48 m/s entspricht. Ist die Scheibe bis auf 508 mm Dmr. abgenutzt, so erhöht man die Drehzahl der Schleifspindel auf 1800 U/min, was wieder eine Umfangsgeschwindigkeit von rd. 48 m/s ergibt. Eine Sicherheitsvorrichtung erlaubt, neue Scheiben erst dann einzusetzen, nachdem man den Antriebriemen auf 1550 U/min umgestellt hat. In großen Werken stellt man aber vorteilhafter drei Schleifböcke auf, einen Bock für Scheiben von 610 bis 508 mm Dmr. mit 1550 U/min und 10 PS-Motor, einen Bock für Scheiben von 508 bis 457 mm Dmr. mit 1800 U/min und 7,5 PS Motor und einen Bock für Scheiben von weniger als 457 mm Dmr. mit 2000 U/min und 5 PS-Motor. Der Antriebmotor ist innerhalb des als Gehäuse ausgebildeten Ständers in schwalbenschwanzartigen Führungen verschiebbar; die für die günstigste Spannung der mehrfachen Faserstoff-Keilriemen geeignete Stellung stellt man mittels Schrauben ein. („The Engineer" 29. November 1929 S. 590.) [N 3904 f] *Schr.*

### Der elektrische Widerstand von Erzen und Gesteinen

Mit dem Ziel, aus den elektrischen Eigenschaften des Erdbodens auf das Vorhandensein von Erzen usw. schließen zu können, hat das Bureau of Mines planmäßige Untersuchungen anstellen lassen. Die Proben hatten ungefähr gleiche Größe und Form, ebene und fast parallele Oberflächen. Sie wurden auf eine Quecksilber-Elektrode gestellt und trugen oben in zwei konzentrischen Wachsringen die zweite Quecksilber-Elektrode; der äußere Ring diente zum Schutz gegen Verluste, die die Stromübergangsfläche und damit die Meßergebnisse beeinflußt hatten.

Bei einem Stück Serpentin stellte man 25 MΩ fest, wenn der Strom von oben nach unten floß und nur 13 MΩ bei dem umgekehrten Stromrichtung. Weitere Versuche mit der doppelten Spannung (mit zwei Trockenelementen) ergaben, daß sowohl die Spannung als auch die Zeit das Ergebnis beeinflußten. Auch eine Chromeisenstein-Probe, durch die man 23 h lang Strom aus zwei Trockenelementen schickte, zeigte den Einfluß der Zeit.

Man prüfte dann eine Serpentinprobe mit Spannungen, die um je 20 bis 30 V verschieden waren, je 2 bis 5 min lang. Bei 2,71 V Gleichstrom fand man 25,75 MΩ, bei 282 V nur noch 8,34 MΩ. Zur Erforschung des Einflusses der Stromrichtung wandte man dann auch Wechselstrom von 60 Hertz an und fand, daß bei mehr als 50 V der spezifische Wechselstromwiderstand nur etwa halb so groß war wie der spezifische Gleichstromwiderstand bei gleicher Spannung; bei weniger als 50 V war der spez. Wechselstromwiderstand im Verhältnis noch kleiner. Bei rd. 30 V (2,4 V/cm) und darunter wurde der Wechselstromwiderstand konstant im Gegensatz zum Gleichstromwiderstand. Die Versuche hat man ausgedehnt auf Bohrproben, wobei sich eine Abhängigkeit der elektrischen Eigenschaften vom Abstand zwischen Probe und Erzlager zu ergeben schien. („Engineering" 29. November 1929.) [N 3904 g] *Pa.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

**Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie.** — Jahrbuch des Vereines deutscher Ingenieure. Herausgeg. von *Conrad Matschoß*. 19. Bd. Berlin 1929, VDI-Verlag. 193 S. m. 229 Abb. u. 15 Bildnissen. Preis 12 *RM* (bei Bezug bis 31. Dezember 1929 8 *RM*), für Mitglieder des V. d. I. 10,80 *RM*.

Der beschränkte Raum gestattet keine eingehende kritische Würdigung der 16 Abhandlungen, die in Auswahl und Gegenstand der allgemeinen vom Herausgeber gewollten Linie folgen. Dank der wegweisenden Tätigkeit seines Begründers ist das „Jahrbuch" als Vorarbeit und Sammelstelle für eine künftige Geschichte der Technik mit seinen nunmehr 19 Bänden das anerkannte Fachorgan auf diesem Felde geworden. Dilettantisches Ausgraben und Mitteilen zufällig erraffter Einzelheiten von Maschinen, Industrien und Menschen wird heute nicht mehr als „Geschichte der Technik" angesehen, die vielmehr genau wie die allgemeine Geschichte ernstes Quellenstudium und sinnvoll deutende Verknüpfung der gefundenen Tatsachen erfordert. Das Jahrbuch geht bewußt diesen gewiß weiten und mühsamen Weg, und es macht nichts aus, daß dabei scheinbar zusammenhanglose, aber auf solider Grundlage ruhende Einzelarbeit geleistet wird und daß die darstellenden Beiträge gelegentlich in das Grenzgebiet zwischen Industrie- und Wirtschaftsgeschichte abgleiten.

Eben diesem ergiebigen Grenzgebiete sind auch im vorliegenden Jahrgange gewichtige Abhandlungen gewidmet. Der bekannte Wirtschaftshistoriker und Fugger-Forscher *Jacob Strieder* schreibt über die montanindustriellen Unternehmungen des „Frühkapitalisten" *Jacob Fugger* des Reichen (1459 bis 1525) und zieht geschichtlich wie soziologisch höchst bedeutsame Vergleiche zum Hochkapitalismus. Die Arbeit von *Kurzel-Runtscheiner* über die Feuermaschine *Fischer von Erlachs* und ihre Bedeutung für den österreichischen Erzbergbau im 18. Jahrhundert ist ebenfalls ein Stück Wirtschaftsgeschichte. Industrie- und Zunftgeschichte bringen *Hendrichs* über die Solinger Schwert- und Messerzünfte im 15. und 16. Jahrhundert und *Zuman* über die böhmischen Glashütten im 18. und 19. Jahrhundert.

Eine zweite Gruppe von Arbeiten gibt bedeutenden Persönlichkeiten, die in der Technik, genau wie das auch in der politischen Geschichte der Fall ist, „Geschichte" machen. Da ist zunächst der wertvolle, auf Quellenstudium beruhende Aufsatz von *H. Schimank* über *Otto von Guericke*, Leben und Werk mit dem interessanten Nachweis, daß die Vorführung des berühmten Halbkugelversuches garnicht auf dem Regensburger Reichstage von 1654, sondern frühestens 1657 stattgefunden hat. *H. W. Dickinson* (South Kensington-Museum) würdigt in Erinnerung an das 200. Todesjahr (1729) den „Vater der Dampfmaschine", *Thomas Newcomen*, dessen Andenken in England durch die „Newcomen Society for the study of history of engineering and technology" lebendig erhalten wird. Neuere Industriegeschichte ist durch „*Walton* und die Linoleumindustrie" (*H. Fischer*) und „*Fr. von Voith* und seine Maschinenfabrik" *(Pflieger Haertel)* vertreten.

Das Jahr 1929 weckt die Erinnerung an die Frühzeit der Eisenbahnen: Der Sieg der *Stephensonschen* Dampflokomotive im „Wettkampf der Lokomotiven zu Rainhill im Oktober 1829" (*L. Rothhaas*) und „Aus den Kinderjahren der deutschen Lokomotiveisenbahnen" *(B. Enderes)*. Dieser mehr „gegenständlichen" Arbeiten reihen sich an die von *Horwitz* über die „Anfänge der Wellenkupplungen und Wellentransmissionen" und von *Schoof* über die „Entwick-

ng von einigen wichtigen elektrischen Installationsappa-ten". Untersuchungen geringeren Umfanges über tech-sche Einzelheiten finden sich dann noch vereinigt in der undschau". (wertvoll besonders der Bericht über die ergehende Welt der Hammerwerke der bergisch-märki-hen Kleineisenindustrie" von *W. Claas).*

Historie im eigentlichen Sinne wird geboten in der bhandlung von *H. Schefold* über das „Mittelalterliche ausbuch", dessen hohe Bedeutung als Fundgrube für die eschichte der Technik allerdings bekannt ist. Besonderen inweis verdient der durch einen schönen Vierfarbendruck terstützte Bericht über das Kuttenberger Canzionale nde des 15. Jahrhunderts), ein Beispiel dafür, daß man lbst in liturgischen Handschriften des Mittelalters tech-ische Geschichtsquellen antrifft. Auch die Aufsätze von *. Herig* über „Steinzeitliche Technik", über die „Entwick-ng der russischen Chemie im 20. Jahrhundert" *(M. H. loch)* verdienen Erwähnung.

Abgeschlossen werden die Beiträge, wie auch in den üheren Jahrgängen, durch die Abschnitte: Rundschau, echnische Kulturdenkmäler, Literaturschau und Nekro-og. Die „Beiträge" erscheinen nur als Jahrbuch. Sollte as zunehmende Interesse der Fachwelt einmal ein öfteres rscheinen gestatten, so dürfte sich vielleicht eine Tei-ng in „Quellen" und „Abhandlungen" empfehlen, die ine straffere Gliederung des an sich fast zu reichhaltigen toffes und seine Unterordnung unter leitende Gesichts-unkte ermöglichen würde. Aber auch so wird sich der eser des neuen, drucktechnisch in gewohnter Güte heraus-ekommenen Bandes freuen und Herausgeber, Mit-rbeitern und Verlag danken. [E 3915] Dr. *Predeek.*

**rundbegriffe des Städtebaues.** Von *K. A. Hoepfner.* 2. Bd. Berlin 1928, Julius Springer. 198 S. m. 120 Abb. Preis 15,50 *RM.*

Der Verfasser gibt in seinem Buche mehr als Grund-egriffe nur des Städtebaues. Er setzt sich zunächst mit em Begriff und dem Wesen des Ingenieurberufes auseinander und liefert Beiträge zur Lösung des vielumstrittenen roblems „Ingenieur" und „Ingenieurtätigkeit". Erst dann etrachtet er die Aufgabe des Ingenieurs im Städtebau näher. r sieht in dieser Wissenschaft die vielseitigste der tech-ischen Wissenschaften und stellt ihr die Aufgabe, alle inzelfragen zusammenzufassen, um damit aus der Stadt-iedlung einen möglichst vollkommenen Organismus zu chaffen.

An der Hand der Entwicklung des Städtebaues im ittelalter und in der Neuzeit, begründet durch zahlreiche eispiele, beantwortet der Verfasser die Fragen: Was ist das esen des Städtebaues und welches ist seine Bedeutung? as ist sein Inhalt und wo liegen seine Grenzen? Das uch wendet sich damit an viel weitere technische Kreise ls nur an diejenigen, die dem Städtebau nahestehen. Es ill jedem dienen, der sich in die wohl anregendste und mfangreichste aller technischen Wissenschaften hineinver-etzen will. [E 3781] *Baer*

**nzyklopädie der technischen Chemie.** Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgeg. von *Fritz Ullmann.* 2. Aufl. 3. Bd.: Calciumcyanamid bis Druckerei. Berlin und Wien 1929, Urban & Schwarzenberg. 828 S. m. 242 Abb. Preis 48 *RM.*

Eine Neubearbeitung eines Nachschlagewerkes auf dem ebiete der technischen Chemie ist z. Z. außerordentlich chwierig, da fast an jedem Tage neue Verfahren aus dem chrifttum und den Patentanmeldungen bekannt werden. unmehr liegt der 3. Band der Enzyklopädie der technischen hemie vor, der die Stichworte „Calciumcyanamid" bis Druckerei" umfaßt. Der Band enthält auf 828 Seiten 242 bbildungen. Das schon vom 1. Band Gesagte[1]) trifft auch ier voll zu. Die Abbildungen sind aber gegenüber den bei-en vorhergehenden Bänden sorgfältiger durchgearbeitet nd ausgewählt, so daß sie jetzt ganz auf der übrigen Höhe es Werkes stehen, das in keiner Handbibliothek eines In-enieurs oder Chemikers fehlen darf. Die Stoffbehandlung leicht der in den früher erschienenen Bänden. Es ist aber raglich, ob das Bedrucken von Geweben nicht unter dem tichwort „Zeugdruck" besser zu finden wäre als unter Druckerei". Mindestens muß das Stichwort „Zeugdruck" päter mit einem Hinweis eingefügt werden. [E 3828] *Schr.*

[1]) Vergl. Z. Bd. 72 (1928) S. 1067; 2. Bd. s. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 6 S. 207.

**irkereilehre.** Von *Wilhelm Schmitz.* 1. T.: Warenkunde. Berlin 1929, Julius Springer. 134 S. m. 151 Abb. Preis 11 *RM.*

Die Warenerzeugung auf Wirk- und Strickmaschinen t für den Anfänger wohl das schwierigste auf dem Ge-ete des Textilwesens. Eine zusammenhängende Darstel-ng darüber ist deshalb sehr zu begrüßen. Der vorliegende 1. Teil behandelt nach einer kurzen Erläuterung der verschiedenen Arbeitsverfahren und Strickmaschinen hauptsächlich die Warenkunde. Der Stoff ist nach dem Grundsatz der leichten Herstellungsart einer Ware geordnet, so daß der Verfasser gleichzeitig eine allgemeine Herstellungslehre gibt. Das Buch ist jedem Fachmann, der sich mit Wirkereiwaren und Wirkereimaschinen befaßt, sehr zu empfehlen. [E 3829] *Schr.*

**Die Photographie in Wissenschaft und Praxis.** Deutsche Ausgabe von *Alfred Hay.* Leipzig und Wien 1929, Franz Deuticke. 532 S. m. 192 Abb. Preis 35 *RM.*

Die Übersetzung des mit wissenschaftlicher Gründlichkeit geschriebenen englischen Originaltextes bedeutet für die Kenntnis vom Wesen und Zweck der Photographie eine begrüßenswerte Erweiterung. Nicht nur werden hier die theoretischen und technologischen Grundlagen der Photographie ganz eingehend von den namhaften englischen Verfassern erörtert, sondern es wird auch kritisch die verschiedene Anwendbarkeit der Photographie in der Astronomie, der Physik, der Metallographie, der Chemie, im Vermessungswesen, für die Landesaufnahme von der Luft aus, dargestellt. Auch die Farbenphotographie findet entsprechende Berücksichtigung und ganz kurz wird die Photographie im Dienste der Reproduktionstechnik behandelt. So scheint das Buch besonders für den wertvoll zu sein, der Forschungen auf verschiedenen Gebieten anstellen will und die Vorgänge und Tatsachen durch das Bild festhalten muß. [E 3779] *Js.*

Siemens-Handbücher, 15. Bd.: **Elektrische Bahnen.** Bearb. von *O. Höring.* Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 515 S. m. 502 Abb. Preis 15 *RM.*

Das vorliegende Buch, zugleich ein Rückblick über das, was die Siemens-Schuckertwerke seit dem Bau der ersten elektrischen Lokomotive vor fünfzig Jahren auf dem Gebiete der elektrischen Bahnen geleistet haben, wendet sich vor allem an den Praktiker, wie es ja auch von Praktikern geschrieben ist. Alle Abschnitte sind so allgemein faßlich dargestellt, daß der mit dem Entwerfen von Fahrzeugen, im Betrieb und mit der Anlage elektrischer Bahnen beschäftigte Ingenieur nicht nur für sein Sondergebiet Nützliches findet, sondern sich auch über die Nachbargebiete leicht unterrichten kann. Behandelt werden: Grundlagen, Fahrzeuge, Streckenausrüstung, und zwar für Voll-, Straßen- und Industriebahnen, Betriebsführung u. a. [E 3776] *Ro.*

**Träger technisch-wissenschaftlicher Arbeit in Deutschland.** Teil 1: Die technisch-wissenschaftlichen Vereine. Bearbeitet von *E. Boeck.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 135 S. Preis 5 *RM.*

Eine außerordentlich fleißige Arbeit, die von der Fachwelt seit langem dringend erwartet wurde. Wir erhalten einen gut gegliederten Überblick über die Grundlagen der technisch-wissenschaftlichen Gemeinschaftsarbeit in Deutschland. Allerdings trifft der Titel des 1. Teiles „Die technisch-wissenschaftlichen Vereine" insofern nicht zu, als darunter nicht nur rein technisch-wissenschaftliche Vereine, sondern auch andre Organisationen, z. B. Wirtschaftsverbände, angeführt sind, soweit sie neben ihren eigentlichen Aufgaben auch an technisch-wissenschaftlichen Arbeiten Anteil nehmen. Dieses Verfahren hat der Herausgeber zwar im Vorwort begründet; er hätte dann aber den Kreis noch etwas weiter ziehen müssen; denn jetzt fehlen in der Übersicht nicht nur große Wirtschaftsverbände, z. B. der Verein Deutscher Maschinenbau-Anstalten, sondern auch bekannte Berufs- und Standesvereinigungen der Technik, z. B. der Reichsbund Deutscher Technik.

Immerhin enthält die Sammlung, deren 2. Teil „Die technisch-wissenschaftlichen Institute" hoffentlich bald erscheinen wird, schon jetzt 202 Vereine mit rd. 300 000 Mitgliedern. Ihr ist weite Verbreitung in den Kreisen der Technik sowie in Wirtschaft und Verwaltung zu wünschen. [E 3461] Dr. *Freitag*

Sammlung Göschen, 290. Bd.: **Pumpen und Druckwasseranlagen.** Von *Rudolf Vogdt.* 5. Aufl. Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co. 155 S. m. 117 Abb. Preis 1,50 *RM.*

Das Bändchen bringt in gedrängter Darstellung die Kolbenpumpen, anderweitige Verdrängerpumpen, Laufradpumpen (Kreiselpumpen, Wasserringpumpen, Schraubenpumpen, umlaufende Widder), Pumpen ohne Kolben und Laufrad sowie Druckwasseranlagen. Der Leser erhält einen vorzüglichen Überblick über das ganze Gebiet und findet so viele Berechnungsanleitungen, daß er imstande sein wird, für einen vorliegenden Fall die richtige Anlage in der erforderlichen Abmessung zu wählen. Zahlentafeln von ausgeführten und erprobten Maschinen unterstützen ihn dabei.

Sollte der Verfasser gelegentlich einer Neuauflage noch einige Angaben über die Ventilbelastung der Kolbenpumpen und über die Krümmung der Schaufeln bei Kreiselpumpen nachtragen können, so wäre alles erfüllt, was man von einem solchen Bändchen überhaupt verlangen kann.
Aachen [E 3765] *Kurt W. Geisler*

**Anales del Primer Congreso de Irrigación y Colonización del Norte.** 19. bis 24. Februar 1929. Bd. 1: 399 S. m. Abb. Bd. 2: S. 401 bis 759 m. Abb. Bd. 3: S. 761 bis 1122 m. Abb. Bd. 4: S. 1123 bis 1273 m. Abb. Lambayeque (Peru) 1929, Selbstverlag des Generalsekretärs des Kongresses.

Vom 19. bis zum 24. Februar d. J. tagte in Lambayeque zum erstenmal ein Kongreß, der alle für die Bewässerung und Bewirtschaftung der beiden nördlichsten Provinzen Perus, Piura und Lambayeque in Betracht kommenden Fragen erschöpfend behandelte. Die Aufgabe, die Natur durch eine rationelle Wasserwirtschaft zu beeinflussen, konnte in der Tat nirgendwo besser als auf diesem Boden studiert werden, der unter der Herrschaft der Inkas infolge sorgfältiger Bewässerung reichste Frucht getragen hatte, während er in der spanischen Zeit, als die alten Kanäle verfielen, wieder zur Wüste wurde. Erst in jüngster Zeit wurde die Bewässerung dieser Provinzen durch die Regierung des Präsidenten *Leguía* wieder energisch in Angriff genommen und damit großes Landgebiet der Bebauung und Bewohnung erschlossen. In den vier Bänden der vorliegenden Veröffentlichung sind alle Verhandlungen zusammengefaßt und mit zahlreichen Abbildungen versehen, so daß sehr wertvolle, für den Ingenieur, Landwirt und Geographen gleicherweise wichtige Unterlagen zusammengekommen sind. [E 3733] *F. Mumme*

**The Transactions of the Fuel Conference.** World Power Conference London 1928. Bd. 1 bis 4. London 1929, Percy Lund, Humphries & Co., Ltd. Zu beziehen durch die VDI-Buchhandlung. Preis zus. 245 *RM.*

1. Bd. 853 S. m. Abb.: Die Kohlenindustrie. Wirtschaftliches. Allgemeines. Probenahme und Prüfung, Aufbereitung, Reinigung, Trocknung, Brikettierung. — Die Ölindustrie. Allgemeines. Allgemeiner Aufbau, Einteilung, Aufbereitung, Lagerung und Behandlung flüssiger Brennstoffe.

2. Bd. 1384 S. m. Abb.: Die Schwelindustrie: Zusammensetzung, Einteilung, Vorbereitung, Lagerung und Behandlung gasförmiger Brennstoffe und der Erzeugnisse der Schwelindustrie. Verwendung von Brennstoffen für die Dampferzeugung und die Erzeugung von Elektrizität. Verwendung von Brennstoffen und Elektrizität in industriellen Öfen.

3. Bd. 1495 S. m. Abb.: Verwendung von Brennstoffen einschließlich Elektriziät für Hauszwecke. Tieftemperaturverkokung, staubförmige Brennstoffe, Verbrennungsmotoren, Kraftübertragung, Abwärme-Rückgewinnung, Torf, Kraftspiritus, Ausbildung von Brennstofftechnikern, Wirtschaftliche Möglichkeiten.

4. Bd. 357 S.: Inhaltsverzeichnis.

Einen zusammenfassenden Bericht über die Tagung hat Prof. *Rosin* in Z. Bd. 73 (1929) S. 9 veröffentlicht.

**Der industrielle Wärmeübergang.** Von *A. Schack.* Düsseldorf 1929, Verlag Stahleisen. 411 S. m. 41 Abb. u. 37 Taf. Preis 18,50 *RM.*

**Evolventen-Stirnradgetriebe.** Von *R. Herrmann.* Berl 1929, Julius Springer. 112 S. m. 77 Abb. Preis 9,60 *R*

**Die Krackverfahren unter Anwendung von Druck** (Druc wärmespaltung). Von *Erwin Sedlaczek.* Berlin 19 Julius Springer. 402 S. m. 179 Abb. Preis 45 *RM.*

Die Betriebspraxis der Eisen-, Stahl- und Metallgießer 9. H.: **Das Betriebslaboratorium der Metallgießereien u verwandter Betriebe.** Von *Willi Claus.* Halle a. d. 1929, Wilhelm Knapp. 88 S. m. 154 Abb. Preis 6,90 *R*

Das Glas in Einzeldarstellungen, 9. Bd.: **Maschinelle Gla verarbeitung.** Von *A. Wendler.* Leipzig 1929, Akad mische Verlagsgesellschaft. 249 S. m. 172 Abb. Pre 25 *RM.*

RKTL-Schriften, H. 5 d: **Die Energiewirtschaft städtisch Milchversorgungsbetriebe.** Von *B. Lichtenberger* und *Schott.* Hildesheim 1929, Verlag der Molkerei-Zeitun 112 S. m. 33 Taf. Preis 3 *RM.*

**Bühnentechnik der Gegenwart.** Von *Friedrich Kranic* 1. Bd.: München und Berlin 1929, R. Oldenbourg. 370 m. 442 Abb. u. 16 Taf. Preis 60 *RM.*

**Bericht über die 32. Hauptversammlung des Deutsche Beton-Vereins (E. V.)** am 7., 8. und 9. März 1929. Ob cassel (Siegkreis) 1929, Deutscher Beton-Verein. 550 m. Abb. Preis 5 *RM.*

Das Kraftfahrzeug, 1. Bd.: **Der Automobilmotor in Theori** und Praxis. Von *Hanns Buttmann* und *Bernhard Klat* Berlin-Charlottenburg 1929, C. J. E. Volckmann. 276 m. 147 Abb. Preis 8,60 *RM.*

DIN-Taschenbuch 14: **Straßenbau und Straßenentwässerung** Herausgeg. vom Deutschen Normenausschuß. Berlin 192 Beuth-Verlag. 191 S. Preis 4,75 *RM.*

**Atlas Metallographicus.** Von *Hanemann* und *Schrader.* bis 5. Lfg. S. 15 bis 30 u. Taf. 17 bis 40. Berlin 192 Gebrüder Bornträger. Preis 3. Lfg. 7,60 *RM*, 4. u. 5. Lfg je 6,75 *RM.*

**Mitteilungen der deutschen Materialprüfungsanstalte** 9. Sonderheft: Arbeiten aus dem Kaiser-Wilhelm-Institu für Metallforschung und dem Staatlichen Materialprü fungsamt zu Berlin-Dahlem. Berlin 1929, Julius Springe 149 S. m. 371 Abb. Preis 22,50 *RM.*

**Der Nachweis jüngster tektonischer Bodenbewegungen i Rheinland und Westfalen.** Von *J. Weißner.* Essen 192 Verlag Glückauf. 49 S. m. 24 Abb. Preis 4,50 *RM.*

**Feuer und Feuerwehr.** Bearb. von *Walter Tamm.* Berlin Charlottenburg 1929, Leo Alterthum. 53 S. m. Abb. Prei 1,50 *RM.*

**Atti del Primo Congresso del Motore a Scoppio.** Tenuta Padova Nei Giorni 16 e 17 Giugno 1927 per iniziativa del Comitato Nazonale per le Onoranze ad *Enrico Ber nardi.* (Akten des 1. Kongresses für Verbrennungs motreno in Padua vom 16. und 17. Juni 1927 veranstalte vom „Nationalen Komitee für die Ehrung von *Enric Bernardi*".) Padua 1929, Selbstverlag.

Sammlung Göschen, 405. Bd.: **Praktisches Zahlenrechnen** Von *P. Werkmeister.* 2. Aufl. 136 S. m. 60 Abb. Prei 1,50 *RM.* 572. Bd.: **Die Dampfmaschinen.** Von *Friedrich Barth.* 2. T.: Bau und Betrieb der Dampfmaschinen 4. Aufl. 160 S. m. 115 Abb. Preis 1,50 *RM.* 888. Bd. **Radiotechnik.** 1. T.: Allgemeine Einführung. Von *I. Herr mann.* 2. Aufl. 128 S. m. 104 Abb. u. 16 Taf. Prei 1,50 *RM.* 1011. Bd.: **Erddruck, Futter- und Stützmauern** Von *Felix Kann.* 120 S. m. 102 Abb. Preis 1,50 *RM* Berlin und Leipzig 1929, Walter de Gruyter & Co.

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T :*


| | Seite |
|---|---|
| Dauerversuche an Werkstoffen. Von *P. Ludwik* . . | 1801 |
| Gekapselte Wälzlager für Elektromotoren . . . . . | 1810 |
| Ein Lötverfahren zur Herstellung von Zylinderdeckeln aus Stahl für Dieselmotoren Von *F. Sass* . . . | 1811 |
| Ein Fortschritt des metrischen Maßsystems . . . . | 1814 |
| Untersuchungen am Bensonkessel. Von *E. Josse* . . | 1815 |
| Diesel-Eisenbahnfähre auf dem Bodensee . . . . . | 1819 |
| Die Flugzeuge des Schneider-Wettbewerbes; 11. internationaler Wettflug für Seeflugzeuge um die Schneider-Trophäe in England . . . . . | 1820 |
| Die Versuchsgrube Hibernia . . . . . | 1822 |
| Arbeiten der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt E. V. im Jahre 1928/29. Von *H. Faßbender* . . | 1823 |
| Rundschau: Gerät zum Messen des Bohrwiderstandes — Umkehr-Walzmotor für 32 400 kW Höchstleistung — Elektrische Omnibusse für Fahrdrahtbetrieb — Fortschritte der Luftfahrtforschung — Windsichtung des Getreides — Fragen aus keramischen Betrieben — Sondereinrichtungen im Physikalischen Institut der Technischen Hochschule München — Kleine Mitteilungen . . . . | 1826 |
| Bücherschau: Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. Von C. *Matschoß* — Grundbegriffe des Städtebaues. Von *K. A. Hoepfner* — Enzyklopädie der technischen Chemie. Von *F. Ullmann* — Wirkereilehre. Von *W. Schmitz* — Die Photographie in Wissenschaft und Praxis. Von *A. Hay* — Elektrische Bahnen. Von *O. Höring* — Träger technisch-wissenschaftlicher Arbeit in Deutschland. Von *E. Boeck* — Pumpen und Druckwasseranlagen. Von *R. Vogdt* — Anales del Primer Congreso de Irrigación y Colonización del Norte — The Transactions of the Fuel Conference. World Power Conference London 1928 — Eingänge . . . . . | 1834 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE
SCHRIFTLEITER: C. MATSCHOSS
Bd. 73 SONNABEND, 28. DEZEMBER 1929 Nr. 52

Die neuen Einziehkrane im Hafen II in Bremen beim Löschen von Baumwolle (auf einem Dampfer arbeiten bis zu neun Krane).

# Der Ausbau des Hafens II in Bremen

*Von Hafenbaudirektor HACKER, Bremen*

*Erweiterung des dem Stückgutumschlag dienenden Hafens um sechs Dampferplätze durch zwei Kajeschuppen für Durchgangslagerung (780 m lang, 66 m tief, 45 000 m² Grundfläche), 36 Einziehkrane (3 t Tragkraft, 6 bis 19 m Ausladung, 23 m Portalspannweite) und Gleis- und Straßenanlagen. Die Bedeutung des unmittelbaren Umschlags von Eisenbahn auf Schiff und ihre Rückwirkung auf die Eisenbahnausrüstung der Kaje sowie die Vorteile des Einziehkrans für den ein- und ausgehenden Umschlag werden erörtert; die Schuppen und Krane und die Nebenanlagen für die Stromversorgung und die Unterbringung der Belegschaft werden beschrieben.*

## Allgemeines; der Verkehr im Hafen II

Der Hafen II in Bremen-Stadt war bei Ausbruch des Krieges zu zwei Dritteln fertiggestellt; der Aus- u der restlichen Strecke am Nordufer wurde 1924/26 ngeleitet durch die Herstellung von 950 m Kajemauer, e Raum für sechs Schiffe von 8 bis 9 m Tiefgang bietet.

Im Herbst 1928 machte die Maschinenfabrik Augsrg-Nürnberg dem Bremer Staat das Anerbieten, innerlb eines Jahres zwei Kajeschuppen (Nr. 15 und 17), Einziehkrane und 16 Spills, Gleise und Straßen nach rem Entwurf als Generalunternehmerin auszuführen. urch Anpassung an die besonderen Erfordernisse des fens erhielt der Entwurf schließlich eine Form, die h von den früheren Vorschlägen der bremischen fenbauverwaltung nur noch in Punkten von unterordneter Bedeutung unterschied; u. a. wurden einige ßnahmen vorläufig zurückgestellt, die später leicht chgeholt werden können.

Bremen nahm das Angebot der MAN Ende Noember 1928 an. Die Herstellung von zwölf Kranen rer Bauart hat die MAN den Francke-Werken in emen überlassen. Einschließlich mehrerer Betriebsbäude, der Kanalisation, der Stromversorgung usw., die ht im Angebot der MAN enthalten waren, beläuft sich e Bausumme auf annähernd 8 Mill. *RM*.

Hafen II liegt im Zollausschlußgebiet und dient diglich dem Überseeverkehr, vergl. a. den Lageplan, Abb. 1. Im oberen, 700 m langen Teil ist er 100 m breit, die jetzt ausgebaute Reststrecke hat 130 m Breite, ihre Mauerkrone liegt um 1,10 m niedriger. Der Verkehr mit Stückgütern überwiegt weitaus; das Massengut, für das besondere Anlagen vorhanden sind, spielt eine untergeordnete Rolle; annähernd 90 vH des Seeverkehrsgutes befördert die Eisenbahn.

Das Einfuhrgut, vorzugsweise Rohstoffe, wie Baumwolle, Wolle, Jute, Hanf, Kaffee, Tabak usw., geht meist zunächst auf Durchgangslager in die Kajeschuppen; nur rd. 7 vH werden unmittelbar auf die Eisenbahn verladen.

Beim Ausfuhrgut überwiegt der unmittelbare Umschlag von der Eisenbahn auf das Schiff; stetig ansteigend, erreichte er 1928 dem Gewicht nach bereits 65 vH der über die Kaje gehenden Ausfuhr. Dieser Verkehr, bei dem der teuere Durchgang der Ware durch den Schuppen erspart wird, erfordert eine gute Eisenbahnausrüstung und eine zuverlässige, den wechselnden Erfordernissen des Ladegeschäfts leicht anzupassende Eisenbahnbedienung, weil die Arbeit des Stauers im Schiff stets einen größeren Vorrat von Wagen auf der Kaje erfordert, als der Umschlagleistung zwischen zwei Eisenbahnbedienungen entspricht. Daher hatten schon die älteren Teile des Hafens II drei Kajegleise erhalten. Bei den neuen Schuppen ist der Wagenbedarf noch größer, weil die neuzeitlichen Einziehkrane schneller umschlagen; die Zahl der Gleise ist daher auf vier vermehrt.

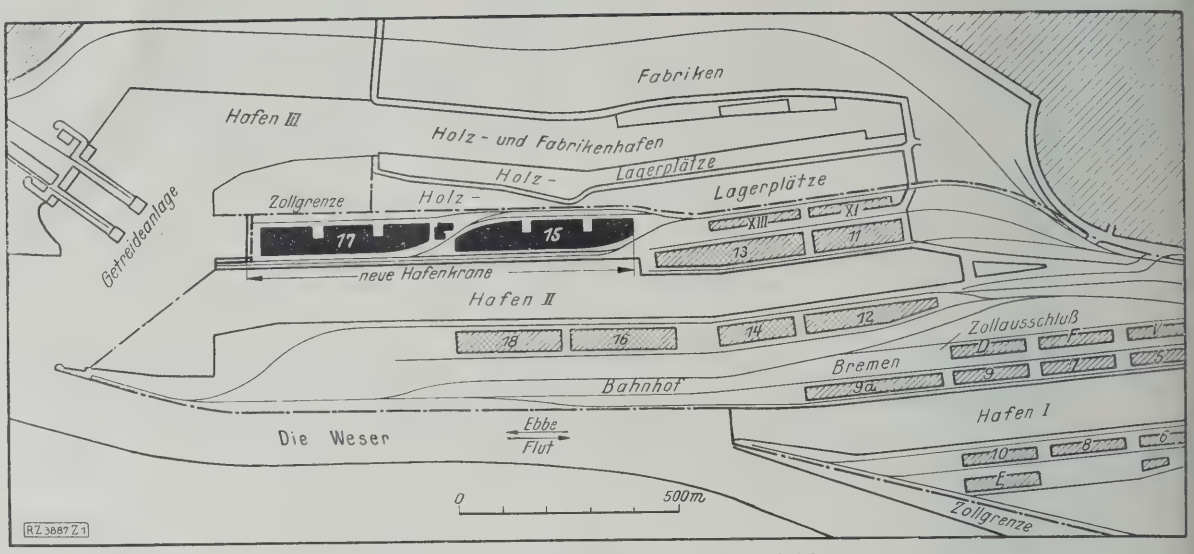



**Abb. 1.** Übersichtsplan der bremischen Häfen.
5 bis 18 Kajeschuppen *D, E, F, V, XI, XIII* Speicher

### Die Gleisanlagen

Kajestrecken über 500 m, also mehr als drei bis vier mittlere Dampferlängen, sind erfahrungsgemäß schwierig zu bedienen, namentlich, wenn sie in Kopfgleisen endigen. Die Kajestrecke ist daher in zwei Bedienungsabschnitte von je 475 m Länge unterteilt, jeder Schuppen hat seine eigene Gleisverbindung zu den Verschiebe- und Aufstellgruppen, die am oberen Ende des Hafens liegen und in räumlichem und betrieblichem Zusammenhang mit andern Gleisgruppen stehen; die Bedienung jedes Schuppens wird auf diese Weise zeitlich und örtlich unabhängig von der des andern. Ausführlicher auf diese Eigenart des Hafens einzugehen, erschien geboten, weil nur so die starke Betonung der Gleisanlagen erklärlich wird.

Die über Schuppen 17 hinausreichenden Kajegleise ermöglichen das Aussetzen nicht sofort gebrauchter oder entladener Wagen und vergrößern die Bewegungsfreiheit für Verschiebebewegungen innerhalb der eigentlichen Ladestrecke; außerdem ist dort noch die Möglichkeit offengehalten, durch Einbau einer Schiebebühne eine Verbindung zwischen den Gleisen vor und hinter dem Schuppen herzustellen. Die hinteren Schuppengleise dienen zur Abfuhr der in den Schuppen lagernden Güter.

Die Kajegleise stehen etwa alle 50 m über einfache und mehrfache Weichen miteinander in Verbindung; die Bedienung erfolgt vom zweiten wasserseitigen Gleis aus. Innerhalb der Ladestellen werden die Wagen mittels Spills von 1500 kg Zugkraft (mit Rückzugschalter und Bremse) und Leitrollen verschoben. Für die Gleise und Weichen zwischen der Längsstraße und dem Hafen ist ein von der Gutehoffnungshütte gewalztes hochstegiges Sonderprofil (180 mm × 180 mm) mit Spurstangen in 2 m Abstand verwendet; die Schienen liegen auf einer 70 cm breiten, 35 cm hohen Längsbettung aus Packlage und Steinschlag. Die übrigen Gleise bestehen aus Oberbau $8\frac{18H}{12}$. Die Gleise auf der Kaje werden im nächsten Jahr eingepflastert, sobald in der Gleislage ein Beharrungszustand eingetreten ist.

### Die Hochbauten

Die Schuppen, Abb. 2 und 3, sind 396 m (Nr. 15) und 384 m (Nr. 17) lang und durch einen Zwischenraum von 55 m Länge getrennt. Auf den geraden Strecken beträgt ihre Tiefe (wie bei den gegenüberliegenden Schuppen 16 und 18) 66 m; infolge der Abschrägung für das Verbindungsgleis geht sie bei Schuppen 15 unten auf 23 m, bei Schuppen 17 oben auf 52 m zurück; bei Schuppen 15 oben beträgt die Tiefe noch 57 m. Auf der Landseite springen je zwei gepflasterte, nicht überdachte Höfe von 27 m × 33 m Grundfläche ein; sie dienen, ebenso wie die Giebelseiten, dem Fuhrwerkverkehr. A züglich der Abschrägungen und der Höfe ergibt sich ei überbaute Fläche bei Schuppen 15 von 22 500 m², b Schuppen 17 von 23 200 m², insgesamt also rd. 45 700 m was ziemlich genau dem Flächeninhalt der drei größt älteren Schuppen entspricht.

Jeder Schuppen ist umsäumt von Ladebühne deren Breite auf der Wasserseite 5 m, auf der Rückse 2 m, an den Giebelseiten 1,5 m beträgt. Das Breitenm der Bühne auf der Wasserseite ist ausreichend für ein Längsverkehr mit Karren, Elektrokarren usw. und f gleichzeitige, in Streifen angeordnete Belegung auf d Gleisseite mit Eisenbahngütern, die dort vorübergehe abgestellt werden, bis sie der Kran ins Schiff absetz kann. Die Ladebühnen, alle 12 m durch Bewegungsfug unterteilt und mit Kantenschutzeisen eingefaßt, besteh aus einem starken Magerbetonkörper auf Sand; darüb folgt eine Fettschicht und eine 4 cm dicke Estrichschic mit Basaltsplitt. Die Außenwände sind mit Hartbran steinen verkleidet, die in den Beton einbinden. Auf d Innenseite greifen die Bühnen in die Schuppen hine und bilden dort das Auflager für den Schuppenfußbode

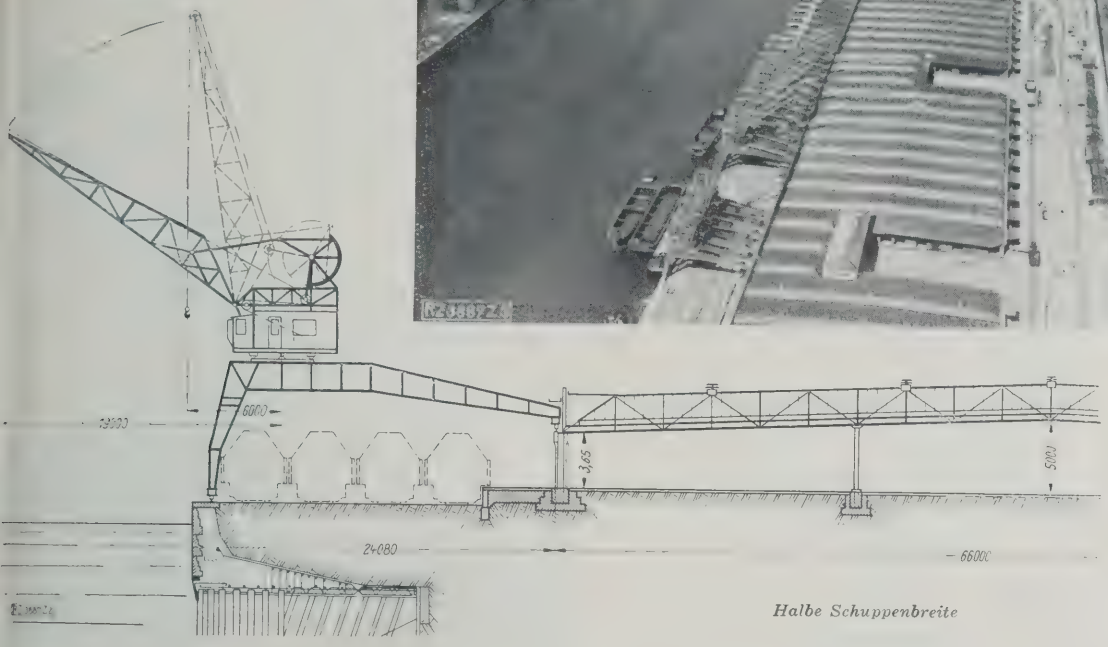
Die MAN hatte die Ausführung der Schuppen Eisen vorgeschlagen. Grundsätzliche Bedenken geg Eisen bestanden bei der Hafenbauverwaltung nicht; d die Unterhaltkosten bei Holz etwas geringer sind, f kaum ins Gewicht. Wenn trotzdem seit 30 Jahren an d Holzbauweise für die Schuppen festgehalten worden i so waren dafür in erster Linie bestimmend die Erfa rungen der Feuerwehr bei einem allerdings weit zurüc liegenden Brand eines eisernen Schuppens. Ein wese licher Vorzug des Eisenbaues ist jedenfalls, wie au dieser Bau erwiesen hat, die hohe damit zu erzielen Arbeitsgeschwindigkeit, besonders wertvoll im vorl genden Falle deswegen, weil das Baukapital nach kurz Baufrist bereits nutzbar wurde, als eben die gesteigert Herbstzufuhren aus Übersee einsetzten.

Die 2,5 m hohen Dachbinder liegen in Zwische räumen von 12,1 m und sind in Abständen von 20 m v den Langseiten zweimal unterstützt; auf jede fr stehende Stütze entfallen 445 m² Schuppenfläche. Jed dritte bis fünfte Binderfeld enthält als Aussteifung ein von Längswand zu Längswand durchgehenden Dac verband, der als Träger auf zwei Stützen wirkt. D Pfetten liegen im Untergurt der Binder; in der Fluc der Innenstützen haben sie besonders kräftige Abme sungen, jede zweite Pfette bildet hier mit ihren beid Stützen einen festen Rahmen, der die waagerecht Kräfte aufnimmt. Die übrigen Pfetten sind eingehäng Träger.

Die Dachhaut besteht aus Holzsparren über d Pfetten, liegt also nur wenig höher als die Binderunte kante; sie hat Rauhspundschalung von 2,5 cm Dick

Abb. 3
Schuppen 17 mit Kranbauplatz.

Abb. 2 (unten)
Schuppenquerschnitt mit Einziehkran.




*Halbe Schuppenbreite*

rüber zwei Lagen Teerpappe. Das Dach entwässert t einer Querneigung von 4 vH nach den Langseiten in zerne, mit Pappe ausgelegte Sammelrinnen, die über n Stützen angebracht sind. An jeder zweiten Stütze, o etwa alle 24 m, leiten Abfallrohre das Dachwasser n Kanalnetz und dem Hafen zu.

Die Binderstützen auf der Wasserseite tragen ichzeitig außen die hochliegende hintere Kranbahn, nen den Führungsträger für die Schiebetore. Die n Wasser zugekehrte Front ist vollständig offen; die m weiten Felder zwischen den Stützen werden durch niebetore aus gepreßtem und gekupfertem Stahlblech n je 3 m Breite verschlossen. Die Tore laufen in llenlagern und werden unten am Fußboden in eisernen ten geführt. Durch Verschieben der Tore lassen sich hrere nebeneinanderliegende Felder vollständig öffnen.

Die Windkräfte werden durch die feste Einspannung Außenstützen in die Betonfundamente aufgenommen; Innenstützen wirken in der Querrichtung als Pendelzen. Die Stützenfundamente sind auf 1,5 kg/cm² Tragigkeit des Untergrundes (aufgespülter Sand) behnet. Pfahlgründung ist ebensowenig wie bei den eren Kajeschuppen erforderlich geworden; die unvermeidlichen Setzungen des Bodens gehen erfahrungsmäß so gleichmäßig vor sich, daß im Mauerwerk kaum nals Risse auftreten. Auf der Rückseite und in den ebel- und Hofwänden sind die Stützenfelder austeift und ausgemauert; innen haben die Wände geißten Scheuerputz.

Die Kranbahn und ihre Stützen, Abb. 4, sind für t größten Raddruck bemessen; neben den zunächst ausführten 3 t-Kranen können daher auch schwerere bis 5 t Tragfähigkeit aufgesetzt werden. Von einer Verrkung der Kranbahn und ihrer Stützen im waagehten Sinn ist Abstand genommen.

Die freie Höhe zwischen Binderuntergurt und uppenfußboden beträgt an den Langseiten 3,65 m, in uppenmitte 5 m. Jeder Dachbinder trägt ein sattelmiges, seitlich auf den Pfetten ruhendes Drahtglasoberlicht in kittloser Ausführung; die belichtete Dachfläche macht 27 vH der Gesamtfläche aus, die Belichtung ist reichlich und gleichmäßig. Jedes Oberlicht trägt fünf Lüfteraufsätze, die sich bei Feuer im Schuppen selbsttätig schließen.

Die Schuppenwand an der Landseite hat in jedem Binderfeld, also alle 12 m, eine Toröffnung; in den Giebelwänden und in den Schuppenhöfen stehen die Tore enger. Als Verschluß dienen gepreßte Stahlblechtore von 2,5 m Höhe und 3 m Breite. Die Landseite hat Rampendächer nur über den Toröffnungen; sie entwässern rückwärts in die hintere Hauptsammelrinne. An den Giebelseiten läuft ein Rampendach waagerecht durch, an den Schuppenhöfen kragt die Dachhaut in Dachneigung 3 m über das Mauerwerk aus und wirkt so als Vordach; die über das Mauerwerk vorstehenden Pfetten ermöglichen später leicht eine Überdachung des ganzen Hofes.

Jeder Schuppen ist durch zwei Brandwände in drei annähernd gleiche Unterabteilungen zerlegt; jede Brandwand hat ein feuersicheres Schiebetor und zwei Falltore, die bei Feuer mittels Drahtzug von den Schuppenhöfen aus geschlossen werden können.

Die Kranbahn ist zwischen den äußersten Stützen — stromauf auf der Ladebühnenkante bei Schuppen 15, stromab auf dem Bollwerk des Binnenschiffhafens — 860 m lang. Der stark wechselnde Kranbedarf des einzelnen Schuppens erforderte die Möglichkeit des Ausgleiches durch Überbrückung der drei Verbindungsgleise zwischen den Schuppen; wegen der großen über 20 m betragenden Spannweiten und wegen der für das Lichtprofil der Eisenbahn freizuhaltenden Höhe mußte eine besondere Bauart, eine Art Trogbrückenquerschnitt mit sehr niedrigen Längs- und Querträgern und entsprechend breiten und kräftigen Gurtungen verwendet werden; Abb. 5. Unterhalb Schuppen 17 ist durch größeren Stützenabstand und genügende Lichthöhe auf den späteren Einbau der Schiebebühne Rücksicht genommen. Im übrigen hat die Kranbahn, soweit sie von den Schuppen freigeht, normale Bauart.

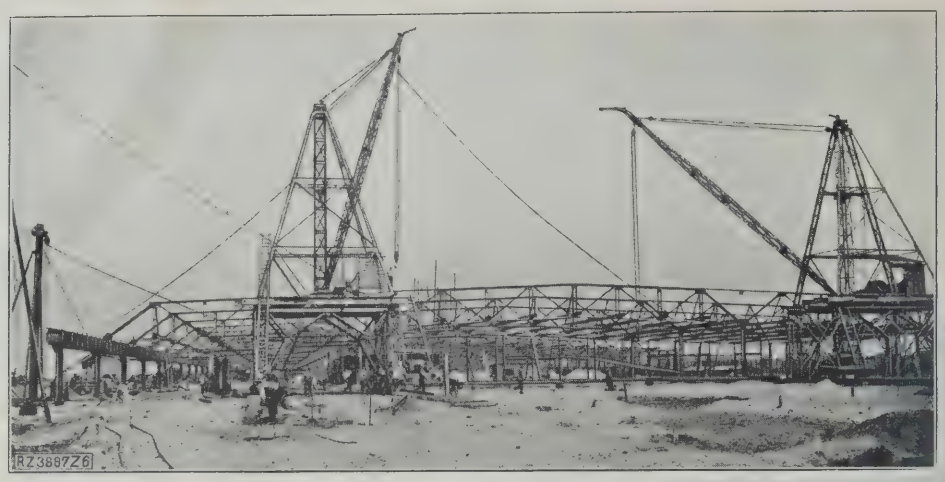
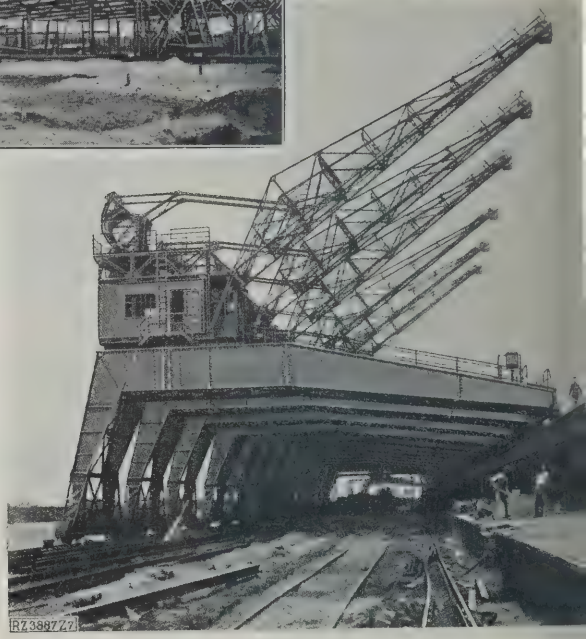


**Abb. 6**
Aufbau des Eisengerüstes mittels zweier Fahrgerüste mit Dreharm

**Abb 7** (unten)
Ausrüstung der zu sammengebauten Krane.



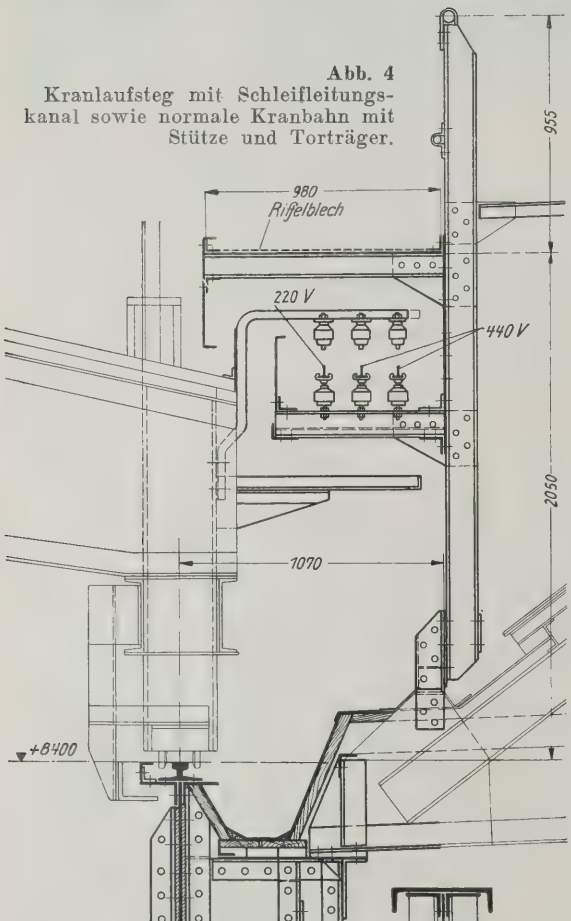



**Abb. 4**
Kranlaufsteg mit Schleifleitungskanal sowie normale Kranbahn mit Stütze und Torträger.

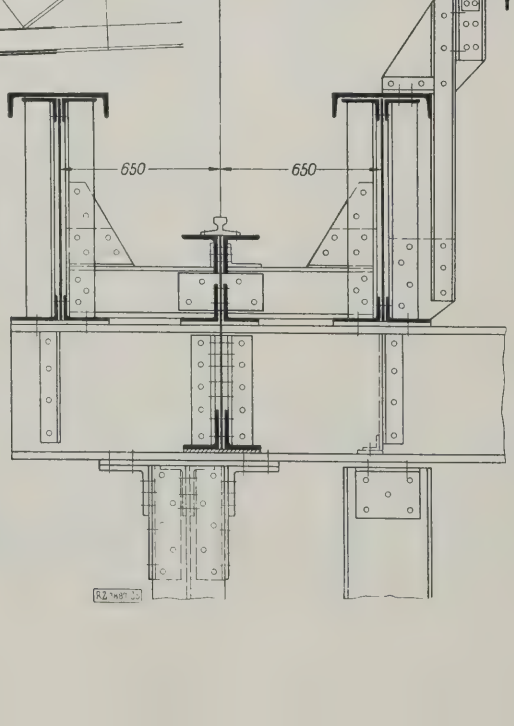



**Abb. 5**
Kranbahn mit Stütze zwischen den Schuppen.

Seitlich über der Kranbahn liegt der Schleifleitungsträger, ein dreiseitig geschlossener Kasten mit d Stromzuführungsschienen, Abb. 4. Seine mit Riffelble abgedeckte und mit Geländer versehene Oberseite die als Laufsteg für die Kranbedienung. Vor den Schupp ist der Träger auf die Schuppendachbinder, im übrig auf die freistehende Kranbahn abgestützt.

Der Schuppenfußboden besteht aus rd. 5 dickem Bohlenbelag auf kiefernen Lagerhölzern; er in reinem Sand verlegt. Die Karrbahnen — die stark fahrenen, 5 m breiten Streifen län der Umfassungen und quer da zwischen den landseitigen Tor und der Wasserfront — sind Buchenholz, die überwiegend d Lagerung dienenden Zwische flächen mit Kiefernholz ausgele

Nach Bauart, Grundfläche u Belichtung sind die neuen Schu pen auf den Baumwollverkehr geschnitten. An Stelle der sor üblichen Ausrüstung der Schupp mit Sprinklern ist in der Läng straße noch eine besondere Hoc druckleitung (10 at, 250 mm Dm verlegt, die den verstärkten Feue angriff von der Straße her geg die Schuppen und die dahinte liegenden Holzlager ermöglicht; sie kann in den Schuppen, der Dachverbände entsprechend beme sen sind, die Sprinkleranlage spä angeschlossen werden. Eine gro Anzahl von Strahlrohren ermöglic in den Schuppen selbst die wir same Bekämpfung von Bränden.

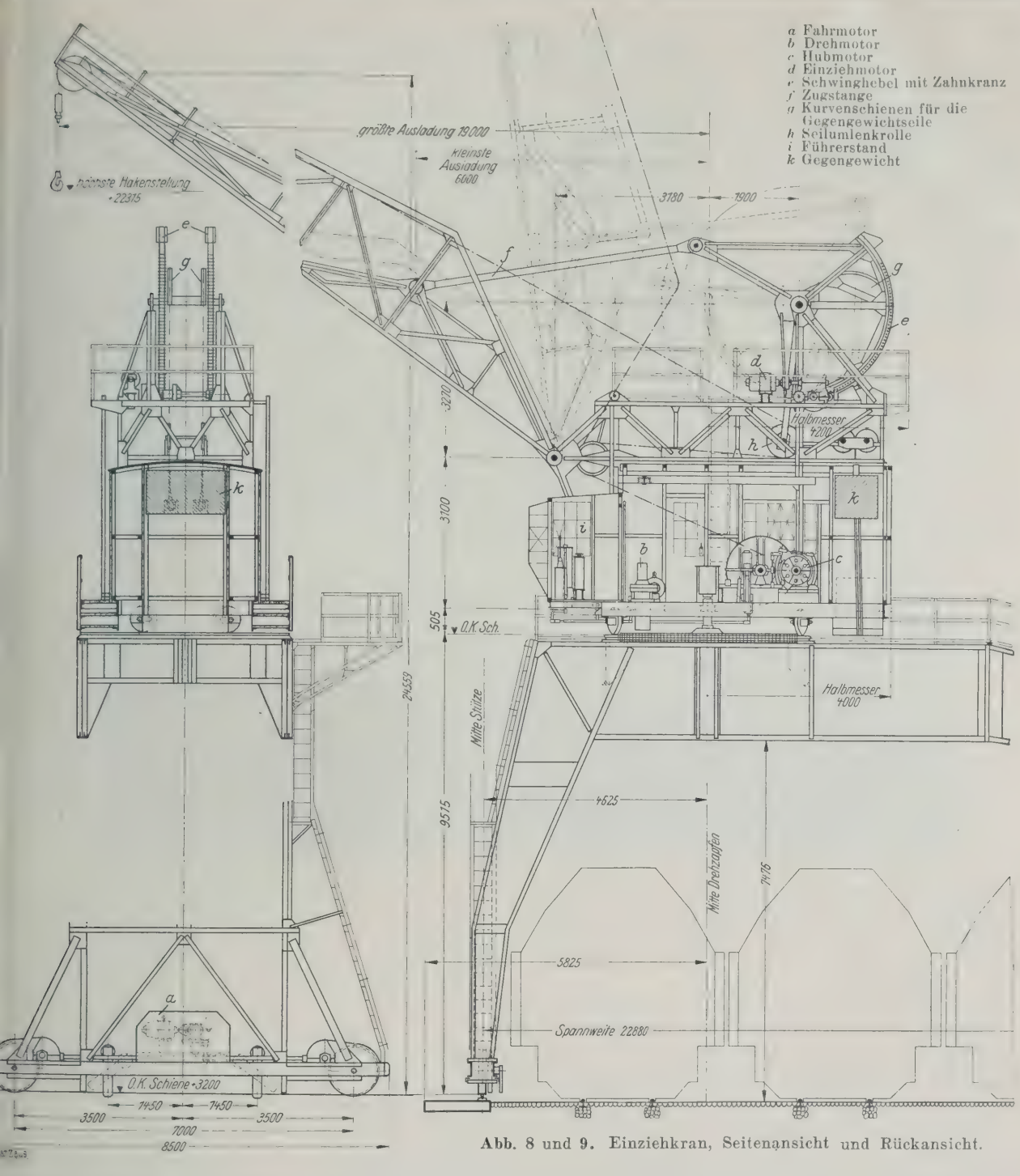



**Abb. 8 und 9.** Einziehkran, Seitenansicht und Rückansicht.

Das Eisengerüst der Schuppen wurde, beginnend am iteren Ende des Schuppens 17, im Laufe von drei Mo-aten fertig aufgestellt, wobei zwei Fahrgerüste mit eit ausladenden Dreharmen verwendet wurden, Abb. 6.

### Die Einziehkrane

Die Vorteile des Einziehkranes für die Steigerung r Umschlagleistung im Stückgutverkehr und der tätige nteil Bremens an seiner Weiterentwicklung sind be-annt[1]). Für einen wirtschaftlichen Umschlagbetrieb auf ner viergleisigen Kaje mit breiter Ladebühne, wie sie r Verkehr an den neuen Schuppen erfordert, sind Krane mit unter Last veränderlicher Ausladung geradezu Voraussetzung; ein fester Ausleger wäre wegen der Behinderung durch die Schiffsaufbauten und die Nachbarkrane nur beschränkt verwendungsfähig. Beim Löschen, wo meist große Mengen gleichartigen Gutes zu heben sind, werden die Einziehkrane paarweise auf eine Schiffsluke angesetzt. Beim Laden arbeitet auf jede Luke in der Regel nur ein Kran; die Stärke des Einziehkrans liegt hier darin, daß er ohne Änderung seiner Stellung zum Schiff eine größere Anzahl Eisenbahnwagen — bei der viergleisigen Kaje bis zu 16, — bestreicht; der Zeitverlust durch das Umstellen von Wagen, um die vom Stauungsplan geforderte Ladung unter den Kran zu bringen, wird dadurch stark vermindert.

Die 36 Einziehkrane, s. Titelbild, haben 3 t Tragfähigkeit und 33 m Hubhöhe; die Ausladung wechselt zwischen 6 und 19 m, gerechnet von Drehachse bis Lastseil; bei größter Ausladung liegt die Lastrolle 24,5 m,

[1]) 1922 bestellt zwei Stück, waagerechter Lastweg noch nicht ver-ngt; 1924 bestellt fünf „Probekrane", waagerechter Lastweg erstmals rgeschrieben; 1927 bestellt fünf Stück; 1928 zwei ältere Krane ver-chsweise zu Einziehkranen umgebaut. Dazu für die Häfen in Bremer-ven bestellt 1927 sieben Stück. In diesem Zusammenhang darf auf e Herren Oberbaudir. *Tillmann* und Oberbaurat *Overbe k* verwiesen rden, die sich seit etwa 10 Jahren mit dem Problem der Einzieh-ane befassen; vergl. a. Z. Bd. 70 (1926) S. 73.

Abb. 10
Zusammenbau der Kranportale in fließender Fertigung.

Die von der Stadtseite (im Bilde hinten) mit der Eisenbahn ankommenden Portalteile werden seitlich auf Rollwagen geladen und in mehreren Arbeitsvorgängen von bestimmten Arbeitergruppen zusammengebaut. Die Rollwagen werden dabei nach vorn vorgeschoben. Dasselbe geschieht mit den Teilen des Kranhauses und des Wippauslegers, jedoch von der andern Seite her (vor der Bildfläche). Beim Zusammentreffen in der Mitte wird das Portal mittels Schwimmkranes gewendet und aufgerichtet, die Oberteile werden aufgesetzt, und der zusammengebaute Kran wird zur Ausrüstung mit den übrigen Zubehörteilen zur Seite gefahren.

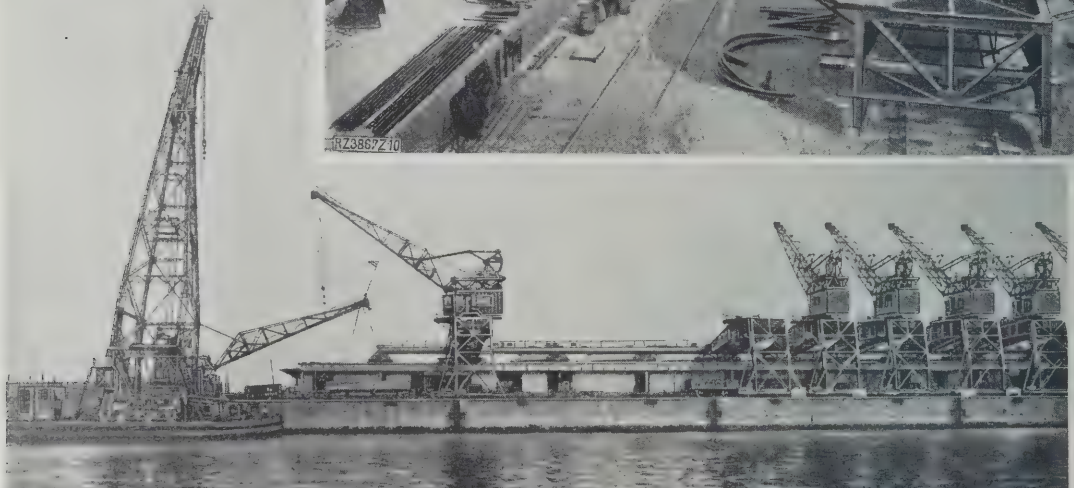


Abb. 11
Aufsetzen letzten Kra oberteiles mit Schwin kran und Einziehkra

bei kleinster Ausladung 32,5 m über S.-O.; der Lasthaken liegt in der tiefsten Stellung bei jeder Ausladung 14 m unter S.-O.. Mit der größten Ausladung von 19 m reicht das Lastseil auch bei breiten Schiffen noch bis nahe an den äußeren Lukenrand.

Das 22,85 m überspannende Halbportal, Abb. 7, besteht aus Blechträgern mit kräftigen Querverbänden; durch Schrägführung der hinteren Trägerhälfte ist die den Laufkranz tragende Plattform so überhöht, daß der Führerstand eine gute Übersicht über die Arbeitstelle gibt. Die Vorderstützen liegen weit hinter der Kajekante zurück und sind oben einwärts gezogen; vor Beschädigungen durch schrägliegende Schiffe sind sie daher gut geschützt. Die Krane lassen sich bis auf 8,5 m Drehachsenabstand zusammenschieben; die oberen Laufräder haben breite Laufflächen, größere waagerechte Kräfte werden daher auf die hochliegende Kranbahn nicht übertragen.

Die Vorderstütze enthält den Fahrwerkantrieb, s. Abb. 8 und 9; der Fahrmotor (10 PS bei 25 vH Einschaltdauer (ED) und 900 U/min) arbeitet mittels elastischer Kupplung über ein in Öl laufendes gekapseltes und zwei einfache Stirnradvorgelege auf die vorderen Laufräder; eine selbsttätige Backenbremse mit Bremsmagnet hemmt die Fahrbewegung und hält das Portal gegen leichten Wind fest; bei starkem Wind wird es durch Schienenzangen gesichert.

Der Laufkranz des Portals trägt die auf vier Stahlgußrollen ruhende Plattform des Drehkranes aus Flußstahl; auf ihr steht das Führerhaus mit dem Hub- und Drehwerk, der elektrischen Ausrüstung und dem Gegengewicht; die Plattform ist durch einen kräftigen hohlen Mittelzapfen geführt, der die Stromzuleitungen enthält.

Der Hubmotor (28 PS bei 40 vH ED u 430 U/min) treibt die mit geschnittenen Rillen versehe Hubtrommel mittels elastischer Kupplung und gekapselt Stirnradvorgelegen; eine selbsttätige Backenbremse Bremslüftmagnet hält die Last in jeder Lage, auch Ausbleiben von Strom, fest. Der Drehmotor (6,5 bei 40 vH ED und 700 U/min) betätigt mittels elastisch Rutschkupplung und Schneckengetriebes ein Ritzel senkrechter Welle, das in den Bolzenzahnkranz Portal eingreift. Eine Backenbremse mit Fußbedienu hemmt die Drehbewegung und sichert den Ausleg gegen Verdrehung durch Wind.

Der Ausleger ruht in einem Stützgerüst vorne, d Einziehwerk in einem Aufbau hinten über dem Führe haus. Der Ausleger wird durch einen Schwinghebel b wegt; an dem einen Arm des Hebels greift die zum Ausleg führende Zugstange an, auf den andern Arm, der dur ein Triebstock-Zahnsegment gebildet wird, wirkt d Einziehmotor (7,5 PS bei 25 vH ED und 800 U/mi mittels elastischer Kupplung, Schneckengetriebe u Ritzel. Eine Backenbremse mit Bremsmagnet hält d Ausleger in jeder Stellung fest, selbsttätige Endau schalter begrenzen die beiden Endstellungen.

Ein dritter Hebelarm, der mit den beiden ande fest verbunden ist und auf der gleichen Achse sitzt, trä drei Umlenkrollen für das Lastseil und die zwei Greife seile; durch diesen Arm wird bei jeder Auslegerbew gung so viel Seillänge eingeholt oder nachgelassen, d der Lastweg während der Einziehbewegung nahe waagerecht ist.

Das Auslegergewicht ist durch das an zwei Seil hängende Gegengewicht ausgeglichen; die Seile lauf über zwei in den Schwinghebel fest eingebaute Kurve

ienen von solcher Krümmung, daß die statischen Mo-
nte von Ausleger und Gegengewicht jederzeit gleich
d; bei der Bewegung des Auslegers sind daher nur
ibung, Wind und Beschleunigungskräfte zu über-
nden. Ein Zeiger im Führerhaus gibt die Ausladung
s Auslegers an.

Durch Leitern sind die Krane an den Vorderstützen
mittelbar, von den Schuppen her über den Kranlauf-
eg zugänglich.

Wie in der Werkstatt, wurde auch beim Zusammen-
u der Krane auf der Baustelle im Fließverfahren ge-
beitet[2]), Abb. 3, 10 und 11. Portale und Oberteile wurden
etrennt zusammengebaut; auf dem laufenden Band —
rgestellt durch je vier Plattformwagen — durchliefen
e in 12 bis 14 Tagen vier verschiedene Arbeitstufen
ch der Mitte hin, wo sie mit Hilfe von Schwimmkran
MAN) und Masten (Francke-Werke) aufgesetzt wur-
en. Die fertigen Krane — durchschnittlich alle drei bis
ier Tage ein Stück — wurden seitlich verschoben und
rhielten dort die restliche Ausrüstung.

Für ein volles Kranspiel (Heben der Last aus dem
chiff um 15 m, Einziehen von 19 auf 6 m, Drehen um
45°, Absetzen der Last und leer die gleiche Bewegung
ückwärts) war ein Höchststromverbrauch gewährleistet
on 224 Wh bei 1 t Last, 321 Wh bei 2 t Last, 395 Wh bei
t Last. Bei den Abnahmeversuchen wurden diese Werte
urchweg, z. T. erheblich, unterschritten; wenn die Krane
ingefahren sind, wird ein noch günstigeres Ergebnis zu
rwarten sein. Die verlangten Mindestgeschwindigkeiten
ei 1 t Belastung (für Hub 1,25 m/s, für Drehen 2,85 m/s
ei größter Ausladung, für Einziehen 1 m/s) wurden sämt-
ich überschritten. Die günstigen Ergebnisse sind mit
uf die weitgehende Verwendung von Rollen- und
Kugellagern zurückzuführen.

Ein halbes Kranspiel unter Last (von der Schiffs-
uke bis zur Ladebühne) erforderte bei den Abnahme-
ersuchen i. M. 60 s, wobei die einzelnen Bewegungen
nintereinander ausgeführt wurden. Ein eingearbeiteter
Kranführer, der die Bewegungen ineinanderschaltet, wird
wenig mehr als die halbe Zeit brauchen.

### Die Nebenanlagen

Der bei den bestehenden Anlagen verwendete Gleich-
strom (440 V) wurde auch für die Neuanlage beibehalten,
weil ein Wechsel in der Stromart den Austausch des Be-
dienungspersonals und den Werkstättenbetrieb er-
schwert und eine vergrößerte Lagerhaltung er-
fordert hätte. Es wurde zwischen den neuen Schup-
pen eine eigene Transformatorenanlage mit
Gleichrichtern (3 × 200 A) errichtet; sie arbeitet
mit dem 1200 m entfernten, die älteren Hafenteile ver-
sorgenden Umformerwerk und mit seinen Batterien
parallel und wird von dort aus gesteuert. Der an den
Schuppen entlangführenden Schleifleitung — Eisenschie-
nen mit aufgewalztem Kupferkopf — wird der Betrieb-
strom an drei Speisepunkten zugeführt; dort nehmen ihn
die Krane mittels aufliegender Gleitschuhe ab, vergl. auch
Abb. 4.

Die Innenbeleuchtung der Schuppen erfordert je
15 000 W bei 150 Brennstellen, die Außenbeleuchtung
2400 W bei 40 Brennstellen. Die Krane erhellen mit je einer
Leuchte ihre Arbeitstelle und die Auslegerspitze; drei
Lampen an jedem Portal dienen für die Beleuchtung der
Gleise.

Außer den Räumen der Zollabfertigung hat jeder
Schuppen neben dem oberen Hof einen zweigeschossigen
Einbau von 300 m² Grundfläche; der Keller enthält Fahr-
radräume, das Erdgeschoß die Bureaus der Schuppen-
betriebsverwaltung, das Obergeschoß den Aufenthalts-
raum für etwa 250 Mann ständiges Personal der den Kaje-
betrieb führenden Bremer Lagerhaus-Gesellschaft. Eine
weitere, zwischen den Schuppen liegende und 300 Mann
fassende Anlage mit Wirtschaftsbetrieb und Brausebad
dient zur allgemeinen Benutzung durch die Hafenarbeiter.
Die Schuppeneinbauten haben Gasheizung, die Anlage
zwischen den Schuppen Niederdruck-Dampfheizung.

Längs der in Granitpflaster ausgeführten, 7,5 m
breiten Längsstraße sind in größerer Zahl öffentliche
Fahrradstände aufgestellt; der freie Platz oberhalb
Schuppen 15 dient u. a. auch als Parkplatz für Kraft-
wagen.

*

Obwohl infolge des strengen Winters der erste
Spatenstich am Bau erst Anfang April 1929 getan wer-
den konnte, war die umfangreiche Anlage dank der
guten Vorbereitung in der Werkstatt und auf der Bau-
stelle schon Ende Oktober — 1½ Monate vor Ablauf der
letzten Lieferfristen — vollständig betriebsfertig; von
Mitte Oktober ab wurden bereits große Baumwoll- und
Wollankünfte gelöscht. Die dabei erzielten Umschlag-
leistungen und die sonstigen Erfahrungen in der kurzen
seither verflossenen Betriebzeit haben nach jeder Rich-
tung hin die Zweckmäßigkeit der Bauart und der Aus-
rüstung der neuen Anlage dargetan. [B 3887]

[2]) Vergl. a. VDI-Nachrichten Nr. 34 vom 21. August 1929.

## Vorspannungen in Zylinderdeckeln

### Zuschrift an die Schriftleitung

Die obige Abhandlung von *N. Baashuus* in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 31 S. 1101 behandelt — wenn man die Bezeich-
nungen des Verfassers benutzt — die Spannungserhöhung, die eintritt, wenn an einer Schraubenverbindung zu der anfänglich vorhandenen Vorspannkraft $V_0$ eine zusätzliche Betriebskraft $Q$ tritt, oder die Vorspannkraft $V_0$, die erforderlich ist, wenn nach Hinzutritt der Betriebskraft $Q$ noch ein gewisser Widerlagdruck $V$ in der Fuge vorhanden sein soll.

Die erste Darlegung über diese Verhältnisse ist in dem Buch „Maschinen-Elemente" von *C. Bach*, 3. Aufl. 1894, erschienen. Die dort entnommene Abb. 1 zeigt den Anker $A$ einer Fundamentplatte $F$, der mit der Vorspannkraft $V_0$ angezogen ist und durch die nach oben wirkende Kraft $Q$ zusätzlich gedehnt wird; dadurch wird der Fundamentklotz entlastet, so daß die resultierende Kraft $P$ kleiner ist als $V_0 + Q$, aber größer als $V_0$.

Die genaue Berechnung von $P$ ist bei Kenntnis der elastischen Eigenschaften der verbundenen Teile möglich und a. a. O. vorgenommen. Für diesen Fall treffen die Gleichungen von *Baashuus* zu; sie stimmen mit den von *C. Bach* angegebenen überein. Dagegen treffen sie nicht zu für den Fall der Flanschenverbindung, den *Baashuus* seinen Ausführungen zu Grunde legt. Hier liegen die

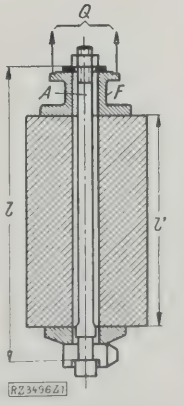



**Abb. 1** Anker $A$ einer Fundamentplatte $F$, der mit der Vorspannkraft $V_0$ angezogen ist und durch die nach oben wirkende Kraft $Q$ zusätzlich gedehnt wird.

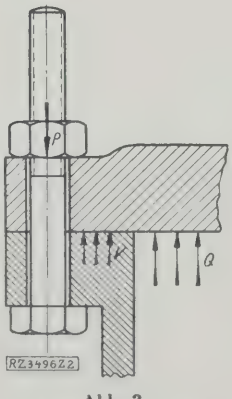



**Abb. 2** Kraftangriff entsprechend Abb. 1 bei einer Flanschenverbindung.

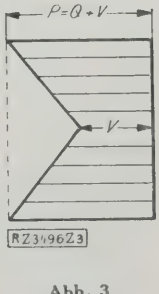



**Abb. 3** Geradliniger Übergang von der innen wirkenden Fugenkraft $V$ zu dem auf der Außenseite von der Mutter ausgeübten Druck $V + Q$.

Verhältnisse insofern anders, als die hinzutretende Betriebskraft $Q$ nicht, wie in Abb. 1, unmittelbar an der Schraube angreift, sondern durch Vermittlung der Rohrwand oder des Flansches, s. Abb. 2.

Die hinzutretende Kraft $Q$ wird also durch den Flansch hindurchgeleitet, der vorher mit der Kraft $V_0$ zusammengedrückt wurde. Dabei tritt $Q$ an die Stelle eines Teils von $V_0$, so daß die Spannungserhöhung kleiner wird als bei Abb. 1. Rechnerisch kommt dies dadurch zum Ausdruck, daß der Flansch auf der Innenseite mit der Fugenkraft $V$ anliegt, auf der Außenseite von der Mutter mit der Kraft $V+Q$ gedrückt wird. Wird der Übergang von $V$ auf $V+Q$ geradlinig angenommen, Abb. 3, so treten an die Stelle von Gl. (1) und (2) von *Baashuus* folgende:

$$V \approx V_0 - \frac{n+\frac{m}{2}}{m+n} Q \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1)$$

$$P \approx V_0 + \frac{\frac{m}{2}}{m+n} Q \quad \ldots\ldots\ldots \quad (2).$$

Diese Annahme (des geradlinigen Überganges von $V$ auf $V+Q$), die zwecks einer einfachen Berechnung der Zusammendrückung des Flansches gemacht wird, ist willkürlich, aber dadurch gerechtfertigt, daß für eine genaue Ermittlung der Formänderung heute die wissenschaftlichen Grundlagen noch nicht genügen, vielmehr erst in der Entwicklung begriffen sind[1]).

Dieser Irrtum findet sich selbst in neuesten Veröffentlichungen über diesen Gegenstand vor, obgleich schon *Camerer*[2]) die Verhältnisse bei Flanschenverbindungen ausreichend klargestellt hat, für den Fall, daß nur die Druckelastizität des Flansches und die Zugelastizität der Schrauben in Betracht kommen. In Wirklichkeit tritt allerdings meist noch die Biegungselastizität des Flansches und des Deckels und der Rohrwand hinzu, die *Baashuus* nur deshalb vernachlässigen konnte, weil er Flansch und Deckel außergewöhnlich stark angenommen hat. Diese beiden Einflüsse bewirken, daß zur Erzielung eines bestimmten Fugendrucks $V$ eine größere Vorspannkraft aufzuwenden ist, als *Baashuus* errechnet, oder daß man aus einer mit dem „kraftanzeigenden Schraubenschlüssel" ermittelten Anzugskraft $V_0$ auf einen geringeren Fugendruck zu schließen hat.

*Camerer* hat auch den von *Baashuus* überhaupt nicht behandelten Fall einer sehr elastischen Weichdichtung (Leder, Kautschukgewebe) richtig und erschöpfend untersucht.

Chemnitz *Julius Bach*

### Erwiderung

In Abb. 3 zeigt *Bach* die schon von *Camerer* angegebene Druckverteilung in Flansch und Deckel; diese Ansicht kann ich jedoch nicht teilen. Denn von dem von der Schraube ausgeübten Druck $Q+V$ findet nur der Teil $V$ in der Fuge seinen Gegendruck. Folglich kommt für die Druckelastizität nur der Fugendruck $V$ in Betracht, während $Q$ auf Biegung wirkt.

Die Unhaltbarkeit der Ansicht von *Camerer-Bach* tritt bei folgender Überlegung erst recht zutage. Angenommen, $Q$ wachse, bis sich der Deckel vom Flansch abhebt, dann werden $V=0$ und $P=Q$. Von Zusammendrücken von Flansch und Deckel ist dann offenbar — von der sekundären, durch die Biegungskraft hervorgerufenen Druckdeformation abgesehen — nicht mehr die Rede, wohl aber von einer Biegung durch $Q$. Nach der *Camerer-Bachschen* Auffassung dagegen würden Flansch und Deckel immer noch mit einer Kraft $\frac{Q+0}{2}=\frac{Q}{2}$ zusammengedrückt werden, was nicht der Fall sein kann.

Mein Ziel war, auf die grundlegende, aber kaum allgemein erkannte Bedeutung der Anzugskraft hinzuweisen. Ich habe auch ausdrücklich hervorgehoben, daß Verbiegungen, Vergrößerung des Zylinderdurchmessers u. dergl. nicht einbezogen wurden. Es lag mir somit fern, diese Erscheinungen durch Annahme großer Dicken von Flansch und Deckel zu vernachlässigen. Solche Erscheinungen müssen die Ergebnisse meiner Formeln etwas beeinflussen, in welchem Sinn und Grad aber müßte erst rechnerisch nachgewiesen werden.

Den Fall sehr elastischer Weichdichtungen habe ich in der Schweizerischen Technischen Zeitschrift Bd. 25 (1928) S. 153 behandelt.

[1]) Vergl. *Wyss*, Die Kraftfelder in festen elastischen Körpern; Berlin 1926. *Seewald*, Die Spannungen und Formänderungen von Balken mit rechteckigem Querschnitt. Heft 7 der Abhandlungen aus dem Aerodynamischen Institut an der Techn. Hochschule Aachen; Berlin 1927.

[2]) Z. Bd. 44 (1900) S. 1063.

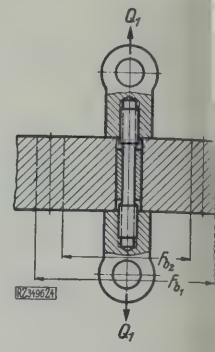



**Abb. 4.** Dehnungsversuch an einer vorgespannten Schraube.

Vielleicht läßt sich durch folgende Überlegung etw Licht auf das Verhältnis zwischen den wichtigen, au allgemein interessierenden Größen

$$n = \frac{\text{gedrückter Querschnitt}}{\text{gedehnter Querschnitt}} = \frac{F_b}{F_a} \quad \text{und} \quad m = \frac{a_b}{a_a}$$

werfen: Die Belastung, bei der die gegenseitige rührung der durch eine vorgespannte Schraube verbun nen Teile aufhört, ist

$$Q_1 = \frac{m+n}{n} V_0,$$

worin $V_0$ immer meßbar ist. Kann man $Q_1$ durch ein Dehnungsversuch messen, so kann man für

$$\frac{n}{m} = \frac{V_0}{Q_1 - V_0}$$

Zahlenwerte finden. Da dieses Verhältnis in den auf stellten Beziehungen zwischen den maßgebenden Kräft vorkommt, was durch Division von Zähler und Nenner d Brüche durch $m$ ersichtlich wird, so kann man offenb durch geeignete Dehnungsversuche Werte von $n/m$, praktisch verwertet werden können, finden.

Durch dieses Vorgehen erspart man, die gedrückt Querschnitte zu bestimmen oder zu schätzen. Auch wi dadurch der Mangel der Annahme, daß bei einem gedrü ten Körper, dessen Querschnitt größer als die Angrif fläche der Kraft ist, die Dehnungszahl $a_b$ dieselbe ist w diejenige, die für gleiche Größe von Angriffsfläche und g drücktem Querschnitt gilt, beseitigt.

Dehnungsversuche an vorgespannten Schrauben eröffn aber auch ein weiteres Feld. Wird nämlich ein elas scher Körper mittels einer Schraube mit der Kraft zusammengepreßt und nachher durch eine an der Schrau angebrachte Kraft $Q_1$ wieder entlastet, s. Abb. 4, so genü es nach dem Vorstehenden, diese beiden Kräfte zu messe um

$$\frac{n}{m} = \frac{a_a}{F_a}\frac{F_b}{a_b} = k\frac{F_b}{a_b},$$

worin $k$ immer bekannt und unzweideutig ist, zahlenmäß festzustellen.

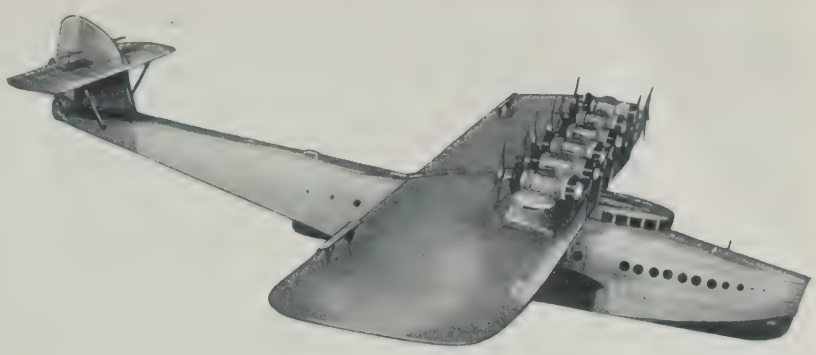
Nimmt man nun $Q_1$ weg, so zieht sich die Schrau zusammen, bis sich in ihr $V_0$ wieder einstellt. In diese Zustand werde nun vom Körper ein Stück weggeschnitte so daß er einen Zylinder vom Durchmesser $F_{b_1}$ bild darauf werde die Schraube abermals gedehnt. Wird da der Körper bei demselben Wert von $Q_1$ wie vorhin e lastet, so hat das Wegschneiden an den durch $V_0$ hervo gebrachten Spannungen nichts geändert. Nun wird $Q_1$ e neut entfernt, der Körper auf einen noch kleineren Durc messer $F_{b_2}$ abgedreht und der Versuch wiederholt, u man fährt in dieser Weise so lange fort, bis sich $Q_1$, al auch $F_b/a_b$ ändert. Dann hat die letzte Verkleinerung d Durchmessers in die Zone der durch $V_0$ hervorgebracht Formänderungen hineingeschnitten. Damit wäre in de Sinne meiner Ableitungen $F_b$ festgelegt, womit sich auch ergibt.

Wäre aber die Dehnungszahl $a_b$ (nämlich die De nungszahl eines Körpers, dessen Querschnitt größer a die Fläche des Kraftangriffes ist) anderweitig festgele so würde der Anfangsversuch genügen, um $F_b$ zu bestim men. Versuche dieser Art mit Sand und Erde als g drückten Körpern dürften ebenfalls wichtige Ergebnis zeitigen.

Obwohl das hier vorgeschlagene Verfahren so aufgeba ist, als ob nur Druckspannungen im Körper auftreten wü den, dürften seine Ergebnisse wissenschaftlichen Au einandersetzungen auf diesem Gebiet doch als eine Stüt dienen können.

Oslo [D 3496] *N. Baashuus.*

# Das Dornier-Flugschiff Do X



*Wirtschaftliche Gründe haben den Bau dieses deutschen Großflugzeuges veranlaßt. Dornier hat nur technisch Erprobtes beim Bau seines Flugschiffes Do X verwendet, um das gestellte Ziel zu erreichen: bei höchster Sicherheit große Lasten über lange Strecken zu befördern.*

Rein wirtschaftliche Erwägungen waren es, die den Flugzeugkonstrukteur *Dornier* veranlaßten, das Flugschiff Do X zu schaffen. Dabei war die Aufgabe zu lösen, bei höchster Sicherheit große Lasten über lange Strecken mit geringstem Aufwand an Betrieb- und Baustoffen wirtschaftlich und zuverlässig zu befördern. Sollen viele Personen, etwa 100 Fluggäste, behaglich und bequem weite Entfernungen ohne Unterbrechung zurücklegen oder größere Nutzlasten, etwa 6 bis 12 t, je nach der Flugstrecke befördert werden, so ist ein solches großes Flugzeug erforderlich.

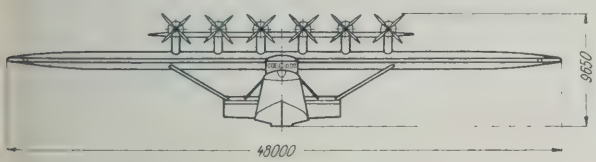
Im Jahre 1921 baute *Dornier* das Baumuster Libelle, in den folgenden Jahren sodann die Baumuster Wal und Superwal. Die planmäßige Weiterentwicklung führte zu dem Flugschiff Do X, Abb. 1 bis 3, für das die ersten Pläne im Jahre 1924 aufgestellt worden waren. Im Dezember 1927 begann man in den Werkstätten der A.-G. für Dornier-Flugzeuge, Altenrhein, mit dem Bau; am 12. Juli 1929 wurde das Flugschiff auf den Bodensee gebracht und führte seinen ersten Flug aus.

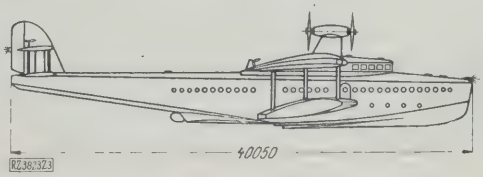
Motoren. Das Flugschiff ist[1]) mit 12 neunzylindrigen luftgekühlten Bristol-Jupiter-Motoren ausgerüstet, die von Siemens & Halske A.-G. als Lizenznehmer hergestellt wurden. Die Gesamtleistung der Motoren beträgt 6300 PS. In sechs auf der Tragfläche aufgebauten Gerüsten sitzen je zwei Motoren hintereinander. Sie arbeiten über Zahnradgetriebe mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 2 auf je eine Luftschraube. Die Gerüste sind untereinander durch eine kleine Tragfläche verbunden.

Diese Anordnung der Motoren wurde gewählt, da z. Z. Motoren von 1000 PS Leistung mit 18 Zylindern noch nicht als so betriebsicher anzusehen sind wie 500 PS-Motoren mit 9 Zylindern; beim Doppelmotor ist auch nur mit dem Ausfall der halben Leistung zu rechnen. Ferner ist der Widerstand einer mit zwei Motoren ausgerüsteten Gondel einschließlich der Abstützung nicht größer als der einer Gondel für einen großen Motor. Auch die Luftschraubendurchmesser sind bei der Zweimotorenanordnung kleiner und damit auch die Umfangsgeschwindigkeiten. Die luftgekühlten Motoren erhielten vor den wassergekühlten Motoren den Vorzug, weil man trotz höherem Brennstoffverbrauch 3000 kg Gewicht einsparte. Daß die Gesamtanordnung der Motoren die Flugeigenschaften nicht wesentlich vermindert, zeigt der Vergleich der Polaren des Flugschiffes, Abb. 4.

Die seitlichen Stummel am Bootskörper mußten beibehalten werden, wurden aber an der Stelle, wo sie die Bootswand senkrecht zur Flugrichtung durchdringen, stark abgerundet, Abb. 5, was statische und hydrodynamische Vorteile ergibt. Die Bauhöhe der Stummel an der Wurzel wird beträchtlich größer, so daß man die tragenden Teile wesentlich steifer ausbilden konnte. Beim Aufstieg wird das Wasser dank der gewölbten Form nach außen beschleunigt, während es sich bei der älteren eckigen Ausführung in der Ecke zwischen Stummelunterseite und Bootseitenwand zusammenpreßte. Das Ver-

[1]) Nach einem Vortrag von Dr.-Ing. *Dornier* in der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Luftfahrt E. V. am 6. November 1929 in Berlin.



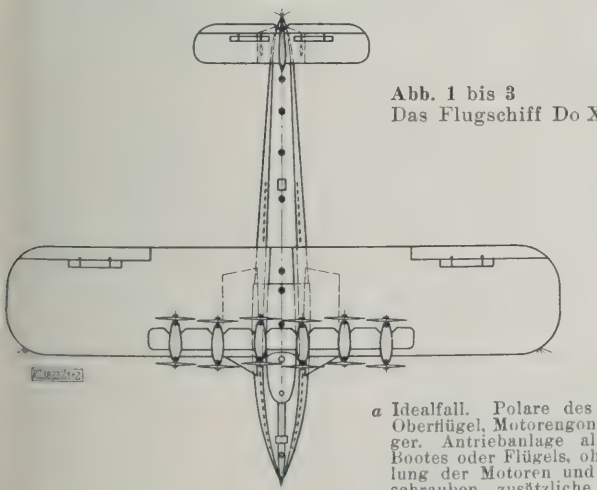



**Abb. 1 bis 3**
Das Flugschiff Do X.

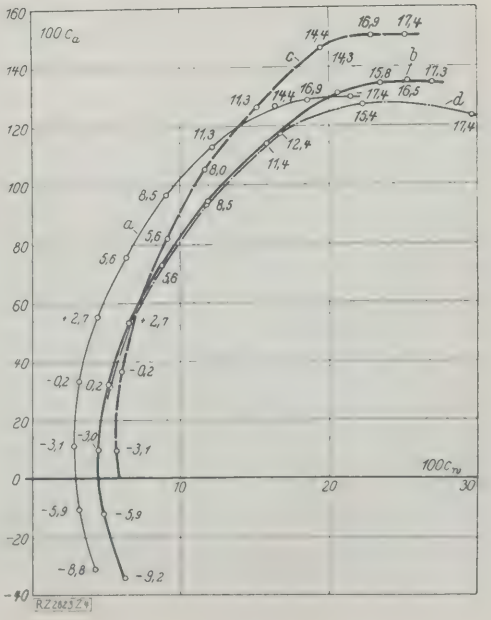



**Abb. 4**
Die Polaren des Flugschiffes.
$c_w$ Widerstandbeizahl
$c_a$ Auftriebsbeizahl

*a* Idealfall. Polare des Flugschiffes ohne Oberflügel, Motorengondeln und deren Träger. Antriebanlage also im Innern des Bootes oder Flügels, ohne daß durch Kühlung der Motoren und Lagerung der Luftschrauben zusätzliche Widerstände entstehen
*b* Polare des gebauten Flugschiffes im Gleitfluge
*c* Polare des gebauten Flugschiffes bei laufenden Luftschrauben im Reisefluge
*d* Polare eines Modells mit Motorengondeln und Gondelträgern, aber ohne Hilfsfläche

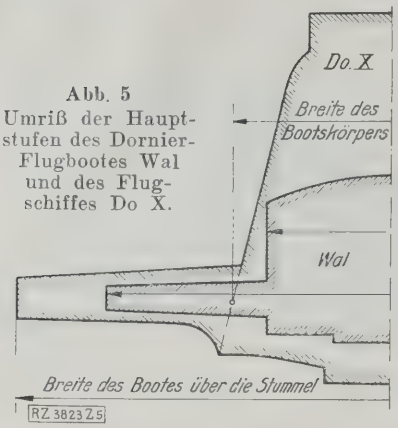



Abb. 5
Umriß der Hauptstufen des Dornier-Flugbootes Wal und des Flugschiffes Do X.

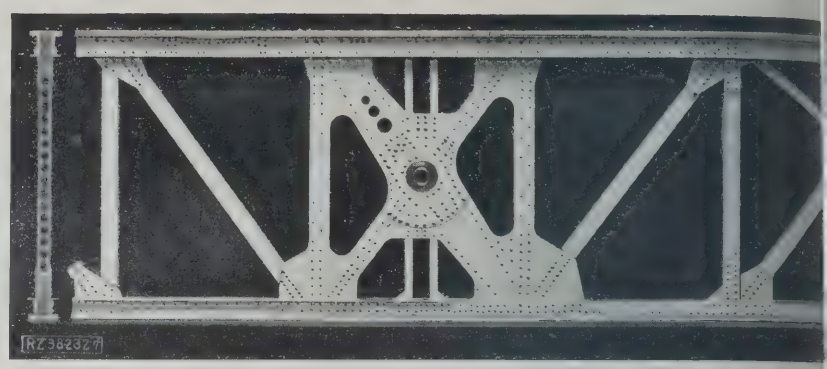



Abb. 7
Teil des Mittelholmes mit der Anschlußstelle des Stieles.

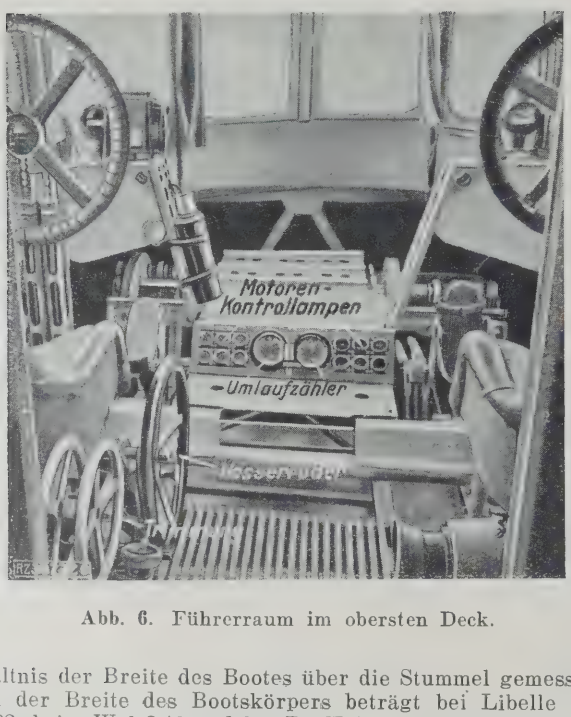



Abb. 6. Führerraum im obersten Deck.

hältnis der Breite des Bootes über die Stummel gemessen zu der Breite des Bootskörpers beträgt bei Libelle rd. 2,92, beim Wal 2,46 und bei Do X 2,12.

Das 40,05 m lange, 4,7 m breite (10 m Bootsbreite über die Stummel gemessen) und 6,4 m hohe Boot des Flugschiffs Do X ist in drei Deckräume unterteilt. Das oberste Deck enthält den Flugzeugführerraum, den Kommandantenraum, den Schaltraum für die Motorenanlage und Räume für den funkentelegraphischen Dienst und Hilfsmaschinen. Das mittlere Deck ist ausschließlich für die Fluggäste bestimmt; es ist 23,5 m lang und rd. 2 m hoch. In dem untersten Deck sind die Betriebsmittelvorräte, Fracht und Gepäck untergebracht. Das Boot hat 58 Querspante, von denen einige als Schotte ausgebildet sind. Die Querspanten hat man hauptsächlich aus gepreßten Profilen zusammengebaut. Das Boot kann mittels der Schotte in neun und jeder Stummel in vier wasserdichte Abteilungen abgeschlossen werden. Der vom Bug bis zum Ende der Heckstufe gehende Kielträger ist 23,3 m lang und an der höchsten Stelle 2,2 m hoch.

L e i t w e r k. Höhen- und Seitenleitwerk sind ausgeglichen. Das Höhenruder ist 6 m von der Wasseroberfläche entfernt. Die Ruder werden durch Zugstangen betätigt, die an Pendelhebeln aufgehängt sind. Das Gestänge ist in Kugellagern geführt, so daß sich die Ruder leicht steuern lassen. Die Trimmung in der Längslage und für seitliche Momente wird durch Verstellen des Anstellwinkels der entsprechenden Ausgleichfläche vom Führersitz aus durch zwei kleine seitlich angeordnete Handräder vorgenommen. Mit dem großen ebenfalls seitlich vom Führersitz angeordneten Handrad wird das Wasserruder betätigt, Abb. 6.

Der halb freitragende F l ü g e l ist als dreiholmiges dreifach abgestütztes Tragwerk ausgebildet und dank dieser Anordnung besonders steif und verdrehungsfest. Der 48 m lange und 9,5 m breite Flügel hat rechteckigen Grundriß mit leicht abgerundeten Ecken. Die Flügelfläche einschließlich der Querruder und des Oberflügels beträgt 486,2 m². Der Mittelholm, Abb. 7, liegt ungefähr an der Stelle der größten Profilhöhe. Vor- und Hinterholm sind weit auseinandergerückt. Ihre Entfernung vom Mittelholm beträgt je 2,8 m. Der Oberflügel ist nicht zur Entlastung der Haupttragkonstruktion herangezogen; er dient, statisch betrachtet, lediglich der Aussteifung der Motorträger.

Mit Ausnahme einiger aus Stahl hergestellter Beschläge ist das gesamte Flügelfachwerk aus Duralumin hergestellt. Die Gurtungen der Holme bestehen aus gepreßten Duraluminwinkeln und -lamellen. An den Stellen geringerer Gurtkräfte hat man die senkrechten Stäbe der Winkel, um das Gewicht der Gesamtkonstruktion zu erleichtern, ausgefräst. Bevor man an die endgültige Ausbildung der Holme ging, hat man einen Probeholm hergestellt und ihn, belastet, nach allen Richtungen untersucht, Abb. 8, wobei besonders eingehend das Verhalten des Holmes innerhalb des elastischen Bereichs geprüft wurde. Mit Hilfe von besonderen Meßgeräten (Tensometern) wurden die Spannungen in den einzelnen Baugliedern ermittelt, Abb. 9.

Die in Abständen von 2,8 bis 3,6 m angeordneten Querträger sind in der Hauptsache ebenfalls aus gepreßten Profilen hergestellt. An ihren Anschlußstellen an Vorderholm sitzen Rahmen, um der Mannschaft das Durchgehen durch den Flügel zu erleichtern. Die zwischen den Holmen und den Querträgern entstehenden Felder sind mit biegungsfesten, mit Stoff und Blech bespannten Platten, den Flügelhautfeldern, abgedeckt. Die Flügelnase ist vollständig in Metall ausgeführt. Fast alle Teile des Flügels können während des Fluges im Innern nachgeprüft werden.

Mittels des ganz in Metall ausgeführten Oberflügels werden die sechs M o t o r t r ä g e r gegeneinander versteift. Die Motorträger sind in Fachwerkkonstruktion ausgebildet und stromlinienförmig verkleidet. Durch große Türen auf beiden Seiten sind sie leicht zugänglich. Die Siemens-Jupiter-Motoren arbeiten über Zahnradgetriebe mit dem Übersetzungsverhältnis 1 : 2 auf die Luftschrauben. Die Motoraufbauten sind ganz besonders sorgfältig ausgebildet worden; so hat man in dem Motorbock die Werkstoffspannungen ermittelt, Abb. 10, die unter Zusammenwirken von Schub- und Drehmoment sowie Motorgewicht auftreten.

Zum ersten Male hat man die Flugzeugführer bei dem Flugschiff Do X von der Ü b e r w a c h u n g d e r A n t r i e b a n l a g e entlastet[2]). Sie können selbstverständlich durch zwei nebeneinander liegende Hebel, die mit einem Griff gemeinschaftlich betätigt werden, sämtliche Motoren bedienen. Wird nur einer der beiden Hebel bedient, so kann man entweder die Motoren auf der Steuerbord- oder der Backbordseite drosseln. Sämt-

[2]) Z. Bd. 73 (1929) Nr. 21 S. 733.

**Abb. 8.** Versuchseinrichtung zur Prüfung des Probeholmes.

Um das Versuchsgerüst unverschieblich zu machen — die auf einen halben Holm entfallende Bruchlast beträgt 42,5 t — waren umfangreiche Gründungsarbeiten notwendig. An den Knotenpunkten sind als Ballast wassergefüllte Behälter aufgehängt.

**Abb. 9 (oben rechts).** Spannungsmessungen an den einzelnen Baugliedern.

**Abb. 10** (oben links). Ermittlung der Werkstoffspannungen in einem Motorbock.

liche Motoren können vom Führersitz aus gleichzeitig kurzgeschlossen werden. Zwei Sammelumlaufzähler sowie zwölf elektrische Lämpchen, die aufflammen, falls einer der Motoren abgestellt wird, geben dem Flugzeugführer Auskunft über die Motorenleistung. Im allgemeinen werden jedoch die Motoren vom Schaltraum, Abb. 11, aus angelassen, überwacht und außer Betrieb gesetzt. Der Schaltraum und die hochliegenden Motorengondeln sind durch einen durch den Flügel führenden Gang verbunden.

Die Betriebsmittelanlage, die im untersten Deck des Bootskörpers untergebracht ist, besteht aus vier zylindrischen Behältern zu je 3000 l, zwei weiteren Behältern zu je 1700 l und zwei Behältern in der Flügelnase zu je 300 l, zusammen 16 000 l. Die unmittelbar auf dem

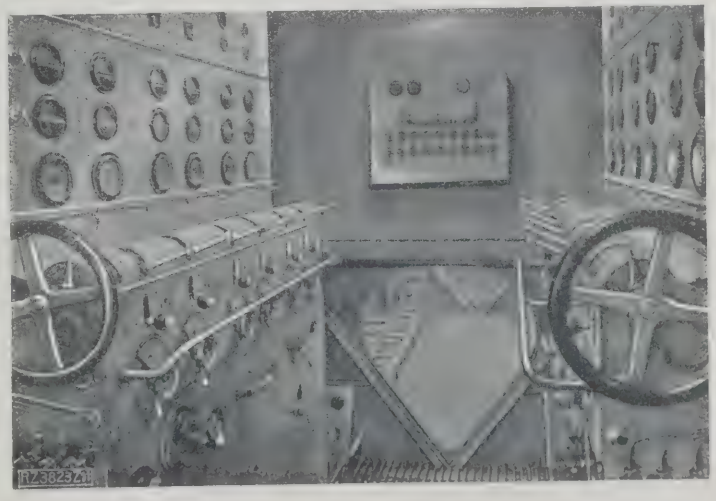


**Abb. 11**
Schaltraum des Flugschiffes Do X.

Bootsboden gelagerten Behälter stehen mit einem Sammeltopf in Verbindung, aus dem mittels Pumpen der Brennstoff zu zwei in der Flügelnase gelagerten Behältern von je 300 l Inhalt gedrückt wird. Von diesen Behältern wird das Benzin mittels Pumpen den Vergasern zugeführt. Die gesamte Rohrleitungsanlage für den Betriebstoff ist in allen Teilen auch während des Fluges zugänglich. Die im Flügel untergebrachten Ölbehälter enthalten 1600 l.

Die bisher ausgeführten Flüge gaben zu mannigfachen Untersuchungen Gelegenheit. So wurden u. a. die Spannungen in den wichtigsten Bauteilen des Flügels gemessen, die Druckverhältnisse untersucht, die Strömung um den Hauptflügel, die Gondel und die Oberflügel aufgenommen, die Durchbiegung der Holme bestimmt, die Stabilitätseigenschaften des Flugschiffes untersucht. Der Aufstieg vollzieht sich überraschend gut; die Wasserarbeit ist einwandfrei. Die Flugeigenschaften sind normal, die Sichtverhältnisse vorzüglich.

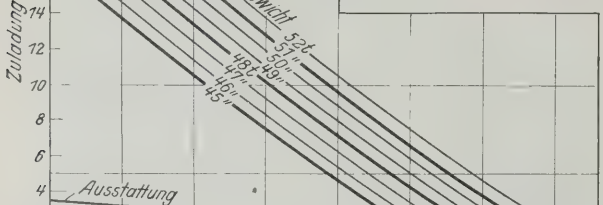



**Abb. 12**
Reichweiten des Flugschiffes Do X.

Mittlerer Brennstoffverbrauch 270 g/PSh
Rüstgewicht 28 t

Die Ruder sind leichtgängig und wirksam. Hilfsmaschinen für ihre Betätigung sind nicht notwendig. Die Zusammenfassung der Triebwerküberwachung in einem Schaltraum und ihre vollständige Trennung vom Führer hat sich im Fluge gut bewährt. Die gemessenen Durchbiegungen und Spannungen der Bauwerkteile stimmen gut mit den berechneten überein. Die Landung macht keine Schwierigkeiten.

Bei einem Abfluggewicht von 48 t (28 t Rüstgewicht und 20 t Zuladung) beträgt die Aufstiegzeit bei Windstille auf dem Bodensee 65 s. In 400 m Höhe entwickelt das Flugschiff rd. 210 km/h Geschwindigkeit. Die Reichweiten des Flugschiffes zeigt Abb. 12.

### Zusammenfassung

Das Flugschiff Do X ist das größte Flugzeug der Welt. Leitgedanke war, ein Flugzeug zu schaffen, das ähnlich wie bei allen übrigen Verkehrsmitteln, wirtschaftlich mehr Fluggäste oder größere Lasten als bisher befördern kann. Dieses Ziel ist nach den Erfahrungen der bisher durchgeführten Flüge als erreicht anzusehen.

*Dornier* hat bei dem Flugschiff Do X hinsichtlich Bootskörper mit Seitenstummeln, halb freitragenden Flügel, in Gondeln hochgelagerte Motoren mit Zug- und Druckschrauben, nur technisch Erprobtes herangezogen. Infolgedessen war er bei der Gestaltung gezwungen, in bestimmten Bahnen sein Ziel zu erreichen. Die Änderungen an der Zelle zwischen erstem Flug und vollständigem Einfliegen waren deshalb auch gering.

Neu ist die Versteifung der Motorgerüste durch eine zusätzliche Tragfläche. Infolge der großen Zahl von Motoren ist es dem Führer unmöglich, sämtliche Geräte für die einzelnen Motoren zu bedienen und zu überwachen. Man hat hierfür einen besondern Schaltraum geschaffen, in dem ein Maschinenwärter die notwendigen Arbeiten durchführt. Der Führer ist jedoch in der Lage, jederzeit mittels besondrer Vorrichtungen in die gesamte Triebwerkanlage einzugreifen. [B 3823 a]

Berlin - Dipl.-Ing. *E. Gossow*

## Prof. Ariya Inokuty

(geb. 1856, gest. 1923)

Prof. *Inokuty* hat sich durch seine Forschungen und Studien auf verschiedenen Gebieten um den Fortschritt technischer Wissenschaft in Japan große Verdienste erworben. Darüber hinaus hat er in 38jähriger Lehrtätigkeit vornehmlich am College of Engineering der Tokyo Imperial University die technische Schulung in Japan maßgebend beeinflußt. Über 3000 Studierende, heute meist in führenden Stellen der Industrie und Wirtschaft, haben seine Lehre empfangen; ihre Dankbarkeit gegenüber ihrem früheren Lehrer haben sie dadurch zum Ausdruck gebracht, daß sie einen Schriftenband, der bereits anläßlich des 25jährigen Professorenjubiläums *Inokutys* herausgegeben war, sorgfältig überarbeiteten und ihn durch wertvolle Beiträge der hervorragendsten Schüler erweiterten[1]).

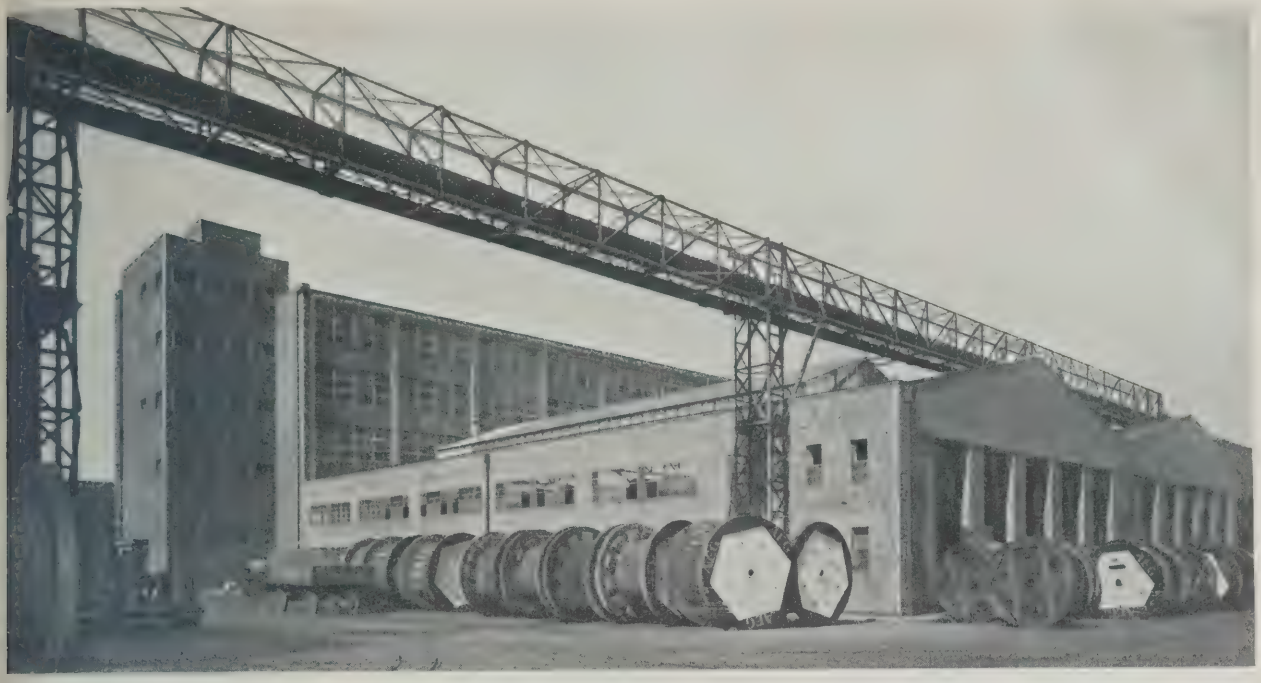
Die Schrift stellt einen beachtenswerten Beitrag zur Pflege der technischen Wissenschaften in Japan dar. In 40 technischen Abhandlungen entwickelt sich uns ein Bild von *Inokutys* vielseitigen und umfassenden Fähigkeiten. Einige mathematische Betrachtungen über die Erweiterung der Simpsonschen Regel, über Interpolation, zur Methode der kleinsten Quadrate und zur Auflösung von Integralen, zeigen, wie sehr *Inokuty* seine Arbeiten auf anderem Gebiet auf exakt-wissenschaftlicher Grundlage aufbaute. Wärmetechnische Fragen, z. B. Wärmekraftmaschinen und Raumbeheizung nehmen sein Interesse in gleicher Weise in Anspruch wie betriebswirtschaftliche Untersuchungen.

Hydraulische Einzelstudien führten *Inokuty* zu einer besonderen Bauart von Kreiselpumpen mit Wirbelkammer; der hohe Wirkungsgrad dieser Pumpen machte *Inokutys* Namen über die Grenze seines Heimatlandes hinaus bekannt. Aus dem Gebiete der Mechanik sind hervorzuheben zahlreiche Untersuchungen über das Ausknicken langer Säulen, über Zahnräder, ferner die Behandlung der Biegung von Balken, Festigkeitsberechnungen und -untersuchungen. Er war Mitarbeiter vieler Ausschüsse, z. B. für Erdbebenforschung, Grubenexplosionen, Maßeinheiten, Normung, Luftfahrt, nationale Forschung usw.

Über diese wissenschaftlich-praktische Betätigung hinaus widmete sich *Inokuty* auch den allgemeinen Belangen der Ingenieure. Eine Studienreise im Jahre 1894 nach England, Deutschland, Frankreich und der Schweiz ließ ihn die Wichtigkeit des Zusammenschlusses der Ingenieure erkennen. Er hat viel zur Gründung der Society of Mechanical Engineering, Tokyo, beigetragen und diese Gesellschaft bis an sein Lebensende gefördert. Anläßlich ihres 25jährigen Bestehens wurde er zum Ehrenmitglied ernannt.

Der nachhaltige Einfluß, den *Inokuty* auf die Entwicklung der Technik in Japan ausgeübt hat, spiegelt sich wieder in den Beiträgen seiner Schüler zu dem Erinnerungswerk, die sich mit hydraulischen, festigkeits- und schwingungstechnischen Fragen befassen. [N 3933] *Ltr.*

[1]) The technical papers of Ariya Inokuty and the papers in engineering read by his former students at the memorial meeting held in 1925. The Inokuty Memorial Committee, Society of Mechanical Engineers. Tokyo, 1928. 656 S. mit Abb. u. Taf.



Rückfront des Stockwerkbaues A 8 mit den beiden neuen Hallen *E* und *F*, Block VI.

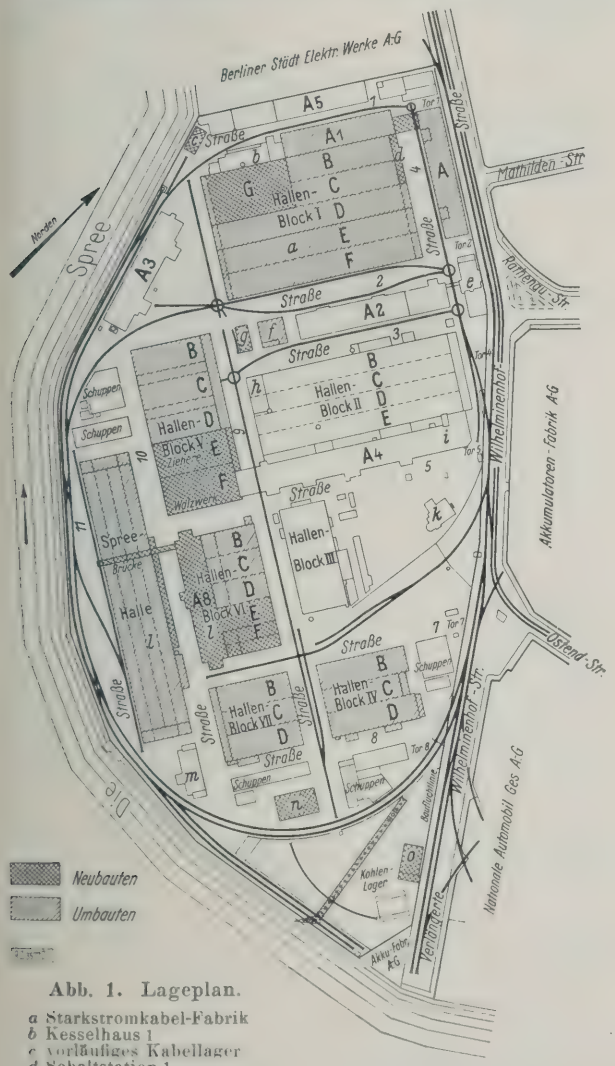



**Abb. 1. Lageplan.**

*a* Starkstromkabel-Fabrik
*b* Kesselhaus 1
*c* vorläufiges Kabellager
*d* Schaltstation 1
*e* altes Verwaltungsgebäude
*f* Gasanstalt
*g* Schaltstation 2
*h* Kesselhaus 2
*i* Verwaltungsgebäude
*k* Wohnhaus
*l* Fernmeldekabel-Fabrik
*m* Kraftwagenschuppen
*n* Desgl. und Ausbesserwerkstatt
*o* Drehrost-Gaserzeuger

## Neu- und Umbauten im
# Kabelwerk der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft

*Von* ERICH HEIDECK, *Berlin-Charlottenburg*

***Umfangreiche künstliche Gründungen infolge moorigen Untergrundes. — Im Kupferwalzwerk wurde für die beiden neuen Hallen ein Bindersystem aus zwei miteinander verbundenen Dreigelenkrahmen mit gesprengten Zugrahmen gewählt. — Erweiterung der Fernmeldekabel-Fabrik durch einen vorläufig viergeschossigen, 100 m langen und 21 m breiten Stockwerkbau in Stahlskelettbauweise mit daran anschließendem Hallenblock. — Umbauten in der Starkstromkabel-Fabrik sowie weitere Neu- und Umbauten.***

Die im Jahre 1926 beschlossene Neueinrichtung des Kabelwerkes Oberspree der AEG in Oberschöneweide bedingte auch Neu- und Umbauten in einem besonders großen Umfang. Beachtenswert ist neben der kurzen Bauzeit von rd. zwei Jahren, daß durch die Neu- und Umbauten keine Betriebstörung und Verminderung der Erzeugung zu verzeichnen gewesen ist.

Auf dem Lageplan, Abb. 1, sind durch besondere Schraffuren die neu aufgeführten und die umgebauten Gebäude zu erkennen. Bei der sehr großen Wasserfront ist ein z. T. sehr mooriger Untergrund vorhanden, so daß umfangreiche künstliche Gründungen notwendig wurden. Abb. 2 bis 4 zeigt einen Schichtenplan, der auf Grund der Ergebnisse sorgfältig vorgenommener Probebohrungen aufgestellt worden ist.

### Kupferwalzwerk und Zieherei

Im Jahre 1898 nahm die AEG ihr erstes Kupferdraht-Walzwerk in Betrieb, das in einem Teil der Hallen *E* und *F* des Blockes I untergebracht war. Ebenfalls befand sich im Block I der Ziehereibetrieb. Beide Betriebe wurden in den Hallenblock *V* verlegt[1]), wozu an die bestehenden Hallen *B*, *C* und *D* zwei neue Hallen *E* und *F* angebaut wurden. In der Halle *F* ist der Walzwerkbetrieb und in den Hallen *B* bis *E* der Ziehereibetrieb untergebracht.

Für die Gründung der Hallen *E* und *F* wurden „Mast"-

[1]) Vergl. a. „Zeitschrift für Metallkunde" Bd. 21 (1929) Heft 4 S. 113; Z. Bd. 73 (1929) Nr. 26 S. 938.

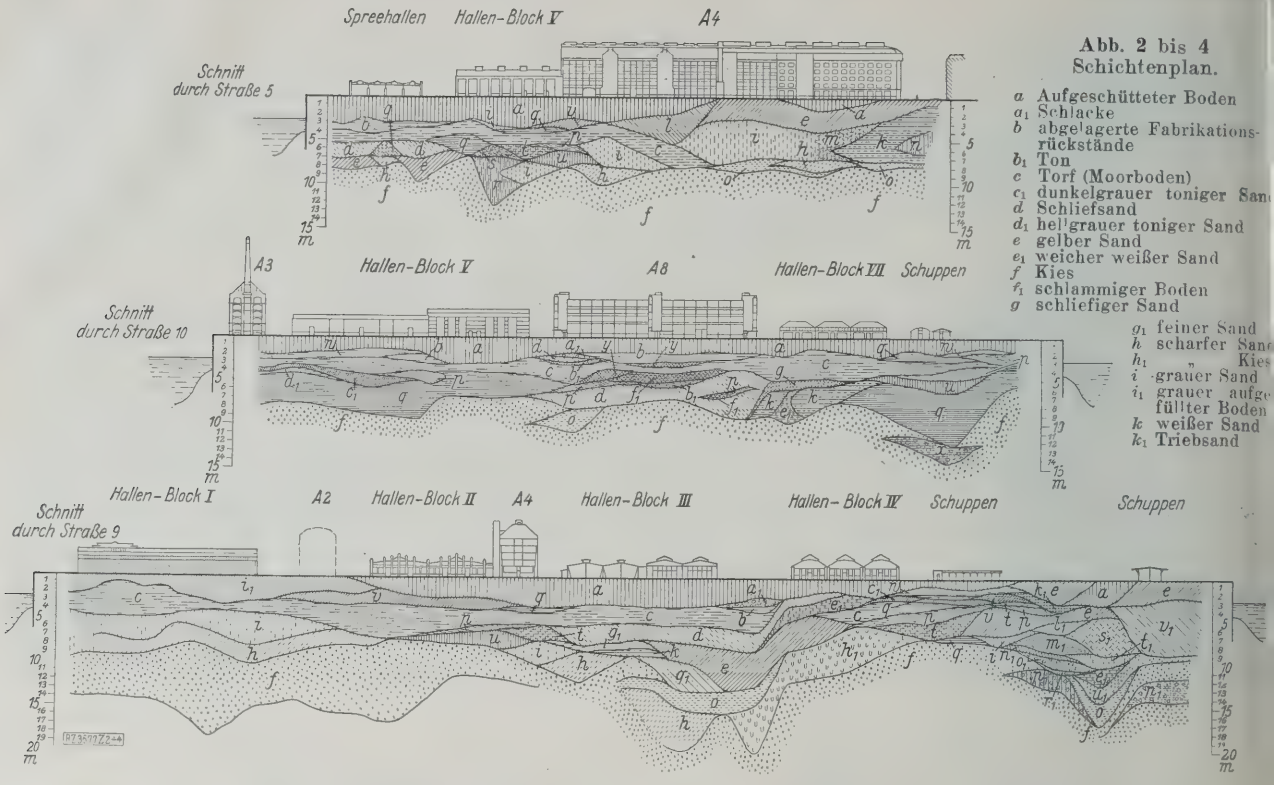



**Abb. 2 bis 4 Schichtenplan.**

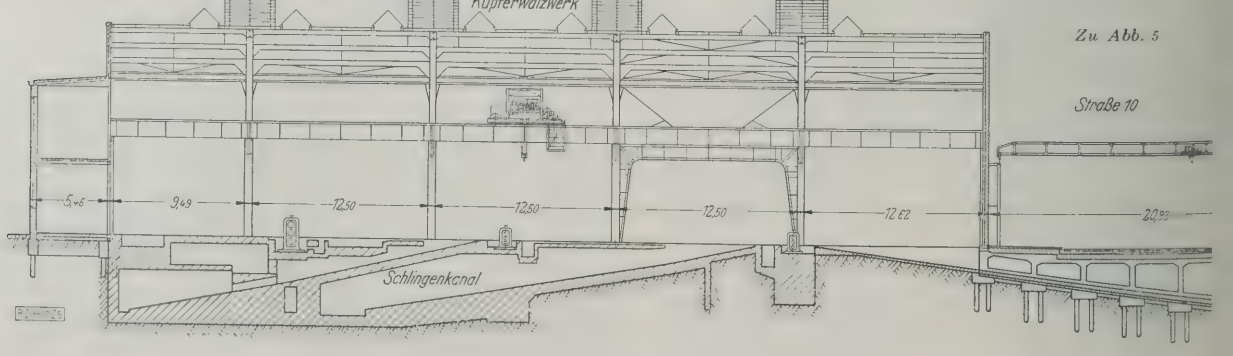
*a* Aufgeschütteter Boden
$a_1$ Schlacke
*b* abgelagerte Fabrikationsrückstände
$b_1$ Ton
*c* Torf (Moorboden)
$c_1$ dunkelgrauer toniger Sand
*d* Schliefsand
$d_1$ hellgrauer toniger Sand
*e* gelber Sand
$e_1$ weicher weißer Sand
*f* Kies
$f_1$ schlammiger Boden
*g* schliefiger Sand
$g_1$ feiner Sand
*h* scharfer Sand
$h_1$ „ Kies
*i* grauer Sand
$i_1$ grauer aufgefüllter Boden
*k* weißer Sand
$k_1$ Triebsand
*l* schwarze aufgefüllte Erde
$l_1$ körniger feiner Sand
*m* grauer Sand mit Kohle
$m_1$ grober „ „ Steinen
*n* scharfer gelber Kies
$n_1$ feiner weicher Sand
*o* feiner Kies
$o_1$ grobkörniger Kies
*p* feiner toniger Sand
$p_1$ grober Kies mit Steinen
*q* grauer scharfer Sand
$q_1$ weicher Sand
*r* weißer scharfer Sand
$r_1$ feiner Kies mit Steinen
*s* grauer Kies
$s_1$ weicher schliefartiger Sand
*t* feiner grauer Sand
$t_1$ schärferer Sand
*u* dunkelgrauer schärferer Sand
$u_1$ körniger Sand
*v* dunkelgrauer Sand
$v_1$ weichgelagerter schliefartiger Sand
*w* aufgearbeiteter weißer und roter Abfall
*x* grauer scharfer Sand mit Steinen
*y* Schlamm
Grundwasserstand — 2,60 bis 2,80

Pfähle von 32 und 40 cm Dmr. verwendet. Die größte Pfahllänge betrug 11 m. Bei der Wahl des Bindertragwerkes mußte berücksichtigt werden, daß die Pfahlgründung trotz der möglichen geneigten Anordnung bestimmter Pfahlgruppen zur Aufnahme von Seitenkräften wenig geeignet ist. Für die beiden neuen Hallen *E* und *F* wurde daher ein Bindersystem aus zwei miteinander verbundenen Dreigelenkrahmen mit gesprengten Zugbändern über den Kranprofilen gewählt, bei dem die Seitenschübe verhältnismäßig gering und die Wind- und Katzenbremskräfte auf zwei Fundamentreihen übertragen werden. Zugbänder unterhalb des Fußbodens konnten wegen der Walzenstraßen- und Maschinengründungen nicht angebracht werden, Abb. 5. Die Walzträgerfetten sind an den Bindern bis zum Untergurt heruntergezogen und konnten deshalb als teilweise eingespannt berechnet werden. Die Umfassungswände sind nur 25 cm dick und durch eingelegtes Eisenfachwerk, das außen nicht sichtbar ist, ausgesteift. Für eine gute Entlüftung sorgen 3,5 m × 3,5 m große, über den Bindern auf den First gesetzte Luftschächte mit feststehenden Luftschlitzen, deren Wirkung sich durch lotrecht verschließbare Böden von der Größe des Schachtquerschnittes regeln läßt.

In jeder Halle verkehrt ein elektrisch betriebener Dreimotoren-Laufkran für 10 t Tragfähigkeit. Die durchlaufend ausgebildeten Kranbahnträger (Blechträger) haben ihre Auflager auf Konsolen, die sich an den Bindern befinden. Für die Längsaussteifung der Hallen und zur Aufnahme der Schübe aus den Bremskräften der Krane sind in jeder der drei Stützreihen Portale in Blechbauweise angeordnet worden.

Abb. 5 stellt einen Längsschnitt durch die Halle *F* und einen Querschnitt durch die benachbarte Spreehalle dar. Aus diesem Längsschnitt sind auch die Fundamente der Walzenstraßen und die Schlingenkanäle, die an der Fertigstraße einerseits eine Länge von 32 m, anderseits eine Länge von 42 m haben, ersichtlich. Die Gründungen der Walzenstraßen und die Schlingenkanäle wurden bis zu 6 m Tiefe unter entsprechender Senkung des Grundwasserspiegels ausgeführt, nachdem die Hallen im Rohbau fertig waren. Besonders schwierig gestaltete sich der Bau der Schlingenkanäle unter dem ersten Schiff der auch auf Pfählen stehenden Spreehalle.

Abb. 6 stellt die Ausbildung der Längsfront der Halle *F* und der Giebelfronten der Hallen *E* und *F* dar. Bei der äußeren Gestaltung nicht nur dieses Hallenbaues, sondern



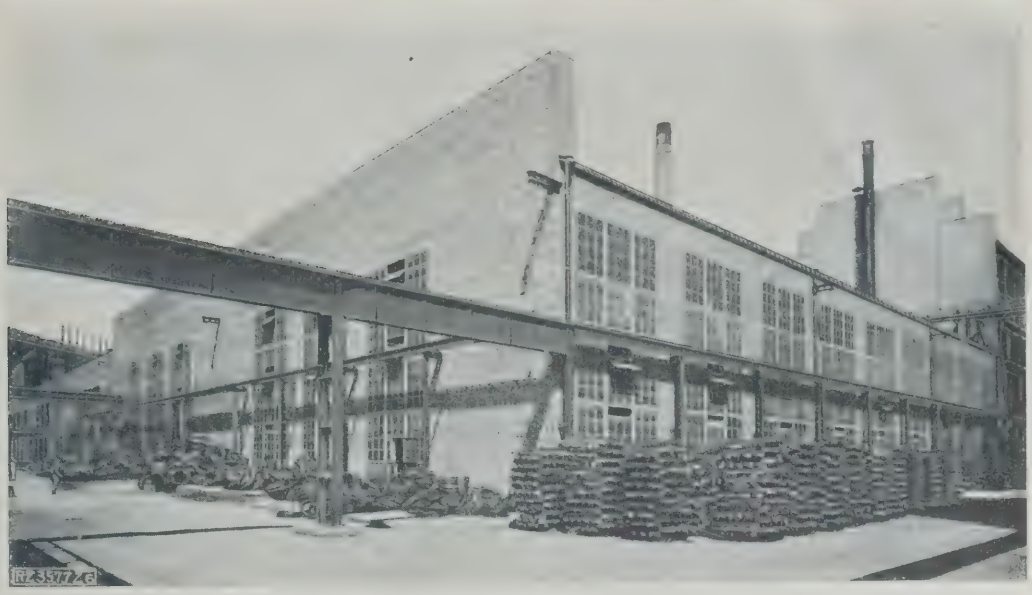


**Abb. 6**
Längsfront der Halle *F* und Giebelfronten der Hallen *E* und *F*, Block V, vergl. Abb. 1.

auch der übrigen Neubauten hat man großen Wert darauf gelegt, glatte Flächen zu bekommen. Unnötige Vorsprünge, sowohl waagerechte als auch senkrechte, sind vermieden worden, um die in einem Fabrikbetrieb unvermeidlichen Schmutzablagerungen zu verhindern und auch die Bau- und Unterhaltkosten auf das geringste Maß zu beschränken.

Aus Abb. 6 sind auch die in den Straßen 5 und 10 errichteten Kranbahnen zu erkennen. Auf den Kranbahnen in der Straße 5 verkehren zwei Dreimotoren-Laufkrane von je 5 t Tragfähigkeit, die zum Stapeln der Kupferbarren und zum Beschicken der in die Straße 5 hineinragenden Stoßöfen dienen. Auf den Kranbahnen in der Straße 10 verkehrt ein Dreimotoren-Laufkran von 2 t Tragfähigkeit für die Beförderung von Drahtringen. Bei den Kranen, die als an den Enden verjüngte Vollwandträger ausgebildet sind, und bei den Kranbahnen und den Kranbahnstützen hat man auf Formenschönheit Rücksicht genommen, ohne die Herstellkosten zu erhöhen.

In den bestehenden Hallen *B*, *C* und *D* des Blockes *V* wurden neben baulichen Veränderungen noch Kranbahnanlagen aufgeführt und sehr umfangreiche, teils auf Bohrpfählen stehende Gründungen für die Ziehmaschinen angelegt und die notwendigen Ofenanlagen zum Glühen der Drähte und die Beizanlagen für die weitere Bearbeitung der Erzeugnisse geschaffen. Die Bauzeit betrug bis zur Inbetriebnahme des Walzwerkes nur 10 Monate.

### Fernmeldekabelfabrik

Die Fernmeldekabelfabrik, die bisher in der vierschiffigen Spreehalle von 40 m ganzer Breite und 230 m Länge untergebracht war, ist wesentlich erweitert worden durch den neuerrichteten Stockwerkbau A 8 und durch den an A 8 anschließenden Hallenblock VI. Von diesem Hallenblock waren die Hallen *B* bis *D* als Massivbauten vorhanden, während die Hallen *E* und *F* in der gleichen Weise neu errichtet wurden. Der Hallenblock VI steht mit dem Erdgeschoß des Stockwerkbaues A 8 in Verbindung. Das Titelbild zeigt die Rückfront von A 8 mit den beiden neuen Hallen.

In die vier Schiffe der Spreehalle sind Krananlagen mit Dreimotoren-Laufkranen von je 10 t Tragfähigkeit eingebaut worden, Abb. 5. Die Gründungen der Stützen ruhen auf Bohrpfählen, Bauart „Mast". An der dem Stockwerkbau A 8 zugekehrten Längsseite der Spreehalle wurde ein 90 m langer zweigeschossiger Anbau errichtet zur Unterbringung von Büros und Prüfräumen. Neben sonstigen baulichen Veränderungen wurden in der Spreehalle die durch die Betriebsumstellung bedingten Maschinen-, Ofen-Gründungen usw. während des Betriebes und unter schwierigen Verhältnissen angelegt.

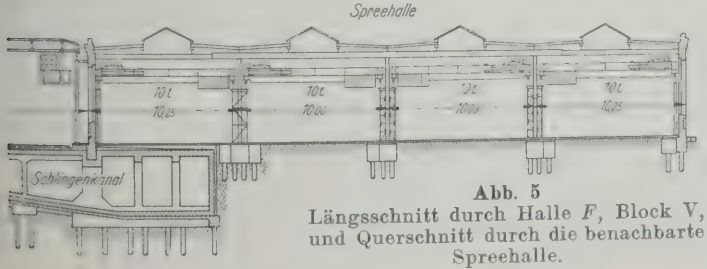



**Abb. 5**
Längsschnitt durch Halle *F*, Block V, und Querschnitt durch die benachbarte Spreehalle.

Der Stockwerkbau A 8 ist ein ausgefachter Stahlskelettbau von 100,6 m äußerer Länge und 21 m äußerer Breite. Die Nutzflächen haben nur wenig kleinere Abmessungen, da die Ausfachung der Längswände durch 30 cm dickes Mauerwerk mit 6 cm Luftschicht erfolgt ist. Die Frontwandstützen aus Breitflanschträgern sind mit ihren Profilträgern außen sichtbar. Der Bau wird an den beiden Stirnseiten durch wuchtig emporstrebende Treppenhäuser flankiert. Die aufstrebende Linie dieser Vorbauten wird durch ein lang durchgehendes Eckfenster in der Treppenanlage besonders betont. Die Hauptfront ist in der Mitte durch ein drittes Treppenhaus in kleineren Abmessungen unterbrochen. Abb. 7 zeigt die Hauptfront mit einem Giebel- und dem mittleren Treppenhaus.

Wie aus Abb. 8 ersichtlich, ist der Stockwerkbau A 8 vorerst als viergeschossiges Bauwerk ausgeführt. Alle Konstruktionen sind aber so durchgebildet, daß jederzeit eine Erhöhung um fünf weitere Geschosse bis zu 40 m Gesamthöhe möglich ist.

Die auf die Frontwände anfallenden Windkräfte werden durch die Decken, die als Flachträger angesehen werden können, auf die Giebelwände übertragen. Diese sind Stahlfachwerkwände mit je vier Stielreihen und Riegeln in Höhe der Decken. Die Dicke der Ausmauerung des Fachwerkes nimmt entsprechend der Zunahme der Windkräfte nach unten zu und beträgt im Erdgeschoß 64 cm. Das Gewicht der Mauer dient auch zur Aufnahme des Kippmomentes. Der Winddruck auf die Giebelwände wird durch die langen Frontwände ohne besondere Vorkehrungen aufgenommen. Aus der Montageaufnahme, Abb. 9, ist das Stahlskelett ersichtlich; links auf dem Bild ist das Stahlfachwerk einer Giebelwand zu erkennen. Das Gesamtgewicht aller Eisenkonstruktionen einschließlich der Verbindungsbrücke nach der Spreehalle beträgt 1950 t.

Als Gründung sind 1349 Rammpfähle, Bauweise „Mast", von 32 cm Dmr. geschlagen worden bei 9,83 m mittlerer Länge und 11 m größter Länge. Die Gesamtlänge aller Pfähle dieses Bauwerks beträgt 13 265 m. Die Eisenbetongründungen von 2040 m³ Rauminhalt sind verhältnismäßig flach ausgebildet, so daß eine besondere Grundwasserhaltung vermieden ist.

**Abb. 7**
Hauptfront des Stockwerkbaues A 8 mit einem Giebel- und dem mittleren Treppenhaus.

Abb. 10 zeigt eine Innenaufnahme, auf der einige Ausbaueinzelheiten zu ersehen sind. Ebenso ist der durch die beiden mittleren Stützenreihen gebildete Gang und die Anordnung der Unterzüge und Deckenträger zu erkennen. Die Aufnahme gibt die trotz der Breite des Gebäudes von 21 m guten Lichtverhältnisse wieder. Die Höhe der einzelnen Geschosse beträgt 4 m.

Die Treppenanlagen haben Kunststeinstufen mit eingelassenen Vorstoßschienen, die Wände sind mit dunkelroten Steinen verblendet, und die Decken sind geputzt. Das Geländer besteht aus Eisen.

In jedem Treppenhaus befindet sich ein schnellfahrender Aufzug mit Feineinstellung von 3000/1500 kg Tragfähigkeit. Die Fahrgeschwindigkeiten können von der Steuerkurbel aus geregelt werden; sie betragen für 3000 kg 1 m und für 1500 kg 1,5 m/s. Die Einstellung der hohen Fahrgeschwindigkeit ist durch Einbau von Stromwächtern lediglich von der Belastung des Motors, nicht von der Höhe der Nutzlast abhängig gemacht. Die Überschreitung der Fahrgeschwindigkeit wird von Spannungswächtern mittels einer kleinen Gleichstrom-Dynamo kontrolliert. Die Hauptmotoren sind gebaut für Drehstrom von 500 V, 50 Per./s und haben doppelte Wicklung: für 500 U/min Schleifringläufer, für 750 U/min Kurzschlußläufer, die Leistung beträgt rd. 65 PS. Die Steuerung ist der



**Abb. 10**
Stockwerkbau A 8, Innenaufnahme.

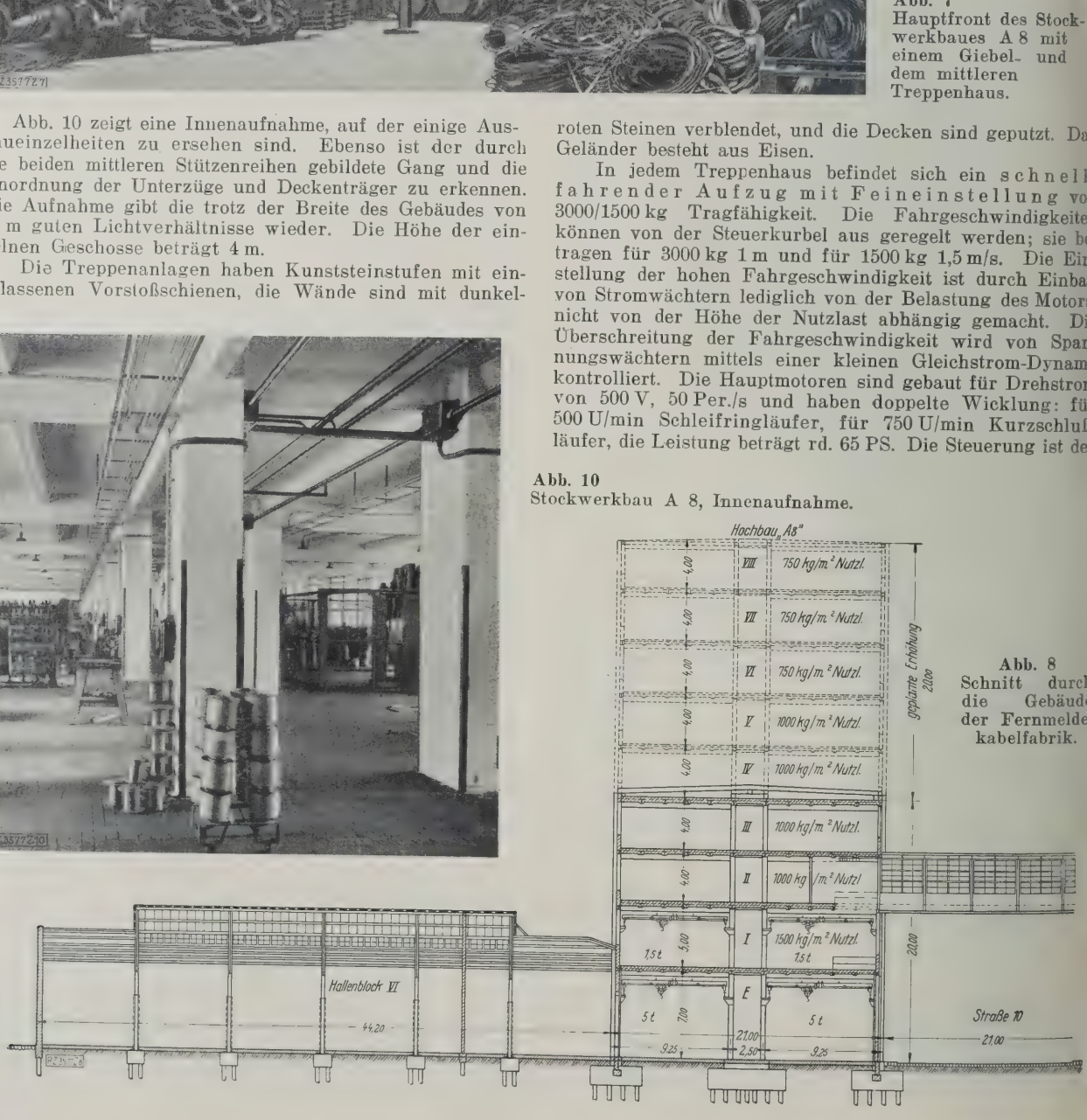



**Abb. 8**
Schnitt durch die Gebäude der Fernmeldekabelfabrik.

Abb. 9.
Stockwerkbau A 8,
Bild vom Zusammenbau.

sseren Wirkung und der Geräuschigkeit wegen für Gleichstrom von V eingerichtet. Dieser Strom nn aus dem Netz oder aus einer inen, für jeden Aufzug beschafften formeranlage entnommen werden.

Um die Spulentrommeln von A 8 ch der Spreehalle vor Witterungsbilden geschützt zu befördern, t man in Höhe des zweien Obergeschosses des Stockwerkues nach der Spreehalle und über ese hinwegführend eine Verbinngsbrücke mit Absenkschächten an n beiden Längsseiten der Spreehalle baut, Abb. 11. Diese Verbindungsücke ist rd. 65 m lang und in Entrnungen von rd. 20 m abgestützt. Die itenwände bestehen aus Eisen und las, Fußboden und Decke sind mas. Von der Spree aus gesehen, gibt ese Brücke dem Gesamtbild des abelwerkes eine besondere Bemung. In der Brücke befinden sich wei Elektrohängebahn-Anlagen, da ine Anlage für die vorgeschriebene erkehrsleistung nicht ausreichte. eide Katzen zusammen befördern in h 275 mit Spulentrommeln beladene Vagen aus dem 1. oder 2. Geschoß des ockwerkbaues zu den Haltestellen n den beiden Längsseiten der Spreealle. Die gleiche Anzahl leerer Waen wird in derselben Zeit in umgeehrter Richtung befördert. Jeder Vagen der Elektrohängebahn trägt an en Seilen 500 kg. Alle Bewegungen erden elektrisch von drei Haltetellen aus gesteuert.

Die Bauzeit betrug vom ersten Rammpfahl bis zur bezugfertigen Übergabe der ersten Räume nur echs Monate.

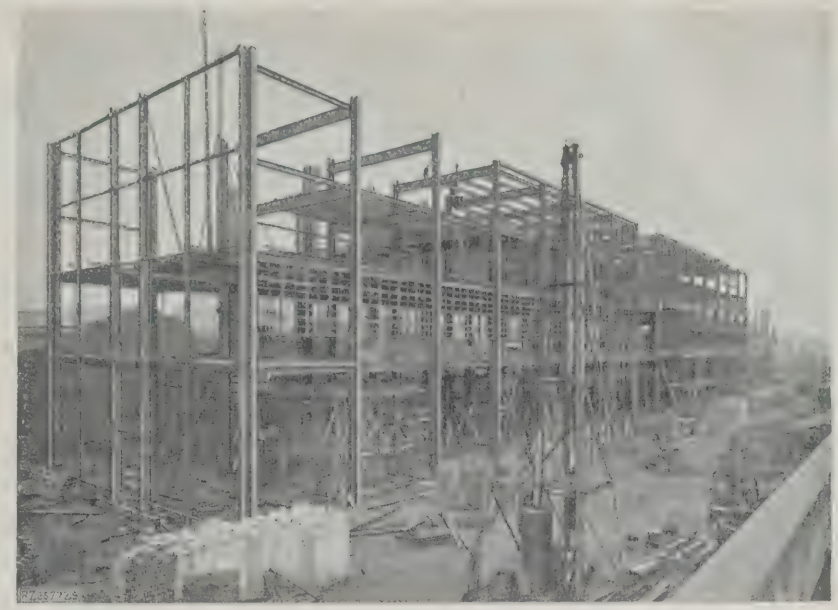


Abb. 11
Verbindungsbrücke mit Absenkschächten zu beiden Seiten der Spreehalle.

### Starkstromkabelfabrik

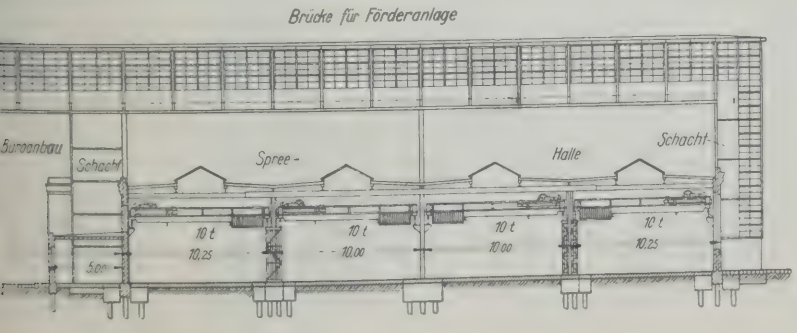
Für die Fabrikation von Starkstromkabeln wurde der ganze Hallenblock I (5 Hallen von 20 m Spannweite und 160 m Länge) vorgesehen. Während früher nur ein Teil des gleichen Blocks hierzu diente.

Da die Höhe der Hallen nur 5,4 m bis Binderunterkurt betrug, in den Hallen *E* und *F* jedoch 9,2 m l. H. erforderlich war, mußten die Dächer höher gelegt werden. Aus verschiedenen Gründen wurde von der zuerst beabsichtigten Hebung der Dächer in verbundenem Zustand Abstand genommen. Abb. 12 zeigt, wie die alten Mittelstützen in die neuen schweren Kranbahnstützen hineingestellt worden sind. An die Frontwand der Halle *F* wurden in Entfernung von je 5 m neue eiserne Stützen für die Kranbahn und die Binder gestellt. Diese Stützen mußten zur Aufnahme des Winddruckes auf die jetzt wesentlich höhere Längswand unten eingespannt werden.

Die Halle *D* soll später in der gleichen Weise gehoben werden. Aus diesem Grund ist schon bei der Ausbildung der Kranbahnstützen der Halle *E* nach Halle *D* zu Rücksicht genommen. Abb. 13 zeigt eine Innenaufnahme der Hallen *E* und *F*, aus der die Portale zur Aufnahme der Bremskräfte der Krane zu ersehen sind.

Für das Prüffeld und den Versand der Kabeltrommeln mußten die Hallen *B* und *C* auf 70 m Länge abgebrochen und durch eine Halle *G* von 40 m Breite mit einem Viermotoren-Laufkran von 40/10 t Tragfähigkeit ersetzt werden.

Für die Wahl der Binder dieser Halle war die Gründung durch Bohrpfähle maßgebend. Deshalb wurden die Stützen nach der Halle *D* zu eingespannt zur Aufnahme aller in der Binderebene wirkenden waagerechten Kräfte. Die Stützen der andern Reihe wurden als Pendelstützen ausgebildet. In Höhe der



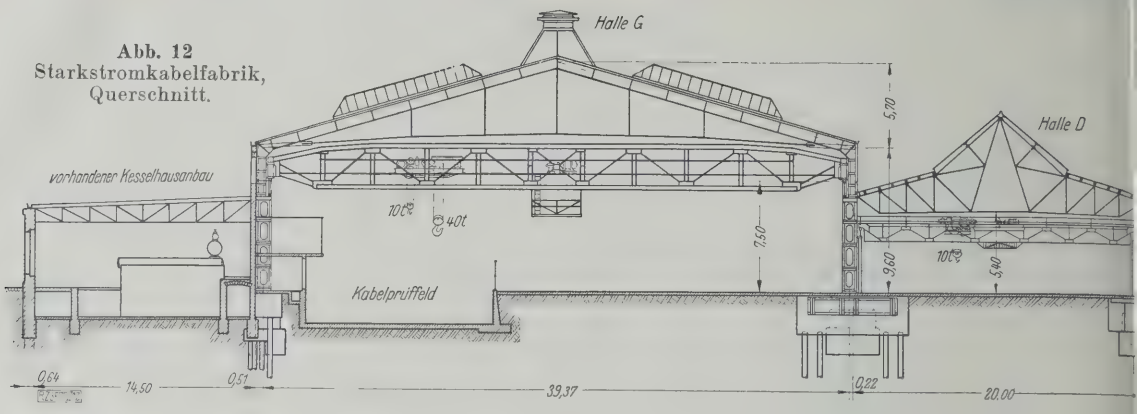



**Abb. 12**
Starkstromkabelfabrik, Querschnitt.

Kranbahnoberkante befinden sich die Aufleger der Binder, für die ein Zweigelenkbogen mit gespreiztem Zugband als System gewählt wurde. Große Entlüftungsschächte auf dem First sorgen für einen reichlichen Luftwechsel.

Anläßlich der Neu- und Umbauarbeiten im Hallenblock I wurden auch die Verzierungen der Frontwände, die aus einem längst verflossenen Bauabschnitt stammen, beseitigt, so daß das Aussehen der heutigen, auf Sachlichkeit gestellten Geschmacksrichtung, wie sie überhaupt im Fabrikbau vorherrschen sollte, entspricht.

Für das Heben der Hallen E und F waren drei Monate und für den Neubau der Halle G vier Monate reine Bauzeit erforderlich einschl. aller Arbeiten an den Kellern, Kanälen, Maschinengründungen, Büro- und sonstigen Einbauten, Erneuerung der Vorderseiten usw.

### Weitere Neu- und Umbauten.

Der Verbindungsbau zwischen A und A 1, Abb. 1, ist 13,9 m breit und 20 m lang und hat drei Obergeschosse. Für die Durchfahrt mußte man 4,8 m l. Höhe für Eisenbahnwagen annehmen. So blieb bis zum Fußboden des 1. Obergeschosses zu wenig Konstruktionshöhe, um den Mittelunterzug wie bei den oberen Geschossen 10 m lang ausführen zu können. Er wurde deshalb in den Viertelpunkten der Längsachse an den Mittelunterzügen der Decke über dem 1. Obergeschoß aufgehängt. Der Bau ist ein Stahlskelettbau mit 30 cm dicken Ausmauerungen, Abb. 14.

Die Drehrost-Gaserzeugeranlage ist gleichfalls ein Stahlskelettbau mit Massivdecken, Massivdach und 12 cm dicken Eisenfachwerkwänden, Abb. Der Gaserzeugerraum ist nach dem Kohlenhof zu offe Die Anlage besteht aus drei Drehrost-Gaserzeugern mit 20 t größtem täglichen Durchsatz und ist mit elektrisch Teer- und Ölabscheidung und selbsttätiger Regelung au gerüstet. Über jedem Gaserzeuger befindet sich ein Bu ker von 25 t Fassungsvermögen. Zur Bekohlung dient ei Lagerplatz-Krananlage. Außerdem ist noch eine Hilf beholungsanlage vorhanden. Zwischen den Bunkern u den Gaserzeugern ist eine verfahrbare halbselbsttäti Waage angeordnet. Die Verteilleitungen für Generato gas haben 1125 m Gesamtlänge bei 955 mm größtem u 175 mm kleinstem Rohrdurchmesser.

Links in Abb. 14 ist anschließend an den Verbindungsbau A-A1 die Schaltanlage 1 zu erkennen, die dem ersten Binderfeld der Hallen B und C des Blockes untergebracht werden mußte. Die Breite beträgt 5 m u die Länge 40 m. Trotz der für derartige Anlagen nic besonders glücklichen Grundrißabmessungen ist eine vo bildliche Anlage von außerordentlicher Übersichtlichke entstanden.

Im Erdgeschoß befinden sich rechts und links v einer Einfahrt in die Halle B des Blockes I je drei Tran formatorenkammern, anschließend ein Treppenhaus und ei Maschinenraum. Im 1. Obergeschoß ist über den Tran formatoren die Niederspannungs-Verteilanlage unte gebracht. In dem andern Teil des 1. Obergeschosses b finden sich über dem Maschinenraum die Betriebswach und die Gleichstrom-Verteiltafel. Das 2. Obergescho enthält die Hochspannungs-Schaltanlage und einen Bür raum.

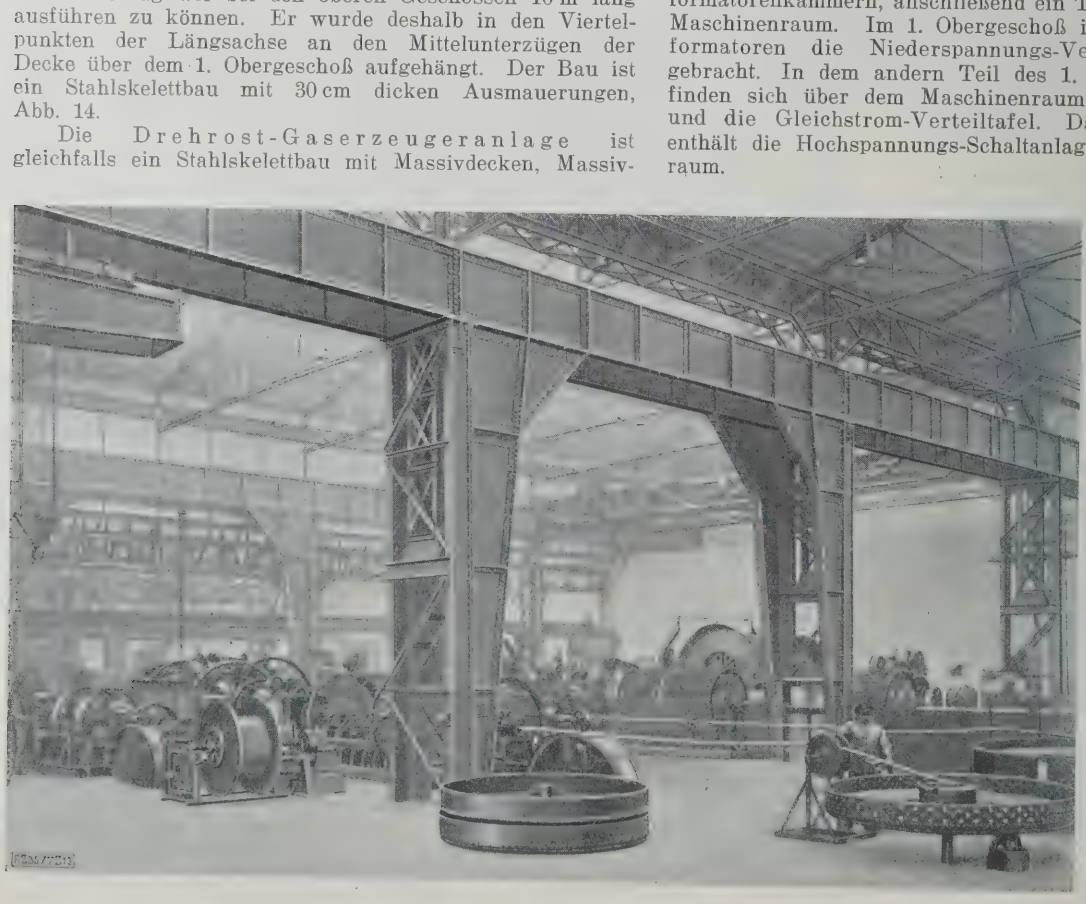
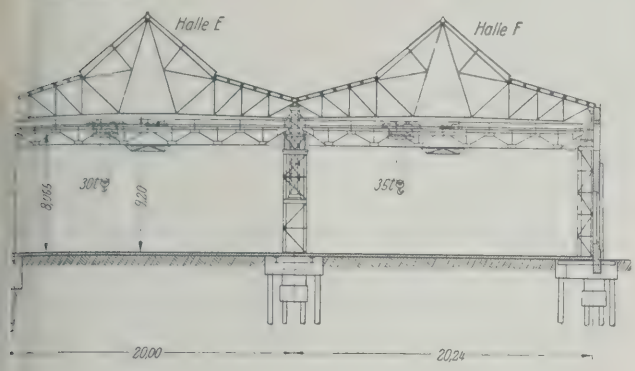


**Abb. 13**
Innenaufnahme der Hallen E und F der Starkstromkabelfabrik.

Zu Abb. 13




Der Hochspannungsraum hat 20 Doppel-Hochspannungszellen. Verwendet wurden Ovalkessel-Ölschalter für 0 000 kVA Kurzschlußleistung und als Auslösung für den Abzweig zwei abhängige Überstrom-Zeitrelais, für die ankommenden Kabel außerdem je zwei Rückleistungszeitrelais. Zwei Fernschaltmagnete dienen als Fernbetätigung für den im Maschinenraum im Erdgeschoß aufgestellten Gleichstromumformer und Phasenschieber.

Hinter den Transformatorenkammern sind in einem Gang die Hauptschalter für die Transformatoren aufgestellt, die von der Niederspannungs-Verteiltafel aus mittels Fernschaltung betätigt werden. Sodann befinden sich in dem Gang die für die Betriebe notwendigen Zähler.

Die Niederspannungs-Verteiltafel besteht aus Doppelfeldern. In der Mitte der beiden Felderseiten gegen die Hauptsammelschienen. Durch diese Anordnung wurde eine kurze und geradlinige Zuleitung von den Transformatoren erreicht. Die Hilfssammelschienen dienen dazu, gruppenweise den Verbrauch festzustellen. Im Niederspannungsraum befindet sich noch eine besondere Tafel, auf der sämtliche Meßgeräte der Hochspannungsseite, wie Strom-, Spannungs-, Leistungs- und cos $\varphi$-Messer aufgebaut sind. Der Boden der Anlage besteht aus Steinholzplatten, die 200 mm über dem eigentlichen Rockwerkfußboden liegen und zum Abdecken der Kabel dienen.

Die Schaltanlage 2 ist in ähnlicher Weise aufgebaut.

### Baustoffverbrauch

Aus den verbrauchten Mengen der wichtigsten Baustoffe, Zahlentafel 1, ist am besten der außerordentliche Umfang der ausgeführten Arbeiten zu ersehen. Im Höhepunkt der Bautätigkeit wurden rd. 1000 Bauhandwerker und Arbeiter beschäftigt. [B 3577]

Abb. 14
Verbindungsbau zwischen den Stockwerkbauten $A$ und $A_1$.

**Zahlentafel 1**
Baustoffverbrauch bei den Neu- und Umbauten im Kabelwerk der AEG

| | | |
|---|---|---|
| 1. Eisenkonstruktionen: | | |
| Neu | rd. | 5 100 t |
| Ausgebaute und wiederaufgestellte Konstruktionen | „ | 800 „ |
| | zusammen rd. | 5 900 t |
| 2. Ramm- und Bohrpfähle: | | |
| 32 cm Dmr. Bauart Mast ges. Länge | rd. | 18 400 m |
| 40 cm Dmr. „ „ „ „ | „ | 1 400 „ |
| 30,5 cm Dmr. „ „ „ „ | „ | 6 700 „ |
| | zusammen rd. | 26 500 m |
| Größte Rammpfahllänge 16 m | | |
| „ Bohrpfahllänge 13 „ | | |
| 3. Mauersteine: | | |
| Verblend- und Hintermauerungssteine | rd. | 2 600 000 |
| Deckensteine | „ | 400 000 |
| | zusammen rd. | 3 000 000 |
| 4. Zement (Gewichtstonnen) | rd. | 9 300 t |
| 5. Kies | „ | 40 000 m³ |
| 9. Moniereisen | „ | 730 t |

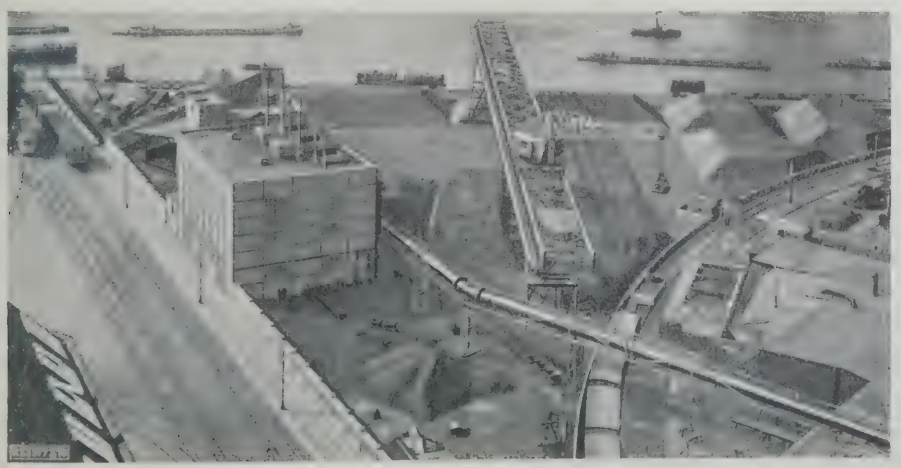


Abb. 15
Drehrost-Gaserzeugeranlage mit Kohlenlagerplatz.

# Rahmentafeln für Wasserdampf nebst Erläuterungen

### Beschlüsse der Internationalen Dampftafel-Konferenz in London[1])

In der zweiten Juliwoche des Jahres 1929 wurde in London eine Konferenz von verschiedenen Physikern und Ingenieuren abgehalten, die sich mit experimentellen Arbeiten über die Eigenschaften des Dampfes oder mit der Organisation solcher Arbeiten befassen. Auf dieser Konferenz, die durch die British Electrical and Allied Industries Research Association einberufen worden war, nahmen die folgenden Personen teil, die sämtlich in der einen oder andern Weise an der Untersuchung der Eigenschaften des Wasserdampfes beteiligt sind:

Amerika:
Dr. *Harvey N. Davis,* Präsident des Stevens Institute, Hoboken;
Dr. *Dickinson,* Bureau of Standards, Washington;
Prof. *J. H. Keenan,* Stevens Institute, Hoboken;
*George A. Orrok,* Beratender Ingenieur, New York;
*Nathan S. Osborne,* Bureau of Standards, Washington.

Deutschland:
Dr. *H. Hausen,* Gesellschaft für Linde's Eismaschinen, A.-G., München;
Prof. Dr. *M. Jakob,* Physikalisch-Technische Reichsanstalt, Berlin;
Geheimrat Prof. Dr. *O. Knoblauch,* Technische Hochschule, München;
Dr. *W. Koch,* Technische Hochschule, München;
Geheimrat Prof. Dr. *R. Mollier,* Technische Hochschule, Dresden.

England:
Prof. *H. L. Callendar,* F. R. S., Imperial College of Science & Technology, South Kensingthon, London;
*G. S. Callendar,* Imperial College of Science & Technology, South Kensington, London;
Prof. *W. A. Dalby* F. R. S., City and Guilds (Engineering) College, London;
*H. L. Guy,* Metropolitan-Vickers Electrical Co. Ltd., Manchester;
*I. V. Robinson,* British Electrical and Allied Manufacturers' Association, London;
*F. Samuelson,* British Thomson-Houston Co. Ltd., Rugby;
Dr. *G. G. Stoney,* F. R. S., C. A. Parsons & Co. Ltd., Newcastle.

Tschechoslowakei:
Dr *J. Havliček,* Witkowitzer Eisen- und Stahlwerke;
Prof. *Miškovský,* Universität Prag.

Einladungen waren ferner ergangen an Prof. *Stodola,* Zürich, der aber durch Krankheit verhindert wurde zu erscheinen, und an Prof. *F. G. Keyes* vom Massachusetts Institute of Technology, Boston, U. S. A., der wegen Zeitmangels absagen mußte.

Die Konferenz wurde Montag, den 8. Juli, um 10 Uhr 30 Min. vormittags durch Dr. *Daniel Adamson,* Präsident der Institution of Mechanical Engineers, eröffnet und unter dem Vorsitz von Sir *Richard Glazebrook,* F. R. S., weitergeführt.

Beim Beginn der Konferenz gaben die verschiedenen Forscher eine allgemeine Beschreibung der von ihnen benutzten Versuchseinrichtungen und unterrichteten einander über die von ihnen angewandten Verfahren zur Berichtigung und Begrenzung der möglichen Versuchsfehler.

Es folgte ein Meinungsaustausch, in welcher Form die Endergebnisse der Konferenz der Öffentlichkeit unterbreitet werden sollten. Die Teilnehmer sahen übereinstimmend die beste Lösung darin, eine nicht umfangreiche Tafel der Eigenschaften des Dampfes in „Rahmenform" auszuarbeiten. Für jeden in diese Tafel aufzunehmenden Wert sollten von seiten der vier beteiligten Länder Vorschläge gemacht werden. Dann sollte ein Mittelwert nebst einer angemessenen Toleranz angenommen werden. Man war sich darüber klar, daß in einigen Teilen der Tafel die erforderliche Toleranz verhältnismäßig groß sein müsse; bei der Verschiedenartigkeit der von den einzelnen Forschern benutzten Versuchseinrichtungen waren nämlich systematische Abweichungen der damit gewonnenen Ergebnisse zu erwarten.

Es wurde daher ein kleiner Arbeitsausschuß gebildet, der diesen Plan im einzelnen verfolgen und die beabsichtigten Rahmentafeln vorbereiten sollte. Dieser Ausschuß setzte sich folgendermaßen zusammen:

Amerika:
Dr. *Harvey N. Davis,* unterstützt durch Prof. *J. Keenan.*

Deutschland:
Dr. *M. Jakob* für gesättigten Dampf und
Dr. *H. Hausen* für überhitzten Dampf.

England:
*G. S. Callendar.*

Tschechoslowakei:
Prof. *Miškovský.*

*I. V. Robinson* von der englischen Abordnung wur zum Obmann dieses Arbeitsausschusses gewählt.

### Inhalt der Rahmentafeln

Der Arbeitsausschuß beschloß, die Sattdamp Tafeln auf 8 Temperaturen zwischen 0 °C und 350 mit Intervallen von 50 °C aufzubauen und für jede Ter peratur Werte der folgenden Größen festzulegen:
Sättigungsdruck
Spezifisches Volumen des Wassers
Spezifisches Volumen des Dampfes
Wärmeinhalt des Wassers
Wärmeinhalt des Dampfes.

Bezüglich der Heißdampf-Tafeln beschlo man, eine Anzahl von Drücken zwischen 1 und 250 Atm sphären auszuwählen und für Temperaturintervalle vo 50 °C oder 100 °C das spezifische Volumen und den Wärm inhalt des Dampfes in Zahlentafeln festzulegen.

### Einheiten und Umrechnungsfaktoren

In den vorliegenden Rahmen-Tafeln werden die fol genden Einheiten benutzt:

| | Einheit | Dimensio |
|---|---|---|
| Länge . . . . . | Meter | m |
| Spezifisches Volumen | Kubikmeter je Kilogramm | $m^3/kg$ |
| Druck . . . . . | Kilogramm je Quadratzentimeter | $kg/cm^2$ |
| Temperatur . . . . | Grad der 100teiligen Temperaturskala | °C |
| Wärmeinhalt . . . . | Internationale Kilokalorie, nach Definition $= \frac{1 \text{ Kilowattstunde}}{860}$ | kcal/kg |

Bei jedem internationalen Vergleich physikalische Werte können Irrtümer auftreten infolge der kleine Unterschiede in den Grundeinheiten, die in jedem Land verwendet werden; der Arbeitsausschuß beschloß daher die zu verwendenden Einheiten sorgfältig zu prüfen un klarzustellen. Im folgenden ist im einzelnen kurz be gründet, warum die betreffenden Einheiten empfohle werden.

### Umrechnungsfaktor für Drücke

Als Umrechnungsfaktoren für den Druck vom metri schen zum F. P. S.-System (foot-pound-second-System) un umgekehrt sind die folgenden Werte zugrunde gelegt:
1 pound = 453,5924 Gramm
1 inch = 2,54000 cm.

Mit diesen Werten ist
$1 \text{ kg/cm}^2 = 14{,}223334$ lb./square inch.

Hierzu ist zu bemerken, daß das benutzte metrische Äquivalent des Inch zwischen den amerikanischen un englischen gesetzlichen Werten liegt. Diese Werte sin
in Amerika: 1 inch = 2,540005 cm
in England: 1 inch = 2,539996 cm.

Der amerikanische Wert beruht auf der Definition, da das Meter gleich 39,37/12 eines Foot ist, während der eng lische Wert das Ergebnis des 1922/24 vorgenommene letzten Vergleichs des Meterprototyps und des Standard yards ist. Der kleine Unterschied beider Werte beeinflußt den Umrechnungsfaktor für Drücke nicht merklich es wäre nämlich
$1 \text{ kg/cm}^2 = 14{,}223340$ lb./square inch (amerikanisch),
1 „ $= 14{,}223329$ lb./square inch (englisch).

Der Wert 14,223, der sowohl der amerikanischen al auch der englischen Grundlage auf 5 Stellen genau ent spricht, wurde für die Ausarbeitung der vorliegenden Tafeln benutzt.

In die Beziehungen zwischen dem Pound und dem Gramm, nach der obigen Festsetzung, geht die Schwere beschleunigung $g$ bei der Berechnung nicht ein, vorausgesetzt, daß stets derselbe Wert dafür gebraucht wird. Es mag immerhin vermerkt werden, daß hier der Normalwert 980,665 cm/s² benutzt ist.

[1]) Der Wortlaut der Beschlüsse wurde der Einfachheit halber nur in einer Sprache (englisch) vereinbart und im Auftrage der deutschen Abordnung von *M. Jakob* ins Deutsche übersetzt.

## Rahmentafeln für Wasserdampf

### Mittelwerte und Toleranzen für den Sättigungszustand

| Tempe-tur | Sättigungsdruck | | Spezifisches Volumen des Wassers | | des Dampfes | | Wärmeinhalt des Wassers | | des Dampfes | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mittelwert | Toleranz | Mittelwert | Toleranz | Mittelwert | Toleranz | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. |
| °C | kg/cm² | ± kg/cm² | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg | kcal/kg*) | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg |
| 0 | 0,00623 | 0,00001 | 0,00100 | 0,00000 | 206,4 | 0,1 | 0 | 0 | 595,4 | 1,2 |
| 50 | 0,1258 | 0,0001 | 0,00101 | 0,00000 | 12,06 | 0,01 | 49,95 | 0,02 | 618,5 | 1,0 |
| 00 | 1,0333 | 0,0000 | 0,00104 | 0,00000 | 1,674 | 0,001 | 100,04 | 0,02 | 639,2 | 0,5 |
| 50 | 4,854 | 0,002 | 0,00109 | 0,00000 | 0,393 | 0,001 | 150,93 | 0,03 | 656,0 | 1,5 |
| 00 | 15,85 | 0,01 | 0,00116 | 0,00000 | 0,1270 | 0,0006 | 203,60 | 0,04 | 667,5 | 2,0 |
| 50 | 40,60 | 0,05 | 0,00126 | 0,00001 | 0,0501 | 0,0002 | 259,35 | 0,3 | 670 | 3 |
| 00 | 87,7 | 0,1 | 0,00142 | 0,00001 | 0,0218 | 0,0005 | 321,8 | 1,0 | 657,5 | 5,0 |
| 50 | 168,7 | 0,1 | 0,00179 | 0,00003 | 0,0089 | 0,0002 | 403,7 | 2,0 | 617 | 7 |

### Mittelwerte und Toleranzen für überhitzten Dampf

#### Spezifisches Volumen

| ruck | 1 kg/cm² | | 5 kg/cm² | | 10 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mpe-atur | Mittel-wert | Tole-ranz | Mittel-wert | Tole-ranz | Mittel-wert | Tole-ranz |
| °C | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg |
| 100 | 1,730 | 0,003 | | | | |
| 200 | 2,213 | 0,004 | 0,4331 | 0,0006 | 0,2100 | 0,0002 |
| 300 | 2,689 | 0,005 | 0,5326 | 0,0006 | 0,2631 | 0,0003 |
| 400 | 3,160 | 0,005 | 0,6294 | 0,0006 | 0,3125 | 0,0003 |
| 450 | 3,396 | 0,005 | 0,6783 | 0,0020 | 0,3367 | 0,0003 |
| 500 | 3,632 | 0,005 | 0,7242 | 0,0020 | 0,3604 | 0,0004 |
| 550 | 3,868 | 0,005 | 0,7720 | 0,0020 | 0,3846 | 0,0004 |

| ruck | 25 kg/cm² | | 50 kg/cm² | | 100 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mpe-atur | Mittel-wert | Tole-ranz | Mittel-wert | Tole-ranz | Mittel-wert | Tole-ranz |
| °C | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg |
| 300 | 0,1011 | 0,0003 | 0,0465 | 0,0004 | | |
| 400 | 0,1224 | 0,0003 | 0,0591 | 0,0004 | 0,0271 | 0,0004 |
| 450 | 0,1327 | 0,0003 | 0,0645 | 0,0004 | 0,0305 | 0,0004 |
| 500 | 0,1426 | 0,0003 | 0,0698 | 0,0004 | 0,0334 | 0,0004 |
| 550 | 0,1523 | 0,0004 | 0,0749 | 0,0005 | 0,0361 | 0,0005 |

| ruck | 150 kg/cm² | | 200 kg/cm² | | 250 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| mpe-atur | Mittel-wert | Tole-ranz | Mittel-wert | Tole-ranz | Mittel-wert | Tole-ranz |
| °C | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg | m³/kg | ± m³/kg |
| 400 | 0,0162 | 0,0003 | 0,01028 | 0,00005 | 0,00636 | 0,00005 |
| 450 | 0,0190 | 0,0003 | 0,01312 | 0,00025 | 0,00940 | 0,00015 |
| 500 | 0,0212 | 0,0004 | 0,01512 | 0,00035 | 0,01136 | 0,00030 |
| 550 | 0,0232 | 0,0005 | 0,01673 | 0,00045 | 0,0130 | 0,0004 |

#### Wärmeinhalt

| Druck | 1 kg/cm² | | 5 kg/cm² | | 10 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tempe-ratur | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. |
| °C | kcal/kg*) | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg |
| 100 | 639,4 | 0,1 | | | | |
| 200 | 687,5 | 1,0 | 682,5 | 1,5 | 676,2 | 1,5 |
| 300 | 735,3 | 1,5 | 732,5 | 2,0 | 729,5 | 2,0 |
| 400 | 783,4 | 1,5 | 781,7 | 2,0 | 780,0 | 2,0 |
| 450 | 807,7 | 1,5 | 807,0 | 2,0 | 805,0 | 2,0 |
| 500 | 832,6 | 1,5 | 831,6 | 2,0 | 830,2 | 2,0 |
| 550 | 858,0 | 2,0 | 857,5 | 2,0 | 856,5 | 2,0 |

| Druck | 25 kg/cm² | | 50 kg/cm² | | 100 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tempe-ratur | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. |
| °C | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg |
| 300 | 719,8 | 1,5 | 700,6 | 2,5 | | |
| 400 | 774,4 | 1,5 | 764,0 | 2,6 | 741,7 | 3,0 |
| 450 | 800,5 | 1,5 | 793,5 | 2,0 | 776,3 | 3,0 |
| 500 | 827,7 | 2,0 | 822,0 | 3,0 | 809,5 | 3,0 |
| 550 | 853,8 | 2,5 | 850,0 | 5,0 | 840,0 | 5,0 |

| Druck | 150 kg/cm² | | 200 kg/cm² | | 250 kg/cm² | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Tempe-ratur | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. | Mittelwert internat. | Toleranz ± internat. |
| °C | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg | kcal/kg |
| 400 | 713,9 | 3,0 | 676,0 | 2,5 | 622,0 | 4,0 |
| 450 | 757,7 | 3,0 | 736,0 | 4,0 | 712,0 | 6,0 |
| 500 | 797,5 | 4,0 | 784,0 | 6,0 | 769,0 | 8,0 |
| 550 | 832,0 | 5,0 | 823,0 | 8,0 | 812,0 | 10,0 |

*) Die „internationale Kilokalorie" ist weiter unten definiert als das Wärmeäquivalent des 860. Teiles einer internationalen Kilowattstunde.

### Umrechnungsfaktor für spezifische Volumina

Entsprechend den oben festgelegten Umrechnungs-erten für Inch und Pound erhält man die Kubikmeter/Kilo-ramm aus den cubic feet/lb. durch Multiplikation mit

$$\frac{(12 \cdot 2{,}54)^3}{0{,}453592 \cdot 10^6} = 0{,}0624279.$$

Der Wert 0,06243 wurde als genügend genau benutzt. Es st demnach

1 cubic foot/pound = 0,06243 m³/kg

der umgekehrt

1 m³/kg = 16,0184 cubic feet/pound.

### Wärme-Einheiten

Vor der Wahl des Arbeitsausschusses erwog die Kon-erenz sorgfältig, in welchen Einheiten der Wärmeinhalt ngegeben werden sollte. Die anzunehmende Einheit sollte nbedingt frei sein von allen verwickelten Einflüssen, die on der Veränderlichkeit der Schwerebeschleunigung in erschiedenen Gegenden der Welt und von der Veränder-ichkeit der spezifischen Wärme des Wassers mit der emperatur herrühren; man wollte ferner eine Definition ermeiden, die bei jedem Fortschritt der Kalorimetrie eine Änderung des Wärmeäquivalentes bedingte. Es wurde in er Konferenz darauf hingewiesen, daß elektrische Ein-heiten sowohl von der Schwerebeschleunigung als von em Wärmeäquivalent unabhängig, daß sie in sehr engen Grenzen genau bekannt und international angenommen eien und daß es daher sehr wünschenswert sei, die allge-meine Annahme einer Wärmeeinheit sicherzustellen, die durch elektrische Arbeitseinheiten zu definieren wäre.

Diese Einheit sollte nicht wesentlich von den bis jetzt gebrauchten Wärmeeinheiten verschieden sein und aus einer elektrischen Einheit mittels eines leicht zu merkenden Um-rechnungsfaktors hervorgehen.

Eine Einheit, die als das Wärmeäquivalent des 860. Teiles einer internationalen Kilowattstunde definiert ist, erfüllt diese Anforderungen und wurde von der Kon-ferenz als Grundeinheit für die vorliegenden Tafeln an-genommen. Es wird empfohlen, sie als die „internationale Kilokalorie" zu bezeichnen.

Die internationale Kilokalorie unterscheidet sich von den bis jetzt in den verschiedenen Ländern benutzten Kilokalorien um weniger als ± 0,05 vH, also unbedeutend. Sie hat aber den großen Vorzug, von den Bestimmungen des elektrischen Wärmeäquivalentes unabhängig zu sein, die etwas voneinander abweichen.

Bei seinen Arbeiten hat Prof. *Callendar* eine mittlere Kalorie, gleich 4,185 Joule, benutzt. Die deutschen For-scher haben die 15 °C-Kalorie, gleich 4,184 Joule, ange-wandt, während die amerikanischen Forscher den neuen Wert des Bureau of Standards für die mittlere Kalorie von 4,1876 Joule benutzt haben; dagegen entspricht die oben definierte Kilokalorie 4186 Joule.

### Internationale Temperaturskala

Die Konferenz nahm für die Temperaturangaben die internationale Temperaturskala an, die, wie bekannt, definiert ist durch die Temperatur des Eispunktes, die Tem-

peratur des Wassersiedepunktes beim Druck einer normalen physikalischen Atmosphäre und den Siedepunkt von Schwefel 444,60 °C, ebenfalls beim Druck einer normalen physikalischen Atmosphäre.

**Definitionen**

a) Sättigungsdruck bei 100 °C

In der internationalen Temperaturskala ist die Temperatur von 100 °C als die Temperatur des Dampfes von destilliertem Wasser definiert, das unter dem Druck einer normalen physikalischen Atmosphäre siedet. Diese ist definiert als der Druck, der einer Quecksilbersäule von 76 cm Höhe bei der normalen Schwerebeschleunigung $g = 980{,}665$ cm/sec² und 0 °C entspricht. Da die Dichte von Quecksilber bei 0 °C gleich 13,5955 Gramm/cm³ ist, so ist eine normale physikalische Atmosphäre gleich 1033,258 oder, abgerundet, 1033,3 Gramm/cm². Hiernach ist der Sättigungsdruck bei 100 °C gleich 1,0333 kg/cm² unter normalen Schwerebedingungen. Dies ist daher kein vereinbarter Wert, sondern eine Definition und bedarf somit keiner Toleranz.

b) Wärmeinhalt des Wassers bei 0 °C

Eine zweite zu erwähnende Definition ist die des Wärmeinhaltes des Wassers bei 0 °C. Experimentatoren und Verfasser von Dampftafeln haben wohl stets den Wärmeinhalt einer Flüssigkeit oder eines Dampfes so definiert, daß für 0 °C und Sättigungsdruck der Wärmeinhalt der Flüssigkeit gleich null war. Dieser letztere Wärmeinhalt ist daher gleich null durch Definition.

**Aufstellung der Rahmentafeln**

Die in die Rahmentafeln einzusetzenden Zahlen erhielt man folgendermaßen: Jede Abordnung berechnete aus den von ihren eigenen Mitgliedern angegebenen Werten einige oder alle Zahlen für die Tafeln, und diese wurden dann sorgfältig miteinander verglichen. Bei der Entscheidung über die in die Rahmentafeln einzusetzenden Werte, die sich auf die verschiedenen von den einzelnen Ländern ausgehenden Vorschläge stützten, wurde auf das Verfahren geachtet, nach dem die Werte bestimmt worden waren. Mehr Gewicht wurde den Werten beigelegt, die aus unmittelbaren Versuchen als denjenigen, welche nur aus Extrapolationen gewonnen waren.

Hiernach sind die in die Tafeln aufgenommenen Zahlen nicht einfach durch mechanisches Mitteln der von den einzelnen Ländern stammenden Werte gewonnen, sondern durch sehr sorgsame Beurteilung der verschiedenen vorgeschlagenen Werte. Das gleiche gilt für die zu jedem Wert gehörige Toleranz. Sämtliche Zahlen wurden von der Konferenz einstimmig als vorläufiges Ergebnis ihrer Verhandlungen angenommen.

Nach Beendigung der Konferenz prüfte und berichtigte jeder Beteiligte die von ihm im Arbeitsausschuß vorgeschlagenen Werte; die auf S. 1857 wiedergegebenen Rahmentafeln für Wasserdampf sind auf diesen berichtigten Werten aufgebaut.

**Spätere Untersuchungen**

Es wurde festgestellt, daß bei den Werten, für die s eine verhältnismäßig große Toleranz als notwendig wiesen hatte, besondere Schwierigkeiten bestehen u weitere eingehende Versuche erforderlich sind. Man ka hoffen, daß auf Grund solcher weiterer Untersuchung die Werte bei einer späteren Konferenz verändert werd können; wenn nämlich der Unterschied zwischen den den einzelnen Ländern gefundenen Zahlenwerten sich v kleinert haben wird, können natürlich auch die Toleranz verkleinert werden. Ferner können bei einer solch späteren Konferenz Werte für eine größere Zahl v Drücken und Temperaturen eingefügt werden. Indem m so die Rahmentafeln Schritt für Schritt verbessert u die Toleranzen verkleinert, wird es hoffentlich in ve hältnismäßig kurzer Zeit möglich sein, zu einer in eng Grenzen genauen Rahmentafel zu gelangen, die von all anerkannten Fachleuten angenommen werden wird.

Der Arbeitsausschuß und die Konferenz waren si darüber völlig klar, daß bei dem zur Aufstellung d Rahmentafeln angewandten Verfahren die angenor menen Werte des Wärmeinhaltes und des spezifischen V lumens nicht in streng wissenschaftlichem Sinne therm dynamisch vereinbar sein mögen, da nach der Theor sämtliche übrigen Werte von nur zwei Zustandsgröße z. B. Temperatur und Druck, abgeleitet werden könne wenn eine vollkommen richtige Zustandsgleichung ve fügbar ist. Es wäre also denkbar, daß für gegebene Wer des Druckes und der Temperatur die Werte des spezif schen Volumens und des Wärmeinhaltes der Tafeln nic ganz zusammenstimmen. Durch die Wahl großer Toleran zen aber dürfte ein solcher Widerspruch praktisch ausge schlossen sein.

Sollte in der Folge in einem bei der Konferenz be teiligten Lande die Herausgabe neuer Dampftafeln geplan werden, so sollten diese so berechnet werden, daß ihr Werte die in den Rahmentafeln angegebenen Toleranze nicht überschreiten, da an der Genauigkeit der Werte, di diese Toleranzen nicht einhalten, beträchtliche Zweife bestehen würden. Es wird der Hoffnung Ausdruck gegeben daß auch in den Ländern, die an der Konferenz nicht be teiligt waren, diesem Gedankengang zugestimmt wird.

Es wurde für wünschenswert erachtet, das Vorgehen mit dem man zu den in den Rahmentafeln mitgeteilte Werten gekommen ist, näher zu erklären, in Anbetrach dessen, daß die Einführung von Toleranzen bei Eigen schaften des Dampfes neu, aber durch die vorliegenden Um stände wohl begründet ist.

Endlich sei noch einmal darauf hingewiesen, daß di Konferenz auf solche Physiker und Ingenieure beschränk blieb, die sich zur Zeit mit der Untersuchung der Eigen schaften des Dampfes befassen, und daß keine Einladun gen an solche Personen ergangen waren, die, wenn auch stark an der Verwendung von Dampftafeln interessiert doch zur Zeit keine Untersuchungen darüber anstellen.

[M 3895]

## Landeskultur in Südostitalien

Über gewaltige Kulturarbeiten berichtet *G. Postiglione*, der königliche Kommissar für den Selbständigen Verband der Apulischen Wasserleitungen[1]). Der Verband, durch Gesetz von 1920 begründet, ist 1924 in Tätigkeit getreten. Er hat die schon fortgeschrittenen staatlichen Arbeiten übernommen und seitdem ein großes Werk der Landeskultur in dem südöstlichen Zipfel der italienischen Halbinsel, den Provinzen Avellino, Bari, Foggia, Lecce, Brindisi, Taronto und Potenza weiter gefördert. Von den Höhen des Appennin führt eine lange weit verzweigte Leitung mit Stollen und Dükern dem bisher wenig ertragreichen Lande, dessen Wasserläufe großenteils im Sommer versiegen, und den Städten und Häfen bis zum Adriatischen und Ionischen Meere Wasser zu. Grundwasser wird durch zahlreiche Brunnen erschlossen, Berge werden aufgeforstet, Versuchsfelder ergeben eine gewaltige Ertragsteigerung. Die Kosten der Anlage, des Betriebes und der Unterhaltung der Wasserleitung, der Abzuggräben und der Bewässerung, die der Verband von 1920 bis Juni 1928 aufgewendet hat, belaufen sich auf 268 Mill. Lire. Dazu treten die vom Staate seit 1898 geleisteten Ausgaben von 201 Mill. Lire, zusammen 469 Mill. Lire. Der Hauptkanal hat 244 km Länge, die Gesamtleitungen 2700 km. 120 Gemeinden mit 1,7 Mill. Einwohnern (1921) werden versorgt, der Wasserverbrauch beträgt mehr als 20 Mill. m³. Die Anlage ist in rascher Entwicklung begriffen. [N 3809] *R. S.*

[1]) Ente Autonomo per l'Acquedotto Pugliese (Selbständiger Verband der Apulischen Wasserleitungen). Bari 1926/29, *Gius. Laterza & Figli*. Prima Relazione sull' attività dell' ufficio speciale irrigazione. 66 S. m. 32 Abb., 17 Taf. und 3 Karten. Preis 45 Lire. — Seconda Relazione: 201 Seiten m. 40 Abb. und 8 Taf. Preis 40 Lire. — Relazione al Parlamento sull' andamento dell' azienda durante l'anno 1927: 213 S. m. 12 Taf. Preis 25 Lire; 1928: 205 S. m. 15 Taf. Preis 25 Lire.

## Elektrische Stickstoffgewinnung nach Tern

Auf dem Gaswerk Engelsdorf bei Leipzig der Thüringer Gasgesellschaft wurde vor kurzem eine Anlage für elektrische Stickstoffgewinnung, Bauart Dr. *Tern*[1]), in Betrieb genommen, um schwefelsaures Ammoniak aus den beim Verkoken und Reinigen des Gases anfallenden Nebenerzeugnissen: dem Ammoniakwasser und dem im Gas enthaltenen Schwefel, zu gewinnen. Das Ammoniakgas wird durch Abtreiben mit Dampf in stufenweise arbeitenden Geräten erzeugt. Die zur Herstellung des Sulfates erforderliche Schwefelverbindung $SO_3$ wird folgendermaßen hergestellt: Die verbrauchte Reinigermasse wird in einem Ofen geröstet. Das sich hierbei entwickelnde Schwefeldioxyd verwandelt sich im elektrischen Lichtbogen in Schwefeltrioxyd, und dieses Schwefeltrioxyd schlägt sich mit dem Ammoniak zusammen als schwefelsaures Ammoniak nieder. Das so gewonnene Salz mit rd. 22 vH Stickstoffgehalt ist rein weiß und fällt streufertig an. Der Stromverbrauch ist gering, die Bedienung der Anlage einfach. Schwefelsäure wird nicht gebraucht. [N 3817] *Gw.*

[1]) „Das Gas- und Wasserfach" Bd. 72 (1929) Nr. 37 S. 911.

# Ultrarote Strahlen zur Signalgebung und Orientierung im Nebel

Im Verfolg der Verkehrstagung in Danzig[1]) fand am eptember d. J. eine vom Verein deutscher Ingenieure erufene Sitzung statt mit Vorträgen und Aussprache r die Möglichkeiten, ultrarote Strahlen zur Signalgebung Orientierung im Nebel für Land-, See- und Luftfahrge zu verwenden. An der Sitzung beteiligten sich Ver- er von Behörden, Wissenschaftler und Fachleute, für die se Fragen von Belang sind.

Dipl.-Ing. *Wolff*, Hamburg, als Verhandlungsleiter, rte u. a. in seinem Vortrag „Physiologische und ychologische Anforderungen an Signale" daß die Zahl der Zeichen, auf die der Mensch ansprechen ß, möglichst einzuschränken sei, daß die Signale schon große Entfernung erkennbar und unter allen Wetterverhältnissen deutlich wahrnehmbar sein sollen. Im dichten bel dringen die üblichen Lichtsignale nicht durch, man ß daher nebeldurchdringende, z. B. ultrarote Strahlen zu fe nehmen. Nach seiner Ansicht kommen jedoch für ıdfahrzeuge nur sichtbare Zeichen in Frage.

Die Aufgabenstellung vom Standpunkt des Praktikers te Dr. *Koppe*, Berlin, mit seinem Vortrag

**ufgaben und Möglichkeiten der Anwendung ultraroter Strahlen im Verkehrswesen**

ter besonderer Berücksichtigung des ftverkehrs" übernommen. Er skizzierte die Auf- en allgemein etwa so, daß er die Verkehrsmittel nach Grad ihrer Freibeweglichkeit gliederte, darunter hergehoben solche, die nur in der Bewegung ihren Gleichvichtzustand erhalten können. Demnach müssen die chen, die zur Standortbestimmung oder Nachrichtenüberıtlung dienen, unmittelbar oder mittelbar gegeben und pfangen werden. Dabei treten Schwierigkeiten auf insondere infolge der physikalischen Zustandsänderungen Übertragungsmittels (Luft), infolge der Störgeräusche des Betriebzustandes des Fahrzeuges (hohe Eigengewindigkeit, veränderliche Beschleunigung, Schwingen u. a.).

Im Nebel zu fliegen und auch an das Ziel heranzukomn, ist ohne weiteres mit den jetzigen Hilfsmitteln mögt, zu landen dagegen bleibt ein Wagnis. Die Aufgabe felt also in der Forderung: genaue Ort- und Richtungsimmung und zuverlässige Höhenmessung über dem len. Außer Kurzwellenstrahlen kommen hierfür die ultraen Strahlen in Betracht. Ungenügend geklärt ist der fluß des Nebels auf die Reichweite dieser Strahlen, der Kern aller Untersuchungen bildet, so auch die Peilbardieser Strahlen etwa auf Grund der Wärmestrahlung Motors, Ortbestimmung nach der Sonne, deren Lage man ch den Nebel mittels ultraroter Strahlen feststellen nte. Nach diesen Forderungen wäre ein rasch anechender Empfänger, akustisch oder optisch, zu schaffen.

**e praktischen Aussichten der Benutzung ultraroter hlen für das Verkehrswesen vom Standpunkte der Wissenschaft und Forschung"**

e Regierungsrat Dr. *C. Müller*, Berlin, dar. Grundsätzsind zwei Anwendungsgebiete zu unterscheiden:

1. In unsichtiger Nacht oder im Nebel Flugzeuge, iffe, Eisberge, Hochöfen, Industriewerke mittels ultraer Strahlen aufzufinden, wobei es sich um die meßnische Erfassung geringer Unterschiede von sehr langliger Temperaturstrahlung handelt.

2. Die Verwendung ultraroter Strahlung zur eigentn Signalgebung, wobei weitgehende Freiheit in der hl der ultraroten Wellenlängen besteht.

Als Anzeigegerät für die langwellige Strahlung des genannten Anwendungsgebiets haben der Vortragende seine Mitarbeiter außer verbesserten Thermoelementen artige Bolometerkonstruktionen und Materialien in Entklung, beispielsweise Bolometer mit Selen und Tellur, eine wesentlich höhere Temperaturempfindlichkeit des trischen Leitvermögens als die üblichen Platinstreifen weisen, ferner Bestrahlungs- und Betriebschaltungen, die hohem Maße von äußeren Einflüssen unabhängig sind. tere Versuche betreffen Meßgeräte mit Verstärkerröhren, denen durch die zu messende Strahlung die Temperatur damit der Emissionsstrom der Glühkathode erhöht wird.

Bezüglich der Schwächung der verschiedenen ultraroten hlungsgebiete durch stark unsichtiges Wetter und dichechten Nebel ist nach meteorologischen Erfahrungen rscheinlich, daß bei Gegenständen niedriger Temperatur, wie Flugzeugen, Schiffen usw. deren sehr langwellige Strahlung in starken Nebelschichten stark absorbiert wird.

Da die Frage nach der Ultrarotschwächung durch unsichtiges Wetter auch für die zweite meßtechnische Aufgabe, die eigentliche Signalgebung bei Nebel, die Grundfrage darstellt, gab der Vortragende einen Überblick darüber, wie die physikalisch erklärbaren Bestandteile des Nebelwetters, der Wasserdampf der Atmosphäre und die eigentlichen Wasserdampf-Nebeltröpfchen schwächend auf die verschiedenen ultraroten Wellenlängenbereiche wirken.

Die Schwächungen bestehen in der wirklichen Energieabsorption im Wasserdampf oder im flüssigen Wasser der Tröpfchen, außerdem in ablenkender Brechung, Reflexion und Beugung an den Wassertröpfchen und an den Luft- und Dampfmolekülen. Die bolometrische Aufnahme des ultraroten Sonnenspektrums (*Langley*), das bei 5 $\mu$ völlig aufhört, zeigt, daß für längere Wellenlängen als 5 $\mu$ größere Wasserdampfschichten, wie sie in der Atmosphäre von der Sonne durchstrahlt werden, undurchlässig sind. Hingegen werden nach Versuchen von *Paschen*, *Hettner* u. a. kurzwellige Ultrarotstrahlen im Gegensatz zu langwelligen auch bei dickeren Wasserdampfschichten noch verhältnismäßig wenig unmittelbar absorbiert. Vom theoretischen Standpunkt aus ist nach Überlegungen von *Stöckert* bei Dunst die Schwächung längerer Wellen infolge von Reflexion, Brechung, Beugung geringer, so daß also in diesem Falle von einer Verwendung ultraroter Strahlen durchschlagende Erfolge zu erwarten sind; bei echtem Nebel hingegen ist von einer Wahl größerer Wellenlängen gegenüber sichtbarem Licht keine Verbesserung der Signalreichweite zu erhoffen.

Praktische Untersuchungen haben *Granath* und *Hulburt* durchgeführt. Als Strahler dienten Temperaturstrahler im Brennpunkt eines 24zölligen Metallspiegels, als Empfänger eine Thermosäule mit Flußspatfenster in einem gleichartigen Spiegel, als Anzeigegerät ein Galvanometer und zum Abgrenzen der Wellenlängenbereiche Glasfilter. *Granath* und *Hulburt* fanden, daß für Nebel verschiedener Dichte die Reichweite kurzwelliger Ultrarotstrahlung in der Gegend von 1,4 $\mu$ etwas größer ist als die von rotem Licht. Sie beträgt für Nebel von 1 km Sichtweite, den sie schon als „dicht" bezeichnen, nur etwa 10 vH. In ziemlich dichtem Nebel wurde die Lichtstärke eines Scheinwerfers auf 400 m bis zu etwa $^1/_7$ herabgesetzt. Die Ergebnisse bestätigten *Stöckerts* und *Müllers* Folgerungen, daß für die praktische Auswertung der Ultrarotstrahlung für Nebelsignale in erster Linie der kurzwellige Ultrarotbezirk unterhalb 2 $\mu$ in Frage kommt. Die Versuche sollten indes durch genauere spektrale Messungen nachgeprüft werden.

Als Empfänger für kurzwellige ultrarote Strahlen kommen Thermoelemente und Bolometer in Frage, ferner photoelektrische Empfänger, wie Selen- und Alkalizellen, Molybdänitempfänger nach *Coblentz*, vor allem aber die von *Case* aus einer Thallium-Sauerstoff-Schwefel-Verbindung hergestellten sogenannten Thalofidezellen, die bei kurzwelliger Ultrarotbestrahlung, ähnlich Selen gegenüber sichtbarem Licht, stark erhöhte elektrische Leitfähigkeit erfahren und, weil vom *Case*-Laboratorium nicht mehr abgegeben, jetzt auf Anregung des Vortragenden auch in Deutschland hergestellt werden (z. B. Osramfabrik A). Auch die vom Vortragenden hergestellten äußerst dünnen Metallblättchen dürften neue Entwicklungsmöglichkeiten bieten.

Dr. *Müller* hat in Zusammenarbeit mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luftschiffahrt und der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt ein

**Ultrarotpeilgerät unter Benutzung der Thalofidezelle**

als Bordgerät für Luftfahrzeuge entwickelt, das, mit einer Verstärkereinrichtung vereinigt, bei ungefährem Insichtkommen des Signallichtes die notwendige Richtungsänderung unmittelbar durch den Sinn des Zeigerschlages angeben sollte, und zwar sowohl nach der Seite wie nach der Höhe. Ferner sollte das Peilgerät bei den im Flugzeug auftretenden starken und raschen Temperaturänderungen möglichst keine Nachstellung erfordern.

Die Wirkungsweise ist folgende: Ein kleiner Stromerzeuger schickt durch die Thalofidezelle einen Wechselstrom, der weiterhin durch ein Gleichstrommeßgerät fließt. Mittels eines mit dem Stromerzeuger gekuppelten Spiegels wird in der einen Stromrichtung des Wechselstroms jeweilig das Blickfeld der Thalofidezelle auf einen Geländeabschnitt *a* gerichtet, in der andern Stromrichtung auf einen andern, seitlich daneben liegenden Geländeabschnitt *b*. Sind die Strahlungen beider Geländeabschnitte gleich, so wird die Thalofidezelle für beide Stromrichtungen gleiche Ströme hindurchlassen, und diese gleichen Ströme wechselnder Richtung werden einander in der Einwirkung auf das Gleichstrom-Anzeigegerät aufheben; dieses wird also bei genügend hoher Wechselstromfrequenz in Ruhe bleiben,

[1]) Vergl. Bericht in Z. Bd. 73 (1929) Nr. 39 S. 1405 und Vortrag von *Bender:* „Neuzeitliche Verfahren der Verkehrssicherung", Z. Bd. 73 Nr. 44 S. 1581.

und zwar auch dann noch, wenn die Thalofidezelle allmählich infolge Erwärmung oder allgemein zunehmender Helligkeit und Belichtung immer stärkere Ströme hindurchläßt.

Gibt hingegen von den beiden Geländeabschnitten *a* und *b*, die der Spiegel und die Thalofidezelle fortwährend abtasten und vergleichen, nur der Abschnitt *a* infolge auftretender zusätzlicher Signalstrahlung jedesmal eine etwas stärkere Bestrahlung und Durchlässigkeit in der Thalofidezelle, so werden die in der einen Stromrichtung daraus entspringenden größeren Stromstöße das Galvanometer nach einer bestimmten Richtung ausschlagen lassen. Vereinigt man kreuzweise zwei derartige Anordnungen, so läßt sich nötigenfalls neben Seitenweisung auch Höhenweisung erreichen.

Die verhältnismäßig primitive Versuchseinrichtung, die als Anzeigegerät ein kleines billiges Milliamperemeter (Mavometer) unter Zwischenschaltung eines zweistufigen Gleichstromverstärkers enthielt und sichtbares Licht durch ultrarotdurchlässige Schwarzfilter ausschalten ließ, gab die Richtung bis auf weniger als 1 ° genau an. Die Genauigkeit kann leicht gesteigert werden. Man konnte die Helligkeit der Allgemeinbestrahlung bei diesem Peilgerät erwartungsgemäß weitgehend verändern, ohne daß sich der Nullpunkt störend verlagerte oder die zusätzliche Wahrnehmung von schwachen Helligkeitsunterschieden verhindert wurde. Als Anhalt für die mit einem kleinen 6 cm-Spiegel vorläufig erreichte Empfindlichkeit für kurzwellige Ultrarotstrahlung mögen folgende Angaben dienen:

Die diffus von einem kleinen 4 V-Lämpchen durch eine Mattscheibe zerstreute Ultrarotstrahlung gab noch durch eine 30 cm dicke Wasserschicht hindurch in 8 m Entfernung deutliche Richtungsausschläge am Anzeigegerät. Ein Flugzeugscheinwerfer für 80 W mit Riffelglas konnte bei Geländeversuchen, die zusammen mit der Deutschen Versuchsanstalt für Luftfahrt durchgeführt wurden, bei hellem Sommertageslicht auf 800 m aufgefunden werden. Geeignetes Nebelwetter bot sich seit der Fertigstellung leider noch nicht. Bei Durchstrahlversuchen an einer 5 m dicken, dichten Dampfnebelschicht mit Unterstützung der Osram-Werke konnte die diffuse Ultrarotstrahlung des sehr schwachen Standlichtes eines Kleinkraftwagens ohne Schwierigkeiten mit dem Peilgerät wahrgenommen werden.

Dr. *Müller* forderte schließlich zur sicheren Klärung über die mit Ultrarotsignalen zu erhoffenden Vorteile ergänzende spektrale Strahlungsmessungen über die Durchdringung von echtem Nebel, bei denen mit genaueren Wellenlängenbezirken von etwa 0,5 bis 3 $\mu$ gearbeitet wird. Die wichtigste Aufgabe und Grundlage zur Gewinnung hochempfindlicher und dabei betriebsicherer Signalgeräte dürfte jedoch in der planmäßigen wissenschaftlichen Untersuchung und der vergleichenden Ausgestaltung der hauptsächlich in Frage kommenden Empfängersubstanzen liegen. Die Amerikaner sind darin voraus. Es erscheint ratsam für diese Versuche, von Sonderaufgaben abgesehen, nicht nur vorzugsweise das kurzwellige Ultrarot in Betracht zu ziehen, sondern zum mindesten auch den anschließenden roten und gelben Spektralbereich.

Der Vortragende schloß seine außerordentlich aufschlußreichen Ausführungen mit dem Wunsche, daß durch den vom Verein deutscher Ingenieure dankenswerterweise angeregten Zusammenschluß der beteiligten Kreise eine bedauerliche Stockung dieser Studien vermieden werde. Dies würde sowohl der deutschen Technik zum Vorteil gereichen, wie auch im Hinblick auf die allgemeinen verkehrstechnischen und wissenschaftlichen Beziehungen besonders zu begrüßen sein.

Prof. *Voege*, Hamburg, sprach sodann über seine

**praktischen Erfahrungen im Kriege mit Ultrarotsignalen.**

Bei den Versuchen zwischen Jena und der Leuchtenburg im Abstand von 15 km dienten als Sender und Empfänger Spiegel von 50 cm Dmr., die mit Hilfe des Tripelstreifens aufeinander gerichtet wurden. Als Meßgerät war ein kleines Saitengalvanometer mit Stahlmagnet angeschlossen. An Stelle des verwickelten Bolometers wurde später mit gutem Erfolg ein Thermoelement benutzt, auf das ein dahinter aufgestellter Kugelspiegel die Strahlen vereinigte. Ferner wurde, um Fernsprecher und Verstärker benutzen zu können, der schwache Thermophor (Wärmestrahlensender) mittels eines Silberrad-Unterbrechers hackt mit etwa 40 Unterbrechungen in 1 s und Ausgleichvorrichtung zum Beseitigen aller Störgeräus eingebaut. Mit der Schaltung Thermoelement—Ausgleic Unterbrecher—Transformatorspule gelang die Sig gebung zwischen zwei festen Punkten, nachdem die Spi gerichtet waren, gut.

Als aufzusuchende Sender eignen sich besser la wellige Wärmestrahlen aussendende Körper, z. B. ein glühender Koksofen, Schiffe, Eisberge; sie sind im Ne wesentlich weiter zu hören als Glüh- und Bogenlam Ein hinter dem Element befindlicher Kugelspiegel fing liche Nebelwand von 25 m Tiefe gingen noch Anzeichen $\alpha = 5$ bis 8 ° hindurch. Ein Torpedoboot, das sich in 4 Entfernung einnebelte, blieb dauernd hörbar und war lei aufzufinden. In sehr dichtem Nebel, in dem eine Glüh- eine Bogenlampe in 100 m Abstand völlig unsichtbar war wurden gemessen:

| | bei klarem Wetter | in dichtem Ne |
|---|---|---|
| eine 150 W-Lampe mit . . | $\alpha = 3$ ° | $\alpha = 2$ ° |
| ein Heizwiderstand für 2 kW von rd. 200 ° mit . . | $\alpha = 7{,}5$ ° | $\alpha = 6$ °. |

Die Franzosen sollen bereits im Kriege die Auslöschu des Phosphoreszenzlichts durch die ultraroten Strahlen nutzt haben, um die Morsezeichen als Striche und Pun aufzufangen. Auch soll ein einfacher Hörempfänger benu worden sein. Die Reichweiten werden wie folgt angegeb

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4½ km | Lichtbogen . . . | Spiegel | 28 cm Dmr. |
| 10 „ | „ . . . | „ | 100 „ „ |

Die Amerikaner sollen eine Thermosäule im Brennpu eines 36 cm-Parabolspiegels benutzt haben. Mit diesem rät waren Mannschaften auf 180 m Abstand zu entdeck Ergebnisse, die mit denen des Vortragenden übereinstimm Die Berichte über die neusten Erfolge der Engländer, die von einer Schiffswand zurückgeworfenen Wärmestrah mit Sicherheit aufgefangen haben wollen, klingen im hö sten Maße unwahrscheinlich.

Praktische Lösungen des Arbeitens mit Ultrarotsigna sind schon vielfach versucht worden, wie Dr. *Hillig* Berlin, an der Hand von Beispielen aus der Patentlitera ausführte.

Die sich an die Vorträge anschließende Aussprac brachte zum Ausdruck, daß sich auch die zuständigen a lichen Stellen des Reichsverkehrsministeriums und der M rine schon ernstlich mit dieser Verwendungsmöglichkeit ultraroten Strahlen beschäftigt haben. Geheimrat *Me* hatte Bedenken gegen die praktische Anwendung in Schiffahrt insofern, als es nach seiner Ansicht noch ni möglich sei, die ultraroten Strahlen vollkommen zu richt und zu kennzeichnen, und insofern, als Nebenstrahler u zwischenliegende Schiffe stören können. Die Bedenk wurden nicht allgemein geteilt, mit dem Hinweis, daß gelungen sei, ultrarote Strahlen schon ziemlich einwandf zu richten. Reg.-Rat Dr. *Benkendorff* empfahl, als neb durchdringende Mittel die ultraroten Strahlen nicht alle sondern auch andre Möglichkeiten, z. B. kurze Wellen, Auge zu fassen, indem er auch auf die Versuche von Pr *Esau*, Jena, hinwies. Reichsbahnrat Dr.-Ing. *Bäseler* tei mit, daß die von ihm entwickelte optische Zugsicherun auch bei Nebel ohne Störung arbeite, daß aber dic Dunst und schwarzer Rauch noch störe. Wenn ultrar Strahlen geeignet seien, auch Rauch und Dunst zu dur dringen, so wäre damit ein weiterer Fortschritt erzielt. stellte in Aussicht, diese Frage mit Mitteln der Reic bahn untersuchen zu lassen.

Auf Grund von praktischen Erfahrungen mit Landu gen bei unsichtigem Wetter hielt *v. Mallinckrodt*, Berl um die Bodennähe festzustellen, Einrichtungen am Bod selbst, die das Auge wahrnehmen kann, für geeigneter Anzeigeeinrichtungen im Flugzeug.

Als Ergebnis der Vorträge und der Aussprache stel Dr. *Hellmich* fest, daß sich Wissenschaft und Praxis sch ernsthaft mit der Verwendung ultraroter Strahlen Signalmittel beschäftigt haben und daß man die Frage gemeinsamer Arbeit verfolgen wird.

[N 3849] *Rothhaas*

[3]) Vergl. Z. Bd. 73 (1929) Nr. 19 S. 654.

# RUNDSCHAU

## Schiffs- und Seewesen

### Dreißig Jahre Schiffbautechnische Gesellschaft

Die 30. ordentliche Hauptversammlung der Schiffbautechnischen Gesellschaft fand unter Vorsitz von Ministerialdirektor Dr.-Ing. e. h. *Presse*, wie üblich, an den drei Wochenendtagen nach Bußtag in Berlin statt. Für die beiden ersten Tage hatte man zehn Vorträge vorgesehen, für den Sonnabend verschiedene Besichtigungen.

Die Vortragsreihe eröffnete Ministerialdirigent *Königs*, Berlin. Er sprach über

**den internationalen Vertrag zum Schutze des menschlichen Lebens auf See,**

der am 1. Juli 1931 in Kraft treten soll, wenn er bis dahin von wenigstens fünf Staaten unterzeichnet worden ist. Er soll den gleichartigen Vertrag vom 20. Januar 1914 ersetzen, der wegen des Krieges und andrer Ursachen nicht in Kraft getreten ist. Über diesen Vertrag haben Bevollmächtigte von 18 Staaten sieben Wochen lang bis zum 31. Mai d. J. in London beraten. Der Vertrag zerfällt in zwei Teile, den eigentlichen Vertragstext, der nur die Grundsätze enthält, und eine Anlage („Regeln") mit Einzelbestimmungen. Er enthält Vorschriften über die Bauart der Schiffe (Schottvorschriften), Rettungsmittel (Bootsraum für 125 vH aller Leute an Bord), Funkentelegraphie (Schiff als „schwimmende Rettungsstation" für andre Schiffe) und Nautik (Meldepflicht bei Sicht von Wracks, tropischen Stürmen, Eisgefahr usw.). Für die deutschen Reeder hat der Vertrag insofern besonderen Wert, als sie infolge des Vertrages nicht mehr Eingriffen andrer Staaten ausgesetzt sind, die die Sicherheitseinrichtungen fremder, in ihren Häfen verkehrender Schiffe überwachen zu müssen glauben.

Hiernach wurde in Abwesenheit von Professor Dr.-Ing. *Bauer*, Bremen, sein Vortrag:

**„Antrieb der Schnelldampfer"**

verlesen, der sich mit der Frage beschäftigte, ob die Rekordgeschwindigkeit der „Bremen" von durchschnittlich 27,24 Kn auf vier Rundreisen einen Höchstwert darstellt, der in nächster Zeit mit den heutigen technischen Mitteln nur wenig überboten werden kann, oder ob es möglich und zweckmäßig ist, schnellere Fahrgastschiffe für den gleichen Reiseweg zu bauen. Dr. *Bauer* sieht hierzu zwei Möglichkeiten: Entweder die Maschinenanlage und den Schiffskörper zu vergrößern oder die Maschinenleistung ähnlich der der „Bremen" beizubehalten, aber die Schiffsabmessungen kleiner zu wählen.

Für die viertägige Reise Cherbourg – New York wären auf der Hinreise 31,3 Kn und zurück 34,8 Kn Geschwindigkeit erforderlich. Als Ausgangspunkt für die Entwürfe eines solchen „Viertage-Schiffes" diente der zur Zeit schnellste Ozeandampfer „Bremen", wobei sich folgende Abmessungen ergaben: 250 bis 260 m Länge, 27 bis 28 m Breite, 8 bis 9 m Tiefgang und 31 bis 33 000 t Verdrängung. Für die Maschinenanlage kommen folgende Fälle in Betracht:

1. Eine Dreiwellen- und eine Vierwellenturbinenanlage, Abb. 1 und 2, von 150 000 PS Leistung an der Welle bei 30 at Kesseldruck und 400 ° Überhitzung; Drehzahl 2300 U/min, Übersetzungsverhältnis 1 : 10. Die Vierwellenanlage ist in diesem Falle wegen ihrer größeren Sicherheit der Dreiwellenanlage vorzuziehen.

2. Eine Dieselmotorenanlage, Abb. 3 und 4, mit unmittelbarem Antrieb über Vulkangetriebe (ohne Übersetzung kommt sie nicht in Frage). Als Hauptmaschinen dienen kompressorlose, doppeltwirkende Zweitaktmotoren mit je neun Zylindern; Gesamtleistung jedoch nur 136 000 PS an der Welle.

3. Der elektrische Antrieb (turbo- und dieselelektrisch) hat die geringste Aussicht auf Erfolg. Der Grund hierfür liegt hauptsächlich darin, daß man die von der Hauptmaschine gelieferte mechanische Energie erst in elektrische verwandeln und diese dann wieder auf der Welle in mechanische umkehren muß.

Die Frage des transatlantischen Schnelldampfers wird trotz des neuerdings auftauchenden Wettbewerbs der Luftschiffahrt nicht so bald veralten.

In der Aussprache trat Ministerialrat *Laudahn*, Berlin, besonders für den Dieselmotorantrieb ein. Geheimrat *Grauert*, Berlin, bestritt die Aussichtslosigkeit des elektrischen Antriebs und führte einige Vorteile, wie Ersparnis an Ölverbrauch bis zu 8 vH und genügende Betriebsicherheit an. Direktor *Goos*, Hamburg, sprach sich lediglich für die Verwendung von Hochdruckdampf aus. Direktor *Koch*, Bremen, meinte, daß höherer Kesseldruck als 25 at erst in zwei Jahren mit der nötigen Sicherheit angewendet werden könne. Hinsichtlich des elektrischen Antriebes wies Dr. *Dahlmann*, Rahlstedt, darauf hin, daß Turbodynamos keine besonderen Maßnahmen zur Dämpfung von Schwingungen erfordern.

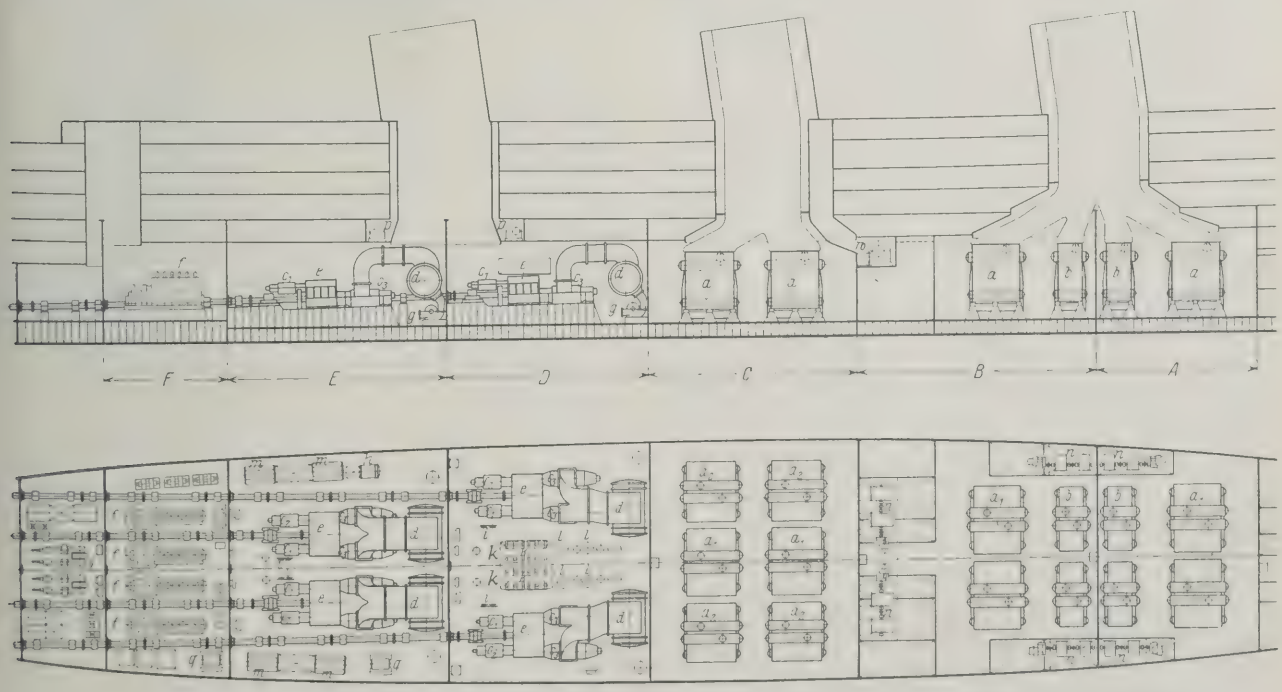



**Abb. 1 und 2.** Entwurf eines „Viertageschiffes" für den transatlantischen Verkehr: Vierwellenschiff mit Turbinenantrieb.

$a_1$ Doppelkessel (1470 m² Heizfläche)
$a_2$ Doppelkessel (1200 m² Heizfläche)
$b$ Einfachkessel
$c_1$ HD-Turbinen
$c_2$ MD- „
$c_3$ ND- „
$d$ Hauptkondensatoren
$e$ Getriebe
$f$ Dieseldynamos
$g$ Kühlwasserpumpen
$h$ Hilfskondensator
$i$ Manövrierstände
$k$ Speisepumpen
$l$ Vorwärmer
$m$ Verdampfer
$n$ Kesselraumgebläse
$o$ Kühlmaschinen
$p$ Maschinenraumlüfter
$q$ Warmwasseranlage
$A$ bis $F$ wasserdicht abgeschlossene Abteilungen

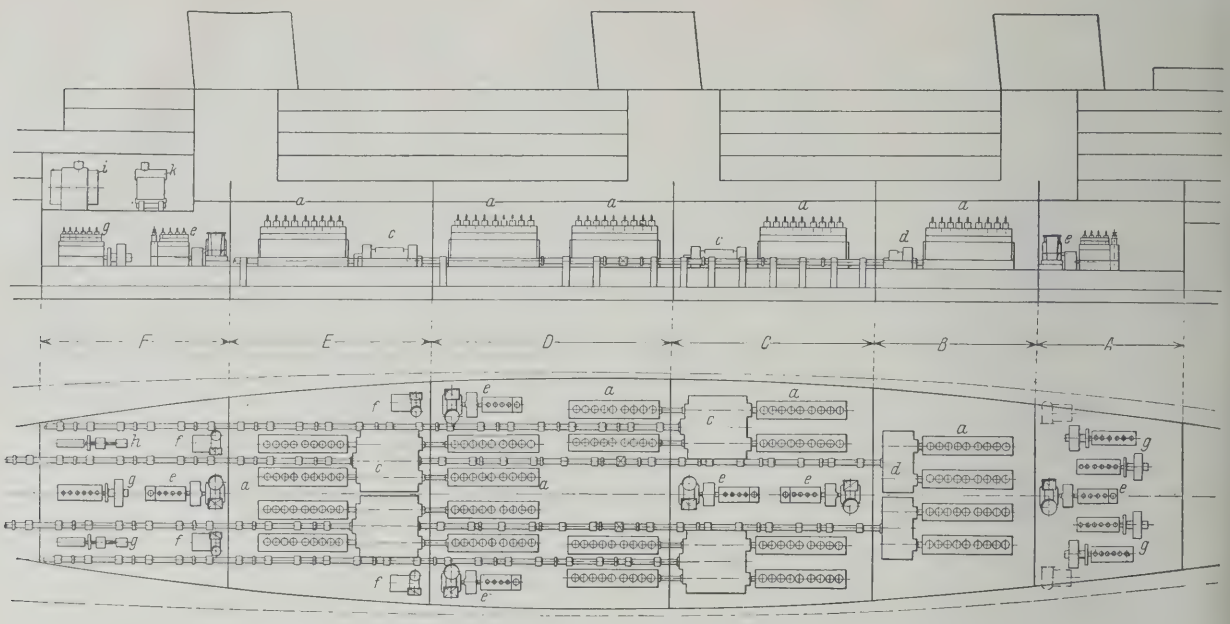


**Abb. 3 und 4.** Entwurf eines „Viertageschiffes" als Vierwellenschiff mit Dieselmotorenantrieb.

*a* Hauptmotoren *c* Vierfache Vulkangetriebe *d* Zweifache Vulkangetriebe *e* Spülluftgebläse mit Dieselantrieb Spülluftgebläse mit elektrischem Antrieb *g* Dieseldynamos *h* Hilfsdieseldynamo *i* Abgaskessel *k* Wasserrohrkessel mit Ölfeuerung *A* bis *F* Wasserdicht abgeschlossene Abteilungen

In diesem Zusammenhang ist die Frage der

**Formgebung für Schnelldampfer,**

die Dr.-Ing. *Kempf*, Hamburg, behandelte, von großer Bedeutung. Auf Grund der *Taylorschen* Modellversuche lassen sich die Ergebnisse der bekanntesten Schnelldampfer miteinander vergleichen mit dem Endziel, daraus die günstigsten Linien zu ermitteln. Hierbei haben sich die Abmessungen des günstigsten Schiffes für eine gewählte Verdrängung von 37 000 t folgendermaßen ergeben: Länge 270 m, Breite 29,7 m, Tiefgang 9 m, Völligkeitsgrad 0,515, wobei man auch die Gesichtspunkte der Stabilität, Baukosten usw. berücksichtigt hat. Mit Hilfe von Kurvenblättern, die man nach diesen Versuchen aufgestellt hat, lassen sich dann Vergleiche zwischen den verschiedenen Schnelldampferarten ziehen. Die Maierform, der Bugwulst, die Wahl der Spantform und die Lage des Verdrängungsschwerpunktes üben hier einen wesentlichen Einfluß aus.

Einen Rückblick und Ausblick gab Professor Dr. *Föttinger*, Berlin, in seinem Vortrage:

**„Die hydrodynamische Arbeitsübertragung durch Transformatoren."**

Im Jahre 1903 entstanden, war der Föttinger-Transformator zunächst als Übersetzungsgetriebe gedacht, das bei verschiedenen Schiffen, darunter dem Fahrgastdampfer „Großadmiral von Tirpitz", dem kleinen Kreuzer „Wiesbaden" und bei drei deutschen Schlachtkreuzern, hierbei mit je vier Einheiten von 35 bis 50 000 PS (1917), eingebaut wurde. Die Entwicklung der wirtschaftlicheren Zahnradübertragung hat dann die weitere Einführung des Transformators als Übersetzungsgetriebe unterbunden. Hingegen hat sich die Kupplungsart unter dem Namen „Vulkangetriebe" ein immer mehr anwachsendes Anwendungsgebiet in mancherlei Fällen erobert, nicht nur bei Schiffen, sondern auch bei Lokomotiven und in vielen andern Fällen, wo Stöße zu vermeiden sind.

Die Frage, wie man den Antriebwirkungsgrad bei Wasserfahrzeugen über den des Schraubenpropellers steigern und die Antriebart vereinfachen kann, hat zu einer großen Zahl von Vorschlägen geführt, von denen sich eine Gruppe, die man unter dem Namen „Strahlpropeller" zusammenfaßt, besonders hervorhebt. In der Fachwelt hat man erkannt, daß Strahlpropeller hinsichtlich des Wirkungsgrades nicht mit Schiffsschrauben in Wettbewerb treten können. Es war daher zu begrüßen, daß Dipl.-Ing. *Rabbeno*, Rom, in seinem Vortrag:

**„Allgemeine Betrachtungen über Strahlpropeller"**

nicht nur diese Antriebart beschrieb, sondern auch die Verlustquellen angab, die das aussichtslose Beginnen, mit dem Strahlpropeller Vorteile gegenüber der Schiffsschraube zu erreichen, kennzeichnen.

Über

**die neuere Entwicklung der Kondensatorrohrfrage**

berichtete Direktor *Hirsch*, Berlin. An der Hand von Lichtbildern erörterte er die schlechten Erfahrungen, die man — besonders bei den Kondensatorrohren von Turbinenschiffen — mit Messinglegierungen auch bei Zusatz von Zinn oder mit Zinnüberzügen gemacht hat. Neuerdings werden nur Kupfer-Nickel-Legierungen eingeführt (90 bis 70 vH Cu, 10 bis 30 vH Ni) und befriedigen nach den Erfahrungen der großen Reedereien auf Schiffen in vollem Umfange. Diese Rohre bedingen ein besonders sorgfältiges Herstellungsverfahren (Warmpreßverfahren) und besondere Maßnahmen beim Glühen.

Eine kritisch gehaltene Betrachtung gab Dr.-Ing. *Foerster*, Hamburg, mit seinem Vortrage:

**„Die Elbschiffahrt unter dem Einfluß ihrer Umschlagtechnik".**

Die technische Kultur der deutschen Ströme nimmt auch hinsichtlich der Schiffe nach Osten zu ab. Die schlechte wirtschaftliche Lage der Elb- und Oderschiffahrt liegt nicht zuletzt am vernachlässigten Umschlagwesen. Alte unzulängliche Verladeeinrichtungen beeinträchtigen die Schiffahrt im Wettbewerb mit der Eisenbahn auch bei der Beförderung von Gütern, die nach wirtschaftlichen Grundsätzen auf dem Wasserweg stattfinden müßte. Gegenstand der Betrachtung bildeten die Häfen von Prag-Holeschowitz, Außig, Laube, Tetschen, Dresden, Riesa und Magdeburg. Der Magdeburger Hafen stellte sich dabei zwar als geräumig heraus, aber auch seine Umschlageinrichtungen sind veraltet. *Foerster* empfiehlt Wippkrane von 14 m Ausladung, bei denen die Kranrolle 3 m in den Kran hineinreicht, und ging auch auf die Kostenfrage näher ein.

Die letzten drei Vorträge behandelten rein wissenschaftliche Fragen.

Professor Dr.-Ing. *Weber*, Berlin, sprach im Anschluß an einen vor zehn Jahren an gleicher Stelle gehaltenen Vortrag[1]) über:

**das allgemeine Ähnlichkeitsprinzip der Physik und seinen Zusammenhang mit der Dimensionslehre und der Modellwissenschaft**

in umfassender Form. Nach einleitenden Betrachtungen erläuterte er zunächst die Grundlagen der Ähnlichkeitsphysik, sowie die verschiedenen Verfahren zur Herleitung der Modellgesetze, wobei er auf die verschiedenen Kenngrößen näher einging und eine große Anzahl von Modellgesetzen anführte. Danach behandelte er kurz die Lehre von den Dimensionen und gelangte so zum Hauptteil seines Vortrages, das allgemeine Ähnlichkeitsprinzip der Physik, dessen Anwendung auf die Modellwissenschaft er zum Schluß besprach.

[1]) *M. Weber*, Die Grundlagen der Ähnlichkeitsmechanik. Jahrb. d. Schiffbaut. Ges. Bd. 20 (1919) S. 355.

Als Ergänzung zu dem *Weberschen* Vortrage sprach
.-Ing. *Herrmann*, Berlin, über

**die Anwendung des Ähnlichkeitsprinzips der Mechanik auf zeitlich beliebig veränderliche Vorgänge mit besonderer Berücksichtigung schiffbaulicher und aerodynamischer Probleme.**

r erläuterte das allgemeine Verfahren zum Aufsuchen der enngrößenbeziehung eines beliebigen stationären oder cht stationären mechanischen oder physikalischen Vorınges auf Grund des Ähnlichkeitsprinzips und kennzeichte sodann seine Anwendung auf zeitlich beliebig veränderche Vorgänge auf dem Gebiet des Schiffbaues und der lugtechnik, so z. B. auf die An- und Stoppfahrt sowie die euerfahrt von Schiffen und Flugzeugen.

Zum Schluß sprach Dr.-Ing. *Weinblum*, Berlin, über

**Anwendungen der Michellschen Widerstandstheorie.**

Ein Verfahren zur rechnerischen Ermittlung des ellenwiderstandes hat der australische Ingenieur *Michell* reits im Jahre 1898, allerdings nur für sehr scharfe Körper ngegeben. Dr. *Weinblum* legte in seinem Vortrag die *ichellsche* Theorie einer allgemeinen Untersuchung des chiffswiderstandes zugrunde und wies nach, daß sich die nterwasserschiffsform im allgemeinen durch ganze rationale unktionen darstellen läßt. An verschiedenen Rechenbeispielen klärte er den Einfluß der Spant- und Wasserlinienrm, der Völligkeitsgrade, Hauptabmessungen, der Unmmetrie von Vor- und Hinterschiff sowie des Bugwulstes. in Vergleich von Rechnung und Versuch läßt eine gute bereinstimmung erkennen.

Berlin [N 3884] Dr.-Ing. *W. Schmidt*

## *Luftfahrt*

### Die Entwicklung des Flugmotors

Im Rahmen ihrer diesjährigen Hauptversammlung in erlin veranstaltete die Deutsche Versuchsnstalt für Luftfahrt, E. V., eine Vortragsreihe ber Flugmotorenforschung[1]). In seiner einleitenden Berüßung führte Prof. Dr.-Ing. *Hoff* aus, daß die Anstalt m ersten Male die bisher alljährlich im kleineren Kreise haltenen Vorträge der Öffentlichkeit zugänglich mache. ie sollen einen Überblick über eines der Tätigkeitsgebiete r Versuchsanstalt geben und Gelegenheit zur Aussprache ber eine der wichtigsten Tagesfragen der Luftfahrt im achkreise bieten.

Dr.-Ing. *Kamm* sprach zunächst über

**die Gestaltung des Luftfahrzeugmotors.**

ie bisherige Entwicklung der Luftfahrzeug-Triebwerke sei n wesentlichen auf Erfahrungswerten aufgebaut und habe zu geführt, daß die Belastung der einzelnen Bauteile im erhältnis zu ihrer Aufnahmefähigkeit sehr verschieden und eist ungeklärt sei. Infolge der einseitig auf Leistungeigerung und Gewichtersparnis hinzielenden Entwicklung i die Betriebsicherheit der heutigen Triebwerke für den erkehr unbefriedigend. Die deshalb übliche Schonung der otoren durch Drosselung im Dauerbetrieb sei in der Wirng verschiedenartig, zum Teil zweifelhaft.

Der Vortragende fordert daher, daß der Begriff der Bausicherheit", der in der Technik allgemein üblich und B. im Flugzeugbau in der Form des sogenannten „Lastelfachen" bereits eingeführt sei, auch im Flugmotorenbau ngeführt werde. Da die Festlegung allgemeiner Sicheritzahlen noch längere Forschungen und Erprobungen erdert, schlägt er als vorläufige Lösung vor, die Leistungshigkeit der Motoren durch eine Prüfung bei hoher Überst von Fall zu Fall zu bestimmen und zur Sicherung des erkehrs nur einen bestimmten Teil dieser Leistung, z. B. 5 für den Dauerbetrieb. zuzulassen. Weitere Vorschläge handeln wichtige Einzelheiten des Entwurfs.

**Einfluß des Triebwerksgewichts auf die Flugleistungen**

Dr.-Ing. *M. Schrenk* nahm vom Standpunkt des Flugugbaues zu diesen Vorschlägen Stellung. An der Hand der atistik der Ursachen von Luftverkehrsunfällen stimmte der Forderung nach höherer Betriebsicherheit der Trieberke zu. Ein mäßig schwererer Motor werde die Flugistungen der hierfür geeigneten heutigen Verkehrsflugge nur in erträglichem Maße verschlechtern. Bei neu zu twickelnden Flugzeugen gebe aber der gegenwärtige Stand r Forschung und technischen Erkenntnis Raum zu wesentchen Verbesserungen strömungstechnischer und konstruktier Natur, die den Zuwachs an Motorgewicht mehr als auseichen. An Beispielen zeigte er die Wirkung dieser Maßnahmen; die Vergrößerung der Spannweite steigert z. B. die Tragfähigkeit der Flugzeuge bei geeigneter Flügelbauweise wesentlich. Auch der Motorenbau kann hierzu beitragen durch günstige Gestaltung der Motoren und durch fein abstufbare Getriebe, die die Wahl der günstigsten Luftschraubendrehzahl freistellen.

In der Aussprache wies Prof. Dr.-Ing. *Kutzbach*, Dresden, darauf hin, daß trotz aller Fortschritte bisher das Litergewicht der Motoren gleich geblieben sei. Lediglich die Literleistung sei gesteigert worden, und die hierdurch bedingten hohen thermischen und statischen Beanspruchungen sollten jetzt herabgesetzt werden. Dipl.-Ing. *Schatzki*, Berlin, gab erstmalig Ergebnisse der bei der Deutschen Luft-Hansa durchgeführten Versuche zur Verminderung der Betriebstörungen an Flugmotoren durch Drosseln im Dauerbetriebe bekannt. Man erstrebe auch Flugzeuge mit größerer Leistungsreserve, lege jedoch aus Sicherheitsgründen besondern Wert auf große Steigfähigkeit. Dr.-Ing. *Riehm*, Augsburg, erörterte die Möglichkeit, die neueren Forderungen mit Hilfe des Zweitaktverfahrens, besonders des doppeltwirkenden Zweitaktölmotors, zu verwirklichen. Reg.-Bmstr. *Becker*, Berlin, zeigte an Beispielen, wie günstig sich das Herabsetzen der Dauerleistungen auf die Sicherheit der Flugmotoren auswirkt. Er fordert Bereitstellung von Mitteln an die Motorenindustrie, da die Weiterentwicklung der Flugmotoren für die Sicherheit der Luftfahrt augenblicklich die dringendste Aufgabe sei.

Dr.-Ing. *Lürenbaum* berichtete sodann über

**die Schwingungen in Luftfahrzeug-Triebwerkanlagen.**

Infolge ihrer leichten Bauweise seien die Triebwerke von Luftfahrzeugen Schwingungen und andern dynamischen Beanspruchungen besonders stark ausgesetzt. Die Schwingungen können im ungünstigen Fall das Triebwerk oder einzelne seiner Teile gefährden oder benachbarte Flugzeugteile erregen. Der Vortragende ging auf die bisher näher erforschten Schwingungen des Gesamttriebwerks ein; dynamische Überbeanspruchungen, z. B. beim Anlassen, und Biegeschwingungen, z. B. im Kurvenflug, bedeuten bei Verkehrsflugzeugen keine unmittelbare Gefahr für das Triebwerk. Als Hauptursache von Triebwerkbrüchen seien heute die Drehschwingungen erkannt, über deren Wesen und Untersuchung er Näheres berichtete. Insbesondre erörterte er Mittel zur Herabsetzung der Gefahr von Drehschwingungen.

**Neuere Ergebnisse auf dem Gebiete der Kurbelwellenschwingungen**

Dipl.-Ing. *Stieglitz* berichtete hierzu, daß Kurbelwellenbrüche bei Reihenmotoren im Flugbetrieb auf Drehschwingungen zurückzuführen seien, die Zusatzbeanspruchungen von einem Vielfachen der Regelbelastung hervorrufen. Die Lage der Bruchstellen erklärt sich durch Überlagern von Arbeitsbelastung und Schwingungsbeanspruchung. Auf Grund einer Energiebetrachtung gab der Vortragende ein Verfahren zur zeichnerischen Bestimmung der spezifischen Erregungsarbeit an, aus der sich die kritischen unter den Resonanzdrehzahlen ableiten lassen. Abhilfe schaffen Schwingungsdämpfer und in besonderen Fällen eine Änderung der Zündfolge. Diese hat man an einem Sechszylinder-Reihenmotor versucht, wie Messungen zeigen, mit überraschend günstigem Erfolg. Zum Schluß wurden die Bauart des Dämpfers und seine Einstellung erläutert und einige Meßergebnisse und Meßverfahren gezeigt.

In der Aussprache wies Prof. Dipl.-Ing. Dr. phil. *Hort*, Berlin, auf die grundlegenden Arbeiten *Frahms* vom Jahre 1899 über die Schwingungen von Schiffsmaschinen-Kurbelwellen hin. Dipl.-Ing. *Neugebauer*, Dessau, berichtete von Arbeiten der Junkers-Forschungsanstalt über die günstigste Einstellung eines Schwingungsdämpfers und die Entwicklung eines Torsiographen; ihr ungünstiger Einfluß im Spitzenleistungsbereich habe damals davon abgehalten, die Änderung der Zündfolge anzuwenden. Nach Dr.-Ing. *Geiger*, Augsburg, treten bei der MAN Schwierigkeiten schwingungstechnischer Art nicht mehr auf. Die Änderung der Zündfolge sei nicht immer günstig; mehr Vorteile verspräche das Zweitaktverfahren. Schwingungsdämpfer seien kein Allheilmittel, sondern dürfen nur zum letzten Ausgleich dienen. Prof. Dr.-Ing. *Thoma*, Karlsruhe, vermutete u. a., daß die Schwankungen der Reibung von Schwingungsdämpfern Oberschwingungen der Kurbelwelle anfachen könnten. Für rasch verlaufende Schwingungen und bei kleinen Ausschlägen böten die elektrischen Meßgeräte größere Genauigkeit. Dr. phil. *Trendelenburg*, Berlin, machte Angaben über Erfahrungen des Forschungslaboratoriums der Siemens-Werke mit dem von *H. Riggert* dort 1923 entwickelten elektrischen Meßverfahren, das auch *Thoma* benutzt. Er stimme mit der Deutschen Versuchsanstalt darin überein, die einfacheren mechanischen Meßgeräte dort zu benutzen, wo ihre Genauigkeit ausreicht. Prof. Dr.-Ing.

[1]) Die Vorträge mit der anschließenden Aussprache erscheinen mnächst als Heft der „Luftfahrtforschung" bei R. Oldenbourg, München-rlin.

*Föttinger*, Berlin, wies auf die günstige Wirkung seiner im Schiffbau verwandten hydraulischen Kupplungen hin, die durch Störung der dynamischen Zusammenhänge schwingungsdämpfend wirken.

**Thermodynamische Aufgaben der Luftfahrtforschung**

Die letzte Vortragsgruppe eröffnete Dipl.-Ing. *Löhner*. Eine wichtige Aufgabe der Weiterentwicklung von Flugmotoren sei die planmäßige Erforschung der durch die besondern Betriebsbedingungen stark beeinflußten thermodynamischen Vorgänge. Mit Rücksicht auf den Leistungsaufwand der Kühlung ging der Vortragende besonders auf die Wärmeübergänge ein. Besonders wichtig seien bei Vergasermotoren Gemischbildung und Verbrennung. Die Bedeutung des Dieselmotors für die Luftfahrt erfordere eingehende Erforschung der verschiedenen Verfahren. Nach Ausführungen über Steigern der Kolbengeschwindigkeit oder Überladeverfahren sowie über die Beeinflussung des Brennstoffverbrauchs schilderte *Löhner* die Vorarbeiten der Versuchsanstalt für einschlägige Verfahren und Geräte.

**Versuchseinrichtungen für Forschungsarbeiten an Flugmotoren**

Dipl.-Ing. *Janson* hält die Vervollkommnung der Versuchseinrichtungen im Hinblick auf die wachsende Größe der Motoren und die gesteigerten Anforderungen an ihre Betriebsicherheit für notwendig. Er erläuterte die beim Entwurf des Neubaues der Versuchsanstalt vorgesehenen Einrichtungen und die Vorarbeiten hierfür. Die Unzulänglichkeiten der üblichen Prüfung auf Pendelrahmen mittels Luftbremsung im Freien sollen durch Abbremsen in geschlossenen Räumen mittels Wasserbremse und elektrischer Stromerzeuger vermieden werden, wobei Motoren mit Luftkühlung durch besondere Gebläse gekühlt werden. Zum Prüfen der Wirkung von Kreiselkräften auf Luftschraube und Motorwelle dient ein besondrer Drehprüfstand. Die Betriebsverhältnisse im Fluge werden in einem geeigneten Flugzeug geprüft. Zwei Prüfstände dienen ferner für wissenschaftliche Versuche an einzelnen Zylindern.

Prof. Dr.-Ing. *Kutzbach* sprach abschließend aus, daß die Motorschonung durch Drosseln als unwirtschaftlich möglichst bald durch eine andere Regelung, z. B. Ändern der Steuerzeiten des Einlaßventils, ersetzt werden sollte.

Der gute Besuch der Vorträge und die rege Teilnahme der Fachkreise bewiesen, daß die Aufgabenstellung der Versuchsanstalt dem praktischen Bedürfnis entspricht.

Berlin-Adlershof [N 3827] *Brämer*

# *Wärmetechnik*

## Wärmetechnische Prüfverfahren[1])

Für die Bestimmung der Wärmeleitfähigkeit von platten- oder steinförmigen Stoffen bis zu Temperaturen von etwa 1000 °C dient ein Gerät in der Form des *Poensgenschen* Plattenapparates mit Schutzring. Die Heizfläche beträgt 25 × 25 cm², entsprechend zwei nebeneinander liegenden Steinen vom Normformat, die Heizkörper bestehen bei einer ersten Ausführung aus dünnen, mit Chromnickelband bewickelten Porzellanplatten, bei einer zweiten Ausführung aus Chromnickelplatten, in die mit Glimmer elektrisch isolierte Heizgitter eingespannt sind. Mit Hilfe dieser Meßanordnung bestimmte Wärmeleitzahlen für drei Steinarten bei verschiedenen Mitteltemperaturen sind in Abb. 5 eingetragen.

[1]) Auszug aus dem Bericht „Neuere Prüfverfahren des Forschungsheims für Wärmeschutz" von Dr.-Ing. *E. Raisch*, Archiv für Wärmewirtschaft und Dampfkesselwesen (Bd. 10 (1929) S. 369.

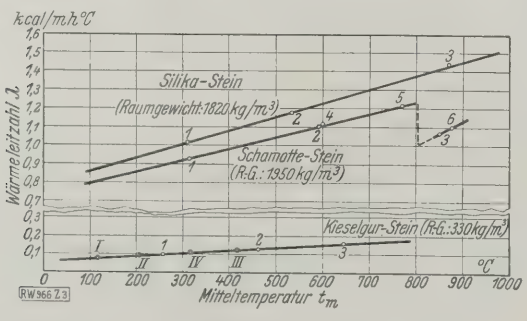



**Abb. 5.** Wärmeleitzahlen von Steinen bei hohen Temperaturen.

Die Reihenfolge der Versuchspunkte ist durch die beigefügten Ziffern bezeichnet; die römischen Ziffern I bis IV zeigen die Übereinstimmung mit einer bis 500 ° benutzbaren Anordnung.

Ein anderes Gerät zum Prüfen von Stoffen bei Temperaturen unter 0 ° wurde als Rohr ausgebildet. Aus einer Kältemaschine fließt Sole mit natürlichem Gefälle durch ein Kupferrohr von 60 mm Außendurchmesser und 2 m Länge, das mit dem zu prüfenden Isolierstoff umkleidet wird; mittels einer Pumpe wird die Sole wieder zur Kältemaschine zurückgehoben. Aus der mit *Beckmann*-Thermometern gemessenen Ein- und Austrittstemperatur der Sole am Versuchsrohr, dem Gewicht der stündlich durchfließenden Sole und ihrer spezifischen Wärme wird unter Berücksichtigung der geometrischen Form, der Abmessungen der Rohrisolierung und der an ihren Oberflächen gemessenen Temperaturen die Wärmelcitzahl bestimmt. Die Meßanordnung ist bis zu rd. — 30 ° verwendbar, die Ausbildung des Verfahrens für tiefere Temperaturen wird vorbereitet.

Ein weiteres Gerät wurde für die Untersuchung dünnplattenförmiger Stoffe, wie Glas, Papier, Gewebe usw., entwickelt. Das hat sich als notwendig erwiesen, da die an mehreren übereinandergelegten Schichten derartiger Stoffe bestimmten Wärmeleitzahlen wegen der Lufträume zwischen den Lagen gefälscht und zu niedrig waren. Als Heizplatte dient eine rd. 1 mm dicke, aus einem mit Heizband bewickelten Kartenblatt bestehende kreisförmige Platte von 20 cm Dmr., die mit einem Schutzring umgeben ist. Darauf liegt eine dünne Papierplatte, in der an verschiedenen Stellen dünne, zu Bändern ausgewalzte Thermoelemente für die Temperaturmessung eingebettet sind. Über die Temperaturmeßplatte legt man den zu prüfenden Stoff, darauf wieder ein Temperaturmeßplatte und darüber als Abdeckung eine plangeschliffene, kreisförmige Gußeisenplatte. Um zu verhindern, daß die in der Heizplatte erzeugte Wärme an der unteren Seite abfließt, legt man dort eine elektrische Heizplatte dagegen und heizt diese so stark, daß eine dazwischenliegende Wärmefluß-Meßplatte keinen Wärmedurchgang anzeigt. Einige mit diesem Gerät bestimmte Wärmezahlen sind in Abhängigkeit von der Mitteltemperatur der Stoffe in Abb. 6 eingetragen.

Eine vierte Meßanordnung dient zum zahlenmäßigen Bestimmen der Wärmeableitung von Fußböden und Bodenbelägen. Die Wärmedurchlässigkeit einer Bodenart, deren Kenntnis für die Bemessung der Heizanlage notwendig ist, sagt noch nicht aus, ob der Boden auch fußwarm ist. Hierzu muß man vielmehr die dem Fuß oder z. B. dem auf den

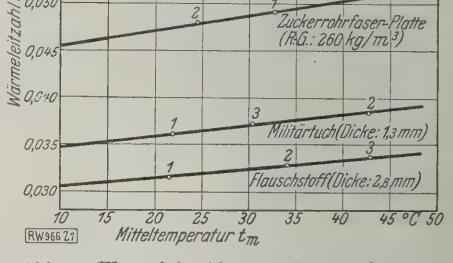



**Abb. 6.** Wärmeleitzahlen von dünnen plattenförmigen Stoffen.
Die Zahlen 1 bis 3 geben die Reihenfolge der Versuche an.

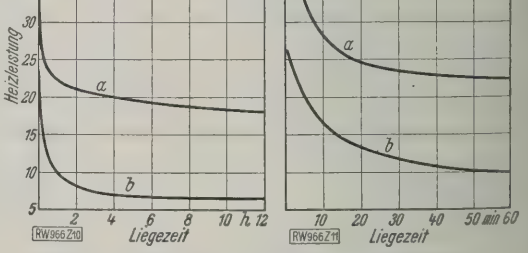



**Abb. 7 und 8.** Wärmeableitung von Fußböden und Bodenbelägen.
Stündliche Heizleistungen für die Versuchsfläche bei verschiedenen Liegezeiten, Versuchsfläche 394 cm²

*a* Betonboden
*b* Beton mit Sonder-Stahlfußbodenplatten belegt

allfußboden liegenden Tier entzogene und abgeleitete ärme kennen. Diese Wärme ist zeitlich verschieden; zu ginn ist sie am stärksten und klingt schließlich bis auf e Wärmedurchlässigkeit des Bodens ab.

Man mißt diese Wärmeableitung mit Hilfe eines zylinischen isolierten Gefäßes mit einem Gummituchboden von t. 23 cm Dmr. In dieses Gefäß eingefülltes Wasser wird ittels eines als elektrischer Heizkörper ausgebildeten ihrers auf eine bestimmte Übertemperatur gegenüber dem prüfenden Boden erwärmt. Nach dem Aufsetzen des Geäßes auf den Boden bestimmt man die Heizleistung, die man ıführen muß, um den Wasserinhalt auf gleicher Temperar zu erhalten. Diese Heizleistung, vermindert um den ärmeverlust des Gerätes, ergibt den Wärmeentzug an der odenfläche des Meßgerätes, s. Abb. 7 und 8. Das Meßgerät at den Vorteil, daß es nicht nur im Laboratorium, sondern uch bei ausgeführten Bauten verwendet werden kann.
[M 3824]

## *Hauswirtschaft*

### Rationalisierung im Großküchenbetrieb

In Köln findet im städtischen Ausstellungsgelände seit em Jahre 1925 regelmäßig im Herbst eine Gastwirtsmesse tatt. Die letzte Veranstaltung wurde in Verbindung mit ıaßgebenden Fachverbänden vom 12. bis 20. Oktober 1929 urchgeführt und anläßlich des 60jährigen Jubiläums des nternationalen Hotelbesitzervereins durch eine Hotelfachusstellung ergänzt. Der Erfolg dieser letzten Veranstalung zeigte, daß die ständige Einrichtung des Kölner Messend Ausstellungsamtes für die Rationalisierung des Großaststätten-Gewerbes in der kurzen Zeit ihres Bestehens beeits außerordentlich bedeutsam geworden ist.

Neben zahlreichen andern Neuerungen fanden auf der tzten Ausstellung die fahrbaren Großküchenmaschinen esondere Beachtung (Fleischwolf, Durchtreibmaschine, artoffel- und Gemüse-Quetschmaschine). Bisher galt im roßküchenbetrieb der Grundsatz, die Speisen zum Zwecke er Bearbeitung stets zur Maschine zu bringen. Durch die hrbare Maschine wird dieser Grundsatz umgekehrt: die aschine wird zu den Speisen gebracht. Da die Arbeitsverichtung der genannten drei Maschinenarten meist mitten in en Kochvorgang eingeschaltet wird (Suppen werden z. B. or dem Durchtreiben gekocht, aber erst nach dem Durchreiben ganz fertig gemacht), ergibt sich eine sehr große bkürzung der Zwischenbeförderungen und eine wesentliche ereinfachung des Weges, den die Speisen vom Rohstoffger bis zur Speisenausgabe in der Großküche zurücklegen. Weiterhin dient die fahrbare Maschine der Raumersparnis, a sie in den Betriebspausen (die ja selbst in sehr großen etrieben bedeutend sind) an einem beliebigen und sonst icht verwertbaren Platz, z. B. in einer Nische oder vor inem Pfeiler, abgestellt werden kann, während die festaufestellte Maschine dauernd einen wertvollen Platz in Anpruch nimmt.

Die fahrbaren Maschinen der Alexander-Werke A.-G., emscheid, haben einen kräftigen Fuß mit zwei festen Roln und einer Lenkrolle, Abb. 9. Der Fuß ist gabelförmig usgebildet, so daß ein größerer Speisebehälter zum Auffanen der bearbeiteten Speisen untergestellt werden kann.

Die Innenkonstruktion der Durchtreibemaschine ist infern besonders beachtenswert, als sie ein kennzeichnendes eispiel für das allgemeine Bestreben ist, die bisher im üchenbetrieb vorherrschende Handarbeit durch Maschinenrbeit abzulösen. Die innere Gestaltung zeigt ferner, daß an auch bei den leistungsfähigen Großmaschinen in vielen ällen ähnliche Arbeitsbewegungen anwenden muß wie bei er Handarbeit.

In Abb. 10 ist schematisch im Schnitt ein Sieb mit einem it der Hand geführten Stempel aus Holz gezeigt. Beim urchtreiben wird der hölzerne Stempel abwechselnd geoben und gegen das Sieb geschlagen und gleichzeitig über ie Siebfläche gezogen. Durch diese Bewegung wird erreicht, aß der Stempel die Speisen durch die Löcher des Siebes indurchdrückt. Ganz ähnlich ist der Vorgang bei der urchtreibmaschine, Abb. 11. Auch hier ist ein Sieb voranden. Das Sieb ist aber nicht wie bei der Handarbeit lattenförmig, sondern in Form eines Zylinders *a* ausgebiet. An die Stelle des hölzernen Durchtreibestempels ist ine ovale Rolle *b* getreten. Diese Rolle arbeitet ähnlich wie er von der Hand geführte Holzstempel in einer aus zwei inzelvorgängen zusammengesetzten Bewegung. Die Hauptewegung ist ein Gleiten der Rolle auf der Innenfläche des

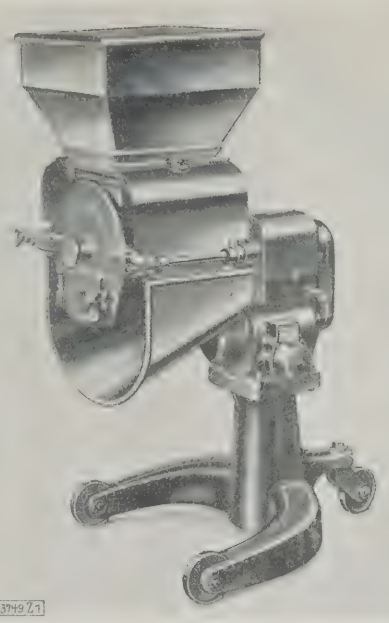



**Abb. 9**
Fahrbare Zylinder-Durchtreibemaschine des Alexander-Werkes A.-G.

**Abb. 10**
Arbeitsvorgang beim Durchtreiben mit der Hand.

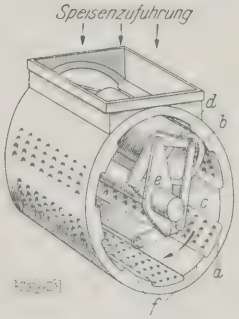
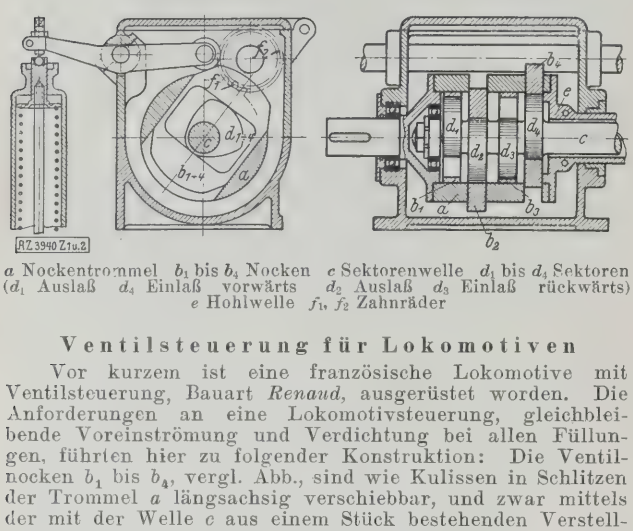



**Abb. 11**
Schema der Zylinder-Durchtreibemaschine.
*a* Siebzylinder *b* ovale Arbeitsrolle *c* Antriebwelle
d Gelenkhebel *e* Zugfeder Längswülste

Siebzylinders; die zweite, zusätzliche Bewegung besteht in einer regelmäßig wiederkehrenden Verschiebung der Arbeitsrolle senkrecht zur Siebfläche, d. h. also in der Richtung des zum Siebzylinder gehörigen Halbmessers.

Die gleitende Bewegung längs der Zylinderinnenfläche wird einfach durch die gleichmäßige Drehung einer Welle erreicht, die in der Mittellinie des Siebzylinders angeordnet ist und von einem Motor angetrieben wird. Um die schlagartigen Bewegungen der Rolle zu ermöglichen, ist aber die Verbindung zwischen Antriebwelle *c* und Arbeitsrolle nicht starr, sondern in Form eines Getriebes ausgeführt, das in Richtung des Halbmessers beweglich ist. Das Getriebe ist aus verschiedenen Gelenkhebeln *d* und einer Zugfeder *e* zusammengesetzt. Die Zugfeder sorgt dafür, daß die Arbeitsrolle im allgemeinen gegen die Zylinderwand gedrückt wird, sie gibt aber nach, wenn die Arbeitsrolle in Richtung auf die Zylindermitte verschoben wird. Solche Verschiebungen werden hervorgerufen durch verschiedene Längswülste *f* im Innern des Siebzylinders. Sobald die Rolle über eine Wulst hinweggerollt ist, sorgt die Zugfeder dafür, daß die Arbeitsrolle sich schlagartig wieder gegen die Siebfläche preßt. Dabei treibt sie dann die Speise durch die Löcher des Siebes. Es wird also die unmittelbar aus Schlag und Reiben zusammengesetzte Bewegung beim Durchtreiben mit der Hand nachgeahmt. Da aber die bei der Handarbeit unvermeidliche rückläufige Bewegung vermieden ist und der ganze Arbeitsvorgang in einer Kreisbewegung ausgeführt wird, und da ferner die Arbeitsgeschwindigkeit bei der Maschine weit höher sein kann als bei der Handarbeit, ergibt sich eine außerordentliche Leistungsteigerung. Eine gewöhnliche Durchtreibemaschine kann in 10 min bis zu 100 kg Kartoffelbrei oder 250 l Erbsensuppe durchtreiben. [M 3749] *M. M.*

# Kleine Mitteilungen




*a* Nockentrommel $b_1$ bis $b_4$ Nocken *c* Sektorenwelle $d_1$ bis $d_4$ Sektoren ($d_1$ Auslaß $d_4$ Einlaß vorwärts $d_2$ Auslaß $d_3$ Einlaß rückwärts) *e* Hohlwelle $f_1$, $f_2$ Zahnräder

## Ventilsteuerung für Lokomotiven

Vor kurzem ist eine französische Lokomotive mit Ventilsteuerung, Bauart *Renaud*, ausgerüstet worden. Die Anforderungen an eine Lokomotivsteuerung, gleichbleibende Voreinströmung und Verdichtung bei allen Füllungen, führten hier zu folgender Konstruktion: Die Ventilnocken $b_1$ bis $b_4$, vergl. Abb., sind wie Kulissen in Schlitzen der Trommel *a* längsachsig verschiebbar, und zwar mittels der mit der Welle *c* aus einem Stück bestehenden Verstellnocken $d_1$ bis $d_4$. Zu jeder Zylinderseite gehören für Einlaß und Auslaß, Vorwärts- und Rückwärtsfahrt je zwei Steuer- und Verstellnocken, demnach je eine Trommel. Die Trommeln sind durch eine Hohlwelle *e* miteinander verbunden, in der die Welle *c* drehbar ist. Die Nockenwelle *e* wird mit einer Übersetzung 2 : 1 von der Treibachse aus angetrieben, die Welle *c* wird zwecks Füllungsveränderung und Umsteuerung mittels der Zahnräder $f_1$, $f_2$ verstellt. (Revue générale des Chemins de Fer Dezember 1929 S. 459/473*)

[N 3931 a] *Ro.*

## Das chinesische Küstenschiff „Hai Hing"

Das auf der Werft in Götaverken erbaute Motorschiff „Hai Hing" hat kürzlich seine Probefahrten erledigt. Es ist für den Küstendienst in China bestimmt und hat bei 89,9 m Länge, 13,7 m Breite und 6,1 m Seitenhöhe eine Tragfähigkeit von 3000 t. Einrichtungen für 1500 Kulis, die „Hai Hing" befördern soll, befinden sich auf dem zweiten und dem darunter liegenden Deck. Die Küche liegt auf dem Hauptdeck und enthält zwei große Reiskessel mit ausgemauerter Feuerung. Zum Schutz gegen Seeräuber sind besondere Maßnahmen getroffen. Die Maschinenanlage besteht aus zwei Hauptmotoren, Bauart Burmester & Wain, von je 1750 PS und zwei Dieseldynamos von je 58 kW, die den Licht- und Kraftbedarf decken. Auf den Probefahrten hat das Schiff eine Höchstgeschwindigkeit von 15,3 Kn erreicht. („The Motorship", London, Dezember 1929 S. 334*)

[N 3931 b] *W. B.*

## Zweitakt-Fahrzeugdieselmotor

*F. B. Stearns* hat in seinem Laboratorium einen Fahrzeug-Dieselmotor von 200 PS bei 1000 U/min entwickelt, der seit einigen Monaten auf dem Prüfstand läuft. Der Motor hat sechs in V-Form angeordnete Zylinder von 152 mm Dmr. und 203 mm Hub und wird durch ein an die Kurbelwelle angebautes Roots-Gebläse mit Spül- und Ladeluft versorgt, die durch je zwei hängende Ventile in jeden Zylinder eintritt. Die Auspuffgase treten durch Schlitze auf der Außen- und der Innenseite der Zylinder aus. Diese Schlitze werden 150° hinter dem oberen Totpunkt, die Einlaßventile, die von obenliegenden Wellen angetrieben werden, um 8° später geöffnet. Der Brennstoff wird durch gesteuerte Nadelventile mit rd. 70 at eingespritzt. Zum Verändern der Brennstoffladung kann man die Steuerwellen in der Längsrichtung verschieben. Außerdem kann man den Einspritzdruck der Brennstoffpumpe durch Verstellen einer Hilfsumlauföffnung verändern. Der Motor wiegt rd. 1760 kg, verbraucht etwa 260 g/PSh (Nutzarbeit) und soll sich für den Antrieb von Eisenbahn-Triebwagen eignen. („Automotive Industries" 23. November 1929 S. 748/50*) [N 3951 c] *H.*

## Die unmittelbare Erzeugung des Eisens nach dem Musso-Verfahren

Das von *A. Musso*, Montreal, Kanada, angegebene Verfahren unterscheidet zwei Abschnitte: Die Reduktion der Erze und die Umwandlung des Erzeugnisses der Reduktion in Eisen. Ein Gemisch von Erzen und kohlenstoffhaltigen Brennstoffen wird in eine von außen beheizte, verschlossene und umlaufende Trommel gefüllt; die sich in der Trommel entwickelnden Gase dienen zur Außenbeheizung und zur Erzeugung der für das Verfahren erforderlichen Energie. Die festen Stoffe, die aus der Retorte entnommen werden, geben ihre Wärme an einen Wasserkühler ab. In einem Magnetscheider wird das Eisen von der Gangart, der Asche und den unausgenutzten Kohlenrückständen getrennt. Das Eisen schmilzt man in einem Schmelzofen, dem man ein Flußmittel zusetzt, um die restliche Gangart zu binden. Das gewonnene Eisen enthält nur 0,1 vH Verunreinigungen. Großversuche sollen demnächst aufgenommen werden. Das Verfahren unterscheidet sich hiernach von den bisher bekannten[1]) nur in der Verwendung minderwertiger Brennstoffe. („The Iron and Coal Trades Review" 13. Dezember 1929 S. 916) [N 3931 d] *Gw.*

[1]) Z. Bd. 71 (1927) S. 1327.

## Erzeugung elektrischer Energie durch Verwertung von Faulgasen

Der River Tame and Rea District Drainage Board verwendet seit einiger Zeit in seinem Pumpwerk Saltley zur Erzeugung elektrischer Energie Gasmaschinen, die mit Faulgas betrieben werden. Außer einer seit 1927 in Betrieb befindlichen Gasmaschine von 150 PS ist seit 1929 eine weitere von 400 PS aufgestellt. Der Bau dieser Anlage hat insgesamt rd. 600 000 ℛℳ gekostet. Demgegenüber beträgt die jährliche Ersparnis nach Abzug von Kapital- und Unterhaltkosten über 40 000 ℛℳ.

Die gesamte Pumpanlage, die gegenwärtig auf elektrischen Betrieb umgestellt wird, braucht jährlich rd. 3 Mill. kWh. Um die gesamte verfügbare Faulgasmenge auszunutzen, wird man demnächst eine dritte Gasmaschine von 400 PS aufstellen. Dann werden 2 Mill. kWh, also rd. zwei Drittel des gesamten Energiebedarfs, aus dem Faulgas gewonnen werden. („The Engineer", 13. Dezember 1929 S. 623) [N 3931 e] *Sd.*

## Kraft- und Wärmewirtschaft im Hotelbetrieb

Das Hotel „The New Yorker", das demnächst eröffnet werden soll, wird mit 350 000 m³ Rauminhalt, davon 56 500 m³ unter der Straßenoberfläche, 2500 Gastzimmern und 43 Stockwerken das größte von New York. Den Strombedarf decken fünf Stromerzeuger; drei davon von je 600 kW und einer von 400 kW werden von Gleichstrom-Dampfmaschinen und einer von 375 kW von einem Dieselmotor angetrieben. Der Dieselmotor dient als Aushilfe und soll im Sommer, wenn kein Heizdampf gebraucht wird, den Abdampfüberschuß vermindern. Vier 600 m²-Dampfkessel mit Kohlenstaubfeuerung liefern Dampf von 12,3 at. Ein Abscheider auf dem Dach entstaubt die Rauchgase auf 70 vH[1]). Der Schornstein ist 156 m hoch und hat an der Mündung 2,35 m Dmr.

Die mit den Stromerzeugern gekuppelten Dampfmaschinen sowie eine 200 PS-Dampfmaschine, die eine $CO_2$-Kältemaschine antreibt, werden mit überhitztem Dampf betrieben. Die Feuerpumpe, eine Aushilfswasserpumpe und eine Aushilfs-Kesselspeisepumpe erhalten gesättigten Frischdampf, die Wasch- und Diensträume erhalten Dampf von 7 at. Dieser wird auf 2,8 at gedrosselt und z. T. mit 0,21 at ins Freie, z. T. in die Küchen und zu den Lufterhitzern geführt, wo sein Druck auf 0,35 at vermindert wird. Den Dampf für die 4902 Heizkörper mit 9600 m² Oberfläche in den Gastzimmern entnimmt man der Auspuffleitung der Hauptmaschinen. Zwei Speisewasservorwärmer werden mit Kondensat aus dem Rücklauf der Heizanlage und den Warmwasserbereitern gespeist. Fünf Luftwäscher Kältemaschinen mit 500 000 kcal/h Kälteleistung und 34 Gebläse können das Hotel mit 25 400 m³/min gekühlter Luft versorgen. („Power" 26. November 1929 S. 828*)

[N 3931 f] *Le.*

[1]) Vergl. a. die folgende Mitteilung.

## Flugasche-Abscheider im Hotel „The New Yorker"

Der mit Lenkplatten und im Schornsteinzug arbeitende Staubabscheider nimmt die Kesselabgase und die Abluft aus der Entaschung auf und hat möglichst geringen Widerstand. Mit Rücksicht auf das schon vorher ausgeführte Eisengerippe des Hotels hat man ihn sehr leicht gebaut. Seine Regelleistung beträgt 1600 m³/min. In 24 Stunden scheidet er 5 t Flugasche ab, die durch Rüttelvorrichtungen laufend abgezogen, dann einem Zwischenbunker und zuletzt dem in Bodenhöhe befindlichen Hauptbunker der Entaschungsanlage zugeführt werden. Von hier schafft man die Asche in besonders gebauten Gleiswagen fort. Es ist gewährleistet, daß 70 vH der Staubteilchen festgehalten werden. („Power" 26. November 1929 S. 836*) [N 3931 g] *Stg.*

# BÜCHERSCHAU

Bücher und Zeitschriften des In- und Auslandes, auch solche nichttechnischen Inhaltes, liefert die VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus (Telegrammanschrift: Ingenieurverlag Berlin; Fernspr.: Zentrum 15204).

...richte über betriebswissenschaftliche Arbeiten. 2. Bd.: **Einfluß der Abrundung beim Ziehen von Hohlkörpern aus dünnen Blechen.** Von *Herbert Draeger.* **Leistungsversuche an einer Bügelsäge.** Von *Wolfgang Hellich.* **Untersuchungen von Räumnadeln mit verschiedenen Schnittwinkeln und Fasenbreiten.** Von *Alfred Mann.* Berlin 1929, VDI-Verlag. 52 S. m. 111 Abb. und 7 Zahlentaf. Preis 11 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 10 *RM*.

Der vorliegende 2. Band der betriebswissenschaftlichen ...beiten befaßt sich mit Einzelfragen aus den metallverarbeitenden Betrieben.

Den Einfluß der Abrundung beim Ziehen von Hohlkörpern aus dünnen Blechen behandelt Dr.-Ing. *Herbert Draeger.* Auf Grund von mehr als 1000 Versuchen ist der Einfluß der Abrundung an der Ziehkante auf den Ziehorgang ermittelt worden und wird in Schaubildern dargestellt. Dabei wird festgestellt, daß die Formel von *Ruhmann* falsche Abrundungshalbmesser liefert, so daß es tatsächlich besser ist, dem in der Praxis stehenden Ingenieur Kurventafeln in die Hand zu geben, als die Forschungsergebnisse in Formeln zusammenzufassen. Das ist in dieser Arbeit geschehen und damit sind lange Zeit vermißte Anhaltpunkte für den Betrieb geschaffen worden.

Dr.-Ing. *Wolfgang Hellich* hat Leistungsversuche an einer Bügelsäge unternommen, die als Grundlage für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiete dienen können. Die Versuche erstrecken sich hauptsächlich auf den Einfluß des Bügeldruckes auf die Geschwindigkeit, den Zusammenhang zwischen Schnittbreite und Schnittzeit, die Blattleistungen, die spezifischen Schnittzeiten und den Zusammenhang zwischen Blattleistung und Schnittzeit. Aus den gewonnenen Ergebnissen konnten für verschiedene Verzahnungen der Sägeblätter die günstigsten Bügeldrücke festgestellt werden. Aus den ermittelten Schaulinien kann man die beste Schnittgeschwindigkeit entnehmen. Wie weit das für die Theorie des Sägevorganges Dargelegte sich verallgemeinern läßt, kann erst auf Grund von weitergehenden Forschungen festgestellt werden.

Die Untersuchungen von Räumnadeln mit verschiedenen Schnittwinkeln und Fasenbreiten von Dr.-Ing. *Alfred Mann* stellen eine Fortsetzung der Versuche von Prof. Dr.-Ing. *Sachsenberg* dar. *Mann* hat für Räumnadeln mit rundem Querschnitt für Gußeisen, Eisen und Messing die günstigsten Brustwinkel und Fasenbreiten bei verschiedenen Schmiermitteln und auch bei trockenem Räumen sowie die Abhängigkeit der Schnittkraft festgestellt. Bemerkenswert sind auch die Angaben über den Einfluß des Brustwinkels und der Fase auf das Verlaufen der Nadeln. Außer der für die Werkstatt wichtigen genauen Angabe von Zahlenwerten für Brustwinkel und Fasenbreiten ist die sehr umfangreiche Angabe des Schrifttums über dieses Gebiet hervorzuheben. [E 3836] *Schr.*

Handbuch der Experimentalphysik. Herausgeg. von *W. Wien* und *F. Harms*, unter Mitarbeit von *H. Lenz.* 8. Bd., 1. T.: **Energie- und Wärmeinhalt.** Bearb. von *A. Eucken.* Leipzig 1929, Akademische Verlagsgeseilschaft. 736 S. m. 235 Abb. Preis 65 *RM*.

Die Größe der Energie und des Wärmeinhalts von Stoffen unsrer Natur bei verschiedenen Zuständen geht nicht nur den Physiker und den Physiko-Chemiker an, sondern in hohem Maß auch den praktisch arbeitenden Ingenieur. Es ist daher zu begrüßen, daß im vorliegenden Bande die zahlreichen theoretischen und experimentellen Bestimmungen der Energie und des Wärmeinhaltes fester, flüssiger und gasförmiger Körper in ihrer Gesamtheit dargestellt werden.

Nach Klärung der thermodynamischen Zusammenhänge wird zunächst allgemein gezeigt, nach welchen Grundsätzen Energie- und Wärmemengen oder die Temperaturänderungen bei Energieumwandlungen gemessen werden und welche Fehler besonders bei Präzisionsmessungen möglich sind. Sodann werden in dem sehr umfangreichen besonderen Teil neben theoretischen Erörterungen, unter denen kinetische und quantentheoretische Betrachtungen die erste Stelle einnehmen, alle wichtigeren bis gegen Ende 1928 bekannt gewordenen Verfahren zur Messung der spezifischen Wärme, des Thomson-Joule-Effektes, der Verdampf- und der Schmelzwärme, der Umwandlungs-, Lösungs- und Mischwärme sowie von Wärmetönungen bei chemischen Reaktionen u. a. eingehend besprochen. Besonders wertvoll sind die zahlreichen Vergleiche der Versuchsergebnisse mit der Theorie oder mit Werten, die nach empirischen Regeln, z. B. der von *Dulong* und *Petit*, der *Kopp-Neumann*schen Regel u. dgl., berechnet sind. Erfreulich ist auch die weitgehende Verwendung graphischer Darstellungen.

Das Buch zeugt von der umfassenden und gründlichen Sachkenntnis des Verfassers, der selbst durch Ausarbeitung zahlreicher kalorischer Meßverfahren für tiefe Temperaturen bahnbrechend gewirkt hat, und zeichnet sich vor allem im experimentellen Teil durch große Klarheit in der Darstellung aus. Da überall die Grundgedanken und die Besonderheiten der benutzten Einrichtung klar zum Ausdruck kommen, macht das Werk in vielen Fällen das Studium der Quellen entbehrlich. [E 3830] *Hausen*

**Regeln für die Prüfung von Wärme- und Kälteschutzanlagen.** Aufgestellt vom hierfür beim Verein deutscher Ingenieure gebildeten Ausschuß im Jahre 1928/29. Berlin 1929, VDI-Verlag. 16 S. Preis 4 *RM*, für Mitglieder des V. d. I. 3,60 *RM*.

Die Regeln bilden einen weiteren Beitrag zu den beim Verein deutscher Ingenieure in Zusammenarbeit mit den beteiligten Kreisen aufgestellten Regeln für Abnahmeversuche.

Der 1. Teil gibt ein Berechnungsverfahren für Wärme- und Kälteverluste. Die bisher üblichen Gleichungen sind erheblich vereinfacht. Sie bauen sich auf einer Grundgleichung — der Wärmeleitzahl für die ebene Wand — auf und berücksichtigen den Einfluß der Körperform, der Temperatur und anderer äußerer Bedingungen durch entsprechende Beiwerte. Für diese sind Tafeln aufgestellt, was die Rechenarbeit vermindert. Dazu kommt als Vorteil die eindeutige Vergleichbarkeit der Berechnungsunterlagen.

Im 2. Teil sind die Gewährleistungen behandelt. Man unterscheidet grundlegende Gewährleistungen (Wärmeleitzahl) und weniger oder gar nicht geeignete Gewährleistungen. Einige Eigenschaften können ferner für Sonderfälle Bedeutung erlangen. Der 3. Teil enthält die Meßverfahren für die Wärmeleitfähigkeit für das Laboratorium und für den Betrieb. Mit Rücksicht auf die mangelnde Erfahrung in weiten Kreisen und auf das Fehlen einschlägiger Quellen ist dieser Abschnitt etwas breiter als sonst behandelt. Der letzte Teil enthält einen Überblick über das Schrifttum. Auf den Regeln aufbauend, wird man die Normung der „wirtschaftlichsten Isolierdicke" durchführen können. [E 3808]

Dipl.-Ing. *Höhner*

**Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen.** Herausgeg. von *Reinhold Rüdenberg.* Berlin 1929, Julius Springer. 281 S. m. 336 Abb. Preis 25,50 *RM*.

Das Buch füllt eine Lücke in der neuen elektrotechnischen Literatur aus. Unter Mitarbeit berufener Fachleute aus Hersteller- und Verbraucherkreisen — Obering. *Mayr*, Dir. *Neustätter*, Prof. *Rachel*, Prof. *Rüdenberg*, Dr. *Schleicher*, Dr. *Sommer* — bringt es zum erstenmal eine übersichtliche und dabei erschöpfende Behandlung aller die Wirkungsweise und den Betrieb von Schutzeinrichtungen in Kraftwerken und Leitungsnetzen berührenden Fragen. Besonders hervorzuheben ist die grundlegende Abhandlung des Verfassers selbst über „die Fehlerarten des praktischen Netzbetriebes und die Schutzprinzipien zu ihrer Erfassung". Bei der großen Bedeutung, die den Schutzeinrichtungen in der modernen Elektrizitätswirtschaft zukommt, wird daher ganz besonders der in der Elektrizitätsversorgung tätige Ingenieur in diesem Buche einen unentbehrlichen Ratgeber finden. Das Werk kann allen Fachgenossen bestens empfohlen werden.

Da die moderne Relaistechnik sich immer noch in unaufhaltsamer Entwicklung befindet, so sei an dieser Stelle die Anregung gegeben, das Buch entsprechend dieser Entwicklung von Zeit zu Zeit zu ergänzen.

[E 3759] Dr.-Ing. *E. h. Menge*

Vereinigung der Elektrizitätswerke E. V.: **Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke 1928.** 314 S. Preis ohne Versandkosten 15 *RM*. **Verzeichnis der mit Elektrizität versorgten Orte Deutschlands 1928.** 1144 S. Preis ohne Versandkosten 15 *RM*. Berlin 1929, Geschäftstelle der V. d. E. W.

Das Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke gibt von rd. 4700 Werken die genaue Firma, die Unterwerke und die Unternehmungsform (öffentlich, gemischtwirtschaftlich oder privat) an, ferner die Zahl der versorgten Orte, die Kraftquelle, Stromart und Spannung. Unter „Bemerkungen" findet man ferner Angaben über die Gesellschafter, über Strombezug u. a. Nicht aufgenommen sind nur die Werke, die den Strom ausschließlich für den eigenen Betrieb erzeugen.

Das Verzeichnis der mit Elektrizität versorgten Orte Deutschlands, einschl. des Freistaates Danzig, umfaßt rd. 75 000 Orte, geht also weit über das vor vier Jahren erschienene Verzeichnis hinaus, das nur Orte mit mehr als 1000 Einwohnern berücksichtigte. Angegeben sind neben den alphabetisch geordneten Ortsnamen der Staat oder die Provinz, das Zustellpostamt, Stromverteil- und -lieferwerk, Stromart und Spannung für Kraft und Licht.

Die beiden umfangreichen Bücher bilden sehr wichtige Unterlagen für die deutsche Elektrizitätsstatistik.

[E 3870] *Pa.*

**Technik und Praxis der Papierfabrikation.** Herausgeg. von *Emil Heuser* und *Erich Opfermann*. 1. Bd., 1. T.: **Die Geschichte des Papiers. Die Roh- und Halbstoffe.** Von *F. von Hössle, Korn, Friedrich Mosel, E. Opfermann* und *Ludwig E. Walter*. Berlin 1929, Otto Elsner. 278 S. m. 149 Abb. Preis 26 *RM*.

Es ist den Herausgebern gelungen, für die neue Auflage dieses Handbuches hervorragende Fachleute zu gewinnen. Der bekannte Papierhistoriker *Friedrich von Hössle* schildert anschaulich die geschichtliche Entwicklung der Papierindustrie von der Hausindustrie bis zur Großindustrie.

Eine Übersicht über die Pflanzenfasern und Papierrohstoffe von Prof. Dr. *Korn* gibt die notwendigen Aufschlüsse über den Aufbau der Pflanzen und beschreibt Art, Herkunft und Bau der Fasern, die man zur Herstellung von Papier verwendet. Der Abschnitt ist mit guten Abbildungen ausgestattet und umfaßt auch die subtropischen und tropischen Fasern, die gegenwärtig Interesse finden, wie z. B. Esparto, Bambus, Zuckerrohr, Papyrus u. a.

Der dritte Abschnitt des Buches, der von *Fr. Mosel* geschrieben und von Dr. *W. Schacht* durchgesehen worden ist, behandelt die Herstellung von Hadernhalbstoffen. Bemerkenswert ist der Versuch, die Kosten der Halbstoffherstellung an einem Beispiel zu zeigen, ebenso den Aufbau von zweckentsprechenden Fabrikanlagen an der Hand von Bauskizzen. Die Chemie der Bleiche hat Dr. *E. Opfermann* geschrieben. Von großem Wert ist, daß sich die Verfasser des Abschnittes über Hadern auch über die Zukunft der Hadernhalbstoffe äußern. Ein Druckfehler im Inhaltverzeichnis darf bei dieser Gelegenheit für eine spätere Auflage wohl angemerkt werden. Im Abschnitt Bleiche ist für Seite 142 als Inhalt die Langsieb-Entwässerungsmaschine angeführt, während auf dieser Seite im Text der Abschnitt: „Die physikalischen Eigenschaften der Lumpenfasern" beginnt. An Stelle des genannten Titels ist wohl ein Hinweis auf die Chemie der Bleiche, wie sie *Opfermann* auf Seite 127 bis 142 gegeben hat, beabsichtigt gewesen.

Der vierte Abschnitt des vorliegenden Bandes, die grasartigen Rohstoffe, ist von Direktor *L. E. Walter* unter Mitarbeit von Dr. *Schacht* verfaßt. Es werden zunächst die verschiedenen Stroharten eingehend beschrieben, wobei auch tropische Rohstoffe, beispielsweise Bambus, Reisstroh usw. berücksichtigt sind. Die üblichen Verfahren der Kochung als auch neue Formen der Strohaufschließung sind beschrieben und eine ausführliche Patentübersicht ist dem Abschnitt angehängt. Es mag darauf hingewiesen werden, daß die neuesten Verfahren der Bleiche, das Verfahren nach *Wolf* und das Verfahren nach *Thorne* hier bereits gewürdigt werden.

So ist denn der vorliegende Band tatsächlich eine treffliche Übersicht über die im Titel gekennzeichneten Gebiete. Man darf mit Spannung dem Erscheinen weiterer Bände entgegensehen. Es muß daran erinnert werden, daß die Beschreibung der Herstellung von Sulfitzellstoff und Natronzellstoff in den Rahmen dieses Werkes gehören und vorzügliche Darstellungen der Sulfitzellstoff-Fabrikation von *Dieckmann* und der Natronzellstoff-Fabrikation von *Hägglund* bereits erschienen sind.

[E 3685] *C. G. Schwalbe*

**Modern Aviation Engines.** Von *Victor W. Pagé*. New York 1929 The Norman W. Henley Publishing Co. 1. Bd.: 976 S. m. 464 Abb. 2. Bd.: S. 977 bis 1908 m. Abb. 465 bis 919. Preis je Bd. 5 $, zusammen 9 $.

**Mitteilungen aus dem Telegraphentechnischen Reichsamt** 14. Bd. Berlin 1929, Weidmannsche Buchhandlung. 320 S. m. Abb. Preis 12 *RM*.

**Das Schaltwerk-Hochhaus in Siemensstadt.** Von *Hans Hertlein*. Berlin 1929, Ernst Wasmuth. 96 S. m. 119 Abb. Preis 6 *RM*. (Wir haben einen Aufsatz von *Hans Hertlein* über das Schaltwerk-Hochhaus Siemensstadt in Z. Bd. 73 (1929) S. 1023 veröffentlicht.)

**Kanaldichtungen.** Feststellungen über praktische Ergebnisse bei Verwendung von „Sika" zum Dichten und Verputzen von Kanälen. Von *J. Brix*. Berlin 1929, Julius Springer. 16 S. m. 10 Abb. Preis 0,80 *RM*.

**Technische Hochschule Stuttgart, 6. H.: Rationalisierung.** Von *W. Häbich*. Vortrag vor der Vereinigung der Freunde der Technischen Hochschule Stuttgart am 15. Mai 1929 zur Jahrhundertfeier. Stuttgart 1929, A. Bonz' Erben. 23 S. u. 2 Taf. Preis 0,75 *RM*.

**Die Rechtskunde des Ingenieurs und Kaufmanns.** Von *Richard Blum*. 3. Aufl. Berlin 1929, Julius Springer. 742 S. Preis 23,50 *RM*.

**Wege der Technik: Die Pyramide der Wissenschaften.** Von *Wilhelm Ostwald*. 148 S. m. Abb. Preis 2,80 *RM*. — **Chinas natürliche Ordnung und die Maschine.** Von *Maximilian Esterer*. 175 S. m. 6 Abb. Preis 2,80 *RM*. **Technik und Staat von Babylon bis heute.** Von *Siegfried Hartmann*. 106 S. Preis 2,80 *RM*. Stuttgart und Berlin 1929, J. G. Cottasche Buchhandlung Nachf.

**75 Jahre Semmeringbahn 1854 bis 1929.** Festschrift, herausgeg. von der Österreichischen Verkehrswerbung, Propagandasfelle der Österreichischen Bundesbahnen. Wien 1929, Selbstverlag. 43 S. m. Abb.

**25 Jahre Arbeitnordwest, 1904 bis 1929.** Herausgeg. vom Arbeitgeberverband für den Bezirk der nordwestlichen Gruppe des Vereins Deutscher Eisen- und Stahlindustrieller. Berlin 1929, Reimar Hobbing. 243 S. m. 6 Bildtaf. Preis 12 *RM*.

**Statistisches Taschenbuch der Stadt Leipzig 1929.** Herausgeg. vom Statistischen Amt. Leipzig 1929, Wilhelm Schunke. 64 S. Preis 1,25 *RM*.

## *Berichtigung*

**Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen.**

In Z. Bd. 73 (1929) Nr. 50 S. 1787 r. Sp. müssen die beiden ersten Zeilen unter der obersten Zwischenüberschrift lauten: Die Untersuchungen begannen im „Dauerversuch": die Prüfstäbe wurden einer Belastung in der ungefähren Höhe der Dauerfestigkeit unterworfen und . . . [N 3941]

**Schluß des Textteiles**

*I N H A L T:*


| | Seite |
|---|---|
| Der Ausbau des Hafens II in Bremen. Von *Hacker* | 1837 |
| Vorspannungen in Zylinderdeckeln (Zuschrift) . . . | 1843 |
| Das Dornier-Flugschiff Do X. Von *E. Gossow* . . . | 1845 |
| Professor *Ariya Inokuty* . . . . . | 1848 |
| Neu- und Umbauten im Kabelwerk der Allgemeinen Elektricitäts-Gesellschaft. Von *E. Heideck* . . | 1849 |
| Rahmentafeln für Wasserdampf nebst Erläuterungen | 1856 |
| Landeskultur in Südostitalien . . . . . | 1858 |
| Elektrische Stickstoffgewinnung nach Tern . . . . | 1858 |
| Ultrarote Strahlen zur Signalgebung und Orientierung im Nebel . . . . . | 1859 |
| Rundschau: Dreißig Jahre Schiffbautechnische Gesellschaft — Die Entwicklung des Flugmotors — — Wärmetechnische Prüfverfahren — Rationalisierung im Großküchenbetrieb — Kleine Mitteilungen . . . . . | 1861 |
| Bücherschau: Einfluß der Abrundung beim Ziehen von Hohlkörpern aus dünnen Blechen. Von *H. Draeger* — Leistungsversuche an einer Bügelsäge. Von *W. Hellich* — Untersuchungen von Räumnadeln mit verschiedenen Schnittwinkeln und Fasenbreiten. Von *A. Mann* — Energie- und Wärmeinhalt. Von *A. Eucken* — Regeln für die Prüfung von Wärme- und Kälteschutzanlagen. — Relais und Schutzschaltungen in elektrischen Kraftwerken und Netzen. Von *R. Rüdenberg* — Verzeichnis der deutschen Elektrizitätswerke 1928 — Verzeichnis der mit Elektrizität versorgten Orte Deutschlands 1928 — Die Geschichte des Papiers. Die Roh- und Halbstoffe. Von *F. von Hössle, Korn, F. Mosel, E. Opfermann* und *L. E. Walter* — Eingänge . . . . . | 1867 |
| Berichtigung: Über dynamische Verfestigung und Überlastungsfähigkeit von Stählen . . . . . | 1868 |


Für die Schriftleitung verantw.: *C. Matschoß*, in Vertr. *K. Meyer*, Berlin NW 7 — VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7

# Neuer AEG-Luftverdichter für elektrische Lokomotiven.

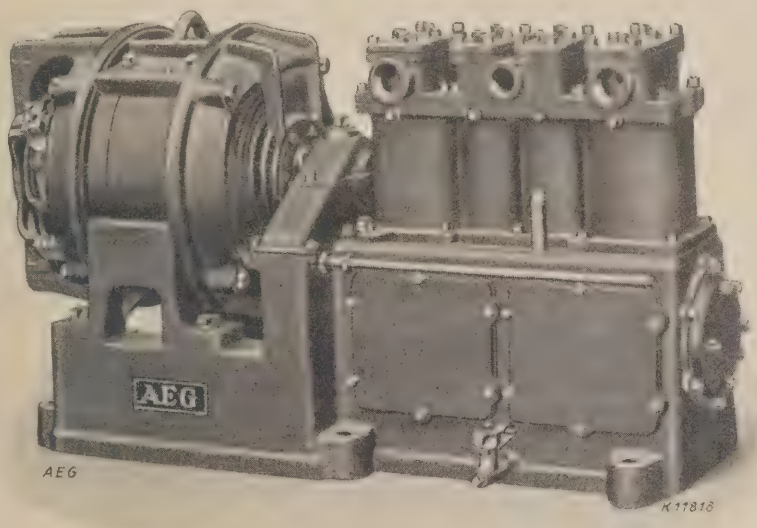
Mitteilung der AEG.

Ein Motorluftpresser auf elektrischen Lokomotiven zur Erzeugung von Druckluft für die Bremseinrichtungen muß folgenden Anforderungen gerecht werden: Geringes Gewicht, geringer Platzbedarf, große Förderleistung und kleiner Energieverbrauch.

Eine weitere Forderung, die der Betrieb stellt, ist der geräuschlose und erschütterungsfreie Gang.

Unter Beachtung dieser Bedingungen entwickelte die AEG ihren zweistufigen, vierzylindrigen Lokomotiv-Motorkompressor EKS 100, der abweichend von älteren, ähnlichen Ausführungen eine wesentliche Steigerung der Drehzahl des Antriebsmotors aufweist. Hieraus ergeben sich kleinere Abmessungen sowohl hinsichtlich des Motors als auch des Kompressors und somit ein geringeres Gesamtgewicht und geringerer Platzbedarf des Maschinensatzes. Die hohe Drehzahl (etwa 1800 U/min) des Einphasen-Kollektor-Motors wird durch ein Zahnradvorgelege, dessen sorgfältig ausgeführte Verzahnung einen ruhigen Lauf gewährleistet, auf die für den Kompressor günstigste Drehzahl herabgesetzt. Die hin- u. hergehenden Massen des Kompressors sind nahezu vollständig ausgeglichen; als Baustoff für die Kolben wurde Leichtmetall verwendet. Durch diese Maßnahme wird ein erschütterungsfreier u. geräuschloser Gang erzielt.

Da die Drehzahl des Kompressors gegenüber älteren Ausführungen gleichfalls erhöht ist, wurden besonders leichte Ringplattenventile verwendet, die aus dünnen Stahlblechen bestehen. Diese Ventile sind infolge ihrer kleinen Massen imstande, den Hüben des Kolbens auch bei großen Drehzahlen schnell und geräuschlos zu folgen und gewährleisten stets eine gute Abdichtung. — Ferner ergibt diese Ausführung der Ventile einen sehr kleinen schädlichen Raum, wodurch der Lieferungsgrad, d. h. das Verhältnis der tatsächlich gelieferten zur angesaugten Luftmenge verbessert wird. Der Kompressor hat je zwei Hoch- und Niederdruckzylinder, die durch einen Zwischenkühler miteinander verbunden sind. Der Kühler (Kupferrohrschlange außerhalb der Lokomotive) erniedrigt die infolge der Kompression (8 atü) entstehende hohe Temperatur des angesaugten Luftvolumens und verhindert somit das Verdampfen und Ausdünsten von Schmieröl.




AEG Luftverdichter EKS 100

Wie die Abbildung zeigt, ist der Kompressor in stehender Bauart ausgeführt. Die Zylinderköpfe sind, wie die Zylinder selbst, in einem Block gegossen. Um jeden Zylinder einzeln nachsehen zu können, sind die Zylinderköpfe mit entsprechenden Flanschen versehen, nach deren Wegnahme das Innere des Zylinders bzw. die Ringplattenventile besichtigt werden können. Die Saugstutzen, denen Filtertöpfe zur Reinigung der angesaugten Luft vorgeschaltet sind, befinden sich seitlich oben am Zylinderkopf. Die Filtertöpfe enthalten zwischen durchlochten Blechen befindliche Putzwollfasern, wodurch die angesaugte Luft gut gereinigt wird, ohne daß der Ansaugewiderstand besonders hoch wird. Eine vorzeitige Abnutzung des Zylinders und Kolbens ist demnach nicht zu befürchten.

Die Stutzen für die Saug- und Druckrohranschlüsse können gegeneinander vertauscht werden, was besonders für den Einbau des Kompressors in dem bei Lokomotiven zur Verfügung stehenden knappen Raum von Bedeutung sein dürfte.

Am Kurbelgehäuse sind verschließbare Öffnungen vorgesehen, die zum Nachsehen der Kurbelwellenlager dienen. Zur Entlüftung des Kurbelkastens ist ein auf der Abbildung erkennbares Entlüftungsrohr vorgesehen. Die Kolbenstangenlager sind als Gleitlager mit Weißmetall-Lagerschalen ausgeführt; für die Hauptlager der Kurbelwelle wurden Rollenlager vorgesehen. Das Zahnradvorgelege hat eine Übersetzung von 1 : 4,55 die Zähne sind in Geradverzahnung mit gehärteten Zahnflanken ausgeführt.

Das zwischen Motor und Kompressor befindliche Gehäuse ist aus Leichtmetall hergestellt.

Das Gehäuse des Zahnradvorgeleges ist in wagerechter Richtung so unterteilt, daß zum Ausbau des Motors mit Ritzel nur ein kleiner Gehäuseteil fortzunehmen ist; soll dagegen der Kompressor mit dem großen Zahnrad ausgebaut werden, so wird der gesamte Gehäuse-Oberteil abgehoben. Zum Nachsehen des Zahnräderpaares wird gleichfalls nur der Oberteil des Gehäuses entfernt, so daß der obere Teil des großen Zahnrades u. das Ritzel leicht zugänglich sind. Das Nachfüllen von Öl geschieht durch Entfernung der auf dem oberen Teil befindlichen Einfüllschraube. Vom Vorgelegegehäuse führt ein Ölrohr nachdem Kurbelgehäuse des Kompressors. Das Öl wird durch das große Zahnrad dem Kurbelgehäuse entnommen, gelangt nach Schmierung des Zahnradeingriffes in einen kleinen Ölfangbehälter und wird von hier dem in der Abbildung ersichtlichen Ölrohr zugeführt, von wo es dann durch vier vorgesehene Anschlüsse zu den einzelnen Schmierstellen der Kurbelwellenlager und Zylinder fließt. Auf diese Weise wird ein dauernder Ölumlauf aufrechterhalten.

Im Prüffeld der AEG wurde der Kompressor eingehenden Versuchen unterzogen.

Nach diesen Versuchen wurde der Kompressor der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft, Bremsversuchsabteilung, Grunewald, zur weiteren Erprobung zur Verfügung gestellt. Die Ergebnisse, die hierbei erzielt wurden, waren gleichfalls sehr zufriedenstellend und sind in nachstehender Zusammenstellung wiedergegeben:

| | |
|---|---|
| Geförderte Luftmenge | 103,3 m³/h |
| Gegendruck | 8 atü |
| Aufgenommene Leistung | 11,1 kW |
| Gesamtgewicht | 796 kg |

Auf Grund dieser günstigen Versuche entschloß sich das Reichsbahn-Zentralamt zum Einbau von weiteren AEG-Kompressoren gleicher Bauart in Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser :: Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPFENTÖLER

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT DAMPF GAS JUWIL Reinigung Entstaubung Desodorisierung Entölung Entwässerung Umformung

Julius Wilisch
Wurzen Sa.

ABDAMPF-ENTÖLER

Th. Wippern, Huss & Co.
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

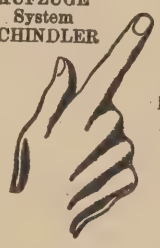
CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über 1/2 Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (35 mm) Mk. 17,64 netto pro Einschaltung

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE

STAHL

Paternoster

Elektrozüge

R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung

Personenpaternoster

KRANE

Transportband-Anlagen

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

HH

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

B

BELEUCHTUNG

BESEG-LICHT

Unübertroffen für Industrie-Großbeleuchtung

Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer

Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.

Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2358-54
Draht: Beseglicht

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Selbsttätige Feuerungsregelung Bauart AEG-Askania bei Treppenrostfeuerungen für Rohbraunkohle.

Mitteilung der AEG.

Der Wirkungsgrad eines Kessels hängt vorwiegend von der Feuerführung ab. Kesselabnahmeversuche werden bei gleichbleibender Belastung vorgenommen, damit Brennstoff-Luftmenge und Dampferzeugung ihr

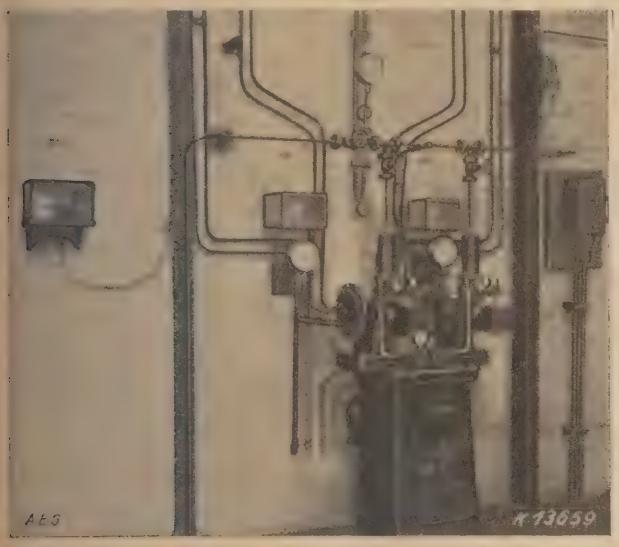



Abb. 1. Hochdruckkessel-Regler

eingestelltes Gleichgewicht behalten. Durch die selbsttätige Feuerungsregelung Bauart AEG-Askania wird in Abhängigkeit von der Belastung die Luftzufuhr derart geregelt, daß die Feuerung den Belastungsschwankungen der Kessel schnell folgt. Der Wirkungsgrad der Kesselanlage bleibt also auch bei schwankender Dampfentnahme dem bei Paradeversuchen annähernd gleich, wenn für ausreichende Bedeckung des Rostes rechtzeitig Sorge getragen wird.

Abb. 1 zeigt die Regler für zwei Hochdruckkessel, wie sie im Kesselhaus eines größeren Kaliwerkes aufgestellt worden sind. Beide sind auf einem gemeinsamen Gußsockel aufgebaut und werden von einer in ihm eingebauten elektrisch angetriebenen Pumpe mit Öl versorgt. Es ist eine unzureichende Maßnahme, für mehrere Kessel nur den Generalschieber im Hauptfuchs zu regeln, weil je nach den verschiedenen Widerständen in den Rauchgaszügen der einzelnen Kessel und dem jeweiligen Zustand des Feuerbettes ganz verschiedene Luftmengen durch die Feuerungen gesaugt werden. Es wird dann im allgemeinen bei keinem der Kessel eine günstige Verbrennung erreicht und die Dampferzeugung verteilt sich ungleichmäßig auf die einzelnen Kessel. Das einzige Kontrollinstrument, das dem Heizer den Zustand der Verbrennung anzeigt, ist der $CO_2$-Messer. Durch die unvermeidliche Verzögerung der Anzeige kommt diese Kontrolle etwa 2 bis 3 min zu spät. Ein sehr geübter und aufmerksamer Heizer kann im besten Falle die Abweichung vom günstigsten, praktisch erreichbaren $CO_2$-Gehalt in 5 bis 6 min wieder richtig gestellt haben. Da die Kohle auf einem feststehenden Treppenrost häufig nicht schnell genug nachfällt, muß der Heizer von Zeit zu Zeit nachhelfen. Ein zu schnelles unregelmäßiges Abbrennen der Kohle erfolgt meist dann, wenn der Kessel aus dem gedämpften Zustand auf höhere Belastung übergeht. Um dem Heizer rechtzeitig eine Belastungsänderung anzugeben, befindet sich am Heizerstand ein Luft-Dampfmesser, der so eingestellt ist, daß bei günstigster Verbrennung die beiden Zeiger nebeneinander stehen müssen. Sobald also infolge größeren Dampfverbrauchs die Rauchgasklappen durch den Regler geöffnet werden, wird der Luftmengenanzeiger steigen. Der Heizer hat also jetzt schnellstens dafür zu sorgen, daß der Dampfmengenzeiger auf die gleiche Höhe des Luftzeigers kommt. Dies geschieht durch Schüren des Feuers, damit genügend Kohle nachfallen kann. Bei dem neuerdings verwendeten Kessel-

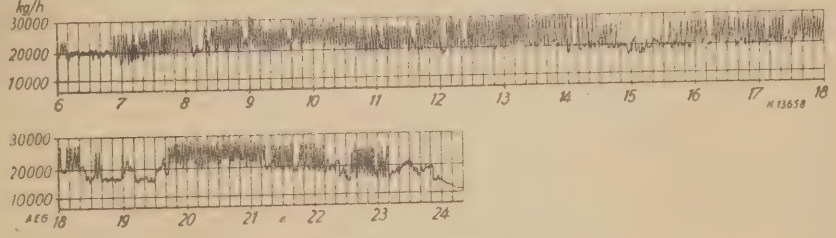



Abb. 3. Belastung der geregelten Kessel.

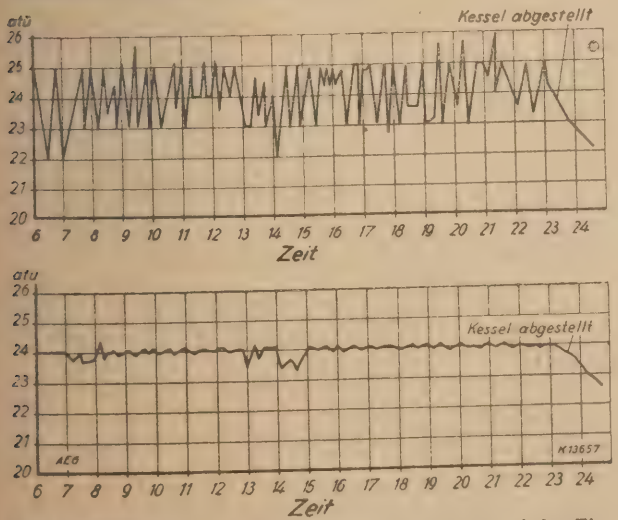



Abb. 2. Dampfdruck an den Fördermaschinen vor und nach dem Einbau einer selbsttätigen Feuerungsregelung Bauart AEG-Askania

hauptinstrument ist die Anzeigenfolge umgekehrt: Es wird als Kommando für den Heizer die dem Kessel entnommene Dampfmenge angezeigt, nach der nun die Luftmenge eingestellt wird. Es ist selbstverständlich, daß die dem Kessel entnommene größere Dampfmenge auf Kosten der Speicherfähigkeit der Kessel geht und nicht ohne Druckabfall abgegeben werden kann, da der Mehrbedarf an Verbrennungsluft zu spät kommt. Aus diesen Gründen ist nur die Einzelregelung der Kessel mit Kommandosteuerwerk richtig, wobei man es in der Hand hat, durch einmalige Einstellung der Regler den Lastanteil auf die einzelnen Kessel gleichmäßig zu verteilen.

Abb. 2 zeigt den Dampfdruck an den Fördermaschinen vor und nach dem Einbau einer selbsttätigen Feuerungsregelung Bauart AEG-Askania. Ein Druck von 24 atü sollte nach Möglichkeit konstant gehalten werden, was bei der stark wechselnden Belastung, die in Abb. 3 zu erkennen ist, bei Handbetrieb vollkommen ausgeschlossen war. Mit der äußerst empfindlichen Feuerungsregelung Bauart AEG-Askania ist es möglich, die auftretenden Dampfverbrauch-Schwankungen rechtzeitig aufzunehmen und den notwendigen Dampfbedarf bei gleichbleibendem Druck zu erzeugen.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

### ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

### ABDAMPF-ENTÖLER

**PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.**

**Bühring A.-G.**
**Landsberg (Bz. Halle)**

### ABDAMPF-ENTÖLER

**Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.**

### ABDAMPF-ENTÖLER

**Sack & Kieselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

### ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

### ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

### AUFZÜGE

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

### AUFZÜGE

Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A-G**

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

### AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

### AUFZÜGE

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

### AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

### AUFZÜGE

Original-Dreistern von höchst. Sicherheit u. dem neuest. Stand der Technik entsprechend.
**Maschinenfabrik MÜHLEISSEN**
Elberfeld-Son.

**Bei Erteilung**

**eines Jahresauftrages**

**(52 Anzeigen)**

**kostet dieser Raum (35 mm)**

**Mk. 17,64 netto pro Einschaltung**

### AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

### AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

### AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

### Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL

Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

### AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung

**Personenpaternoster**

**KRANE**

**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

## B

### BELEUCHTUNG

### BESEG-LICHT

Unübertroffen für
**Industrie-Großbeleuchtung**
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.

**Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.**
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht

### BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

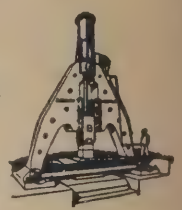
## D

### DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.



Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.

**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Elektrische Abraum- und Kohlenbahnlokomotiven.

Mitteilung der AEG.

Im Braunkohlentagebau werden elektrische Lokomotiven seit mehr als zwanzig Jahren verwendet. Zuerst dienten sie nur zur Beförderung der Abraumzüge, da die Kohle fast durchweg mit Kettenbahnen zu den Bunkern gebracht wurde. Als man dazu überging, auch für die Kohlenförderung Standbahnen anzulegen, übernahm man die im Abraumbetrieb bewährten Lokomotiven auch für diese Förderung. Eine Änderung an den Lokomotiven war nicht erforderlich, da sowohl Abraum- als auch Kohlenbahnen fast ausnahmslos mit der gleichen Spurweite von 900 mm versehen waren.

Für den Abraumbetrieb hat sich als Regelbauart die vierachsige Drehgestellokomotive eingeführt und bis heute erhalten, wenn auch Gewicht und Leistung im Laufe der Zeit wesentlich gesteigert, ferner Bauausführung und Ausrüstung wesentlich vervollkommnet wurden. Die in Bild 1 dargestellte neuzeitliche Abraumlokomotive wird mit einem Gewicht von 52 bis 60 t und mit einer Leistung von 420 bis 640 kW ausgeführt. Die allgemeine Bauart, langgestreckter Oberrahmen mit versenktem Führerhaus, ergab sich daraus, daß die Lokomotiven die niedrigen Baggertore durchfahren müssen. Durch die Anordnung von Drehgestellen mit kleinem Radstand wurde auch eine vorzügliche Kurvenbeweglichkeit erreicht.

Die Lokomotive besteht aus drei Hauptteilen, dem Oberrahmen und den beiden Drehgestellen. Der Oberrahmen ruht mittels kugeliger Drehzapfen auf den Drehgestellen, so daß eine allseitige Beweglichkeit der Drehgestelle gewährleistet ist. Der Nachteil dieser Anordnung, daß die jeweils vorderen Laufachsen beim Ziehen des Zuges, insbesondere beim Anfahren stark entlastet werden, wird durch die der AEG geschützte Bauart vermieden, bei welcher auch bei den größten Zugkräften eine praktisch gleichmäßige Belastung aller Achsen erzielt wird.

Dem rauhen Betrieb entsprechend, bei dem auch mehr oder weniger heftige Zusammenstöße vorkommen, werden Oberrahmen und Drehgestelle und alle betriebswichtigen Teile in kräftigster Bauart ausgeführt.

Im Führerhaus befinden sich die zur Bedienung und Sicherung der Lokomotive nötigen Ausrüstungsteile. In der Mitte steht der Fahrschalter, rechts und links davon liegen die Ventile und Hähne für die Drucklufteinrichtung. Sie sind doppelt angeordnet, damit der Führer von jeder Lokomotivseite aus die Lokomotive steuern kann. Schalter und Sicherungen, Meßgeräte und Heizung und Beleuchtung vervollständigen die Einrichtung des Führerhauses.

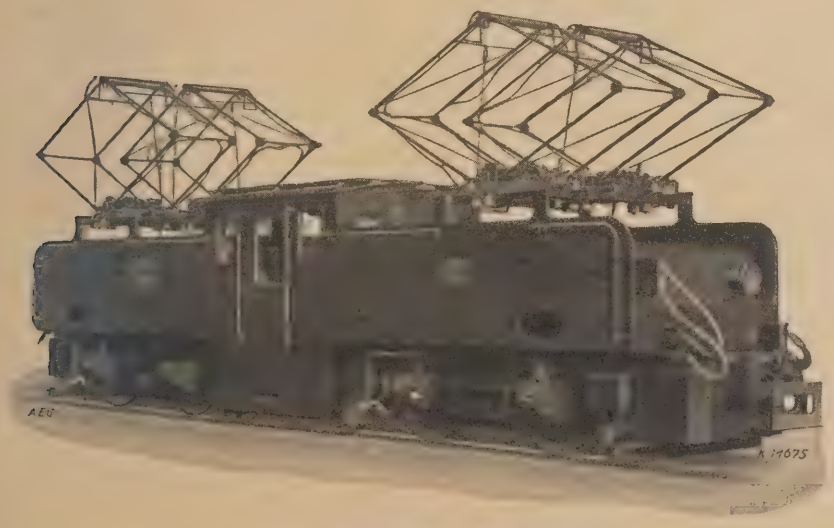



Abb. 1. Vierachsige Abraumlokomotive.

In den Vorbauten des Oberrahmens liegen die Widerstände und der Überstromausschalter, ferner die Einrichtungen zur Drucklufterzeugung und Motorbelüftung. Alle Teile sind nach oben abgedeckt, aber durch Klappen leicht zugänglich.

Zum Antrieb dienen vier vollkommen gekapselte Motoren mit Kastengehäuse, die in üblicher Weise mittels Tatzenlager auf den Laufachsen ruhen. Es sind Gleichstrom-Hauptstrommotoren mit Wendepolen, entweder für 550 oder für 1100 V gewickelt, die unter Vermittlung eines Stirnradvorgeleges mit der Übersetzung 1 : 6,53 auf die Laufachsen arbeiten. Die Drehzahl der gebräuchlichen Motoren liegt im Mittel bei etwa 550 U/min. Dies ergibt bei einem Laufraddurchmesser von 950 mm eine Geschwindigkeit von etwa 15 km/h. Die wirklichen Fahrgeschwindigkeiten weichen hiervon mehr oder weniger ab, da sich die Drehzahl der Hauptstrommotoren mit der Belastung ändert. Zur Erzielung der oben erwähnten hohen Leistungen ist es nötig, die Motoren zu lüften, was bei der schmalen Bauart nur durch besondere, außerhalb sitzende Gebläse möglich ist. Je zwei Motoren werden durch ein Gebläse belüftet, das durch ein Gabelrohr mit den Motoren verbunden ist. Zur Reinigung der Luft dient ein Delbag-Filter.

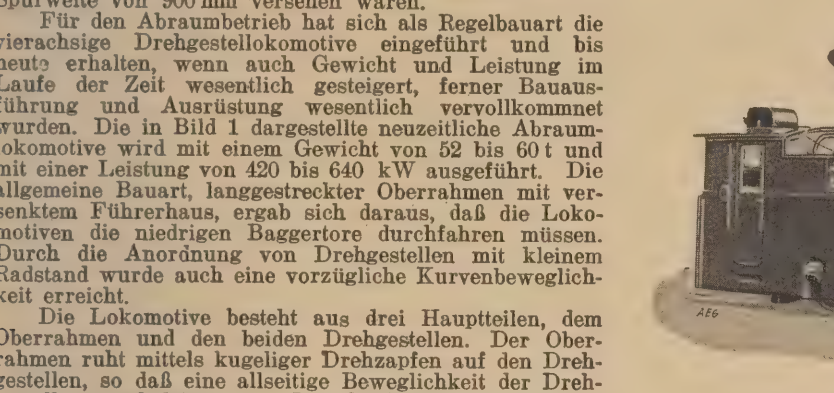



Abb. 2. Zweiachsige Kohlenbahnlokomotive.

Die Drucklufteinrichtung, mit der jede Lokomotive versehen ist, dient zur Betätigung der Bremse, Sandstreuer, Pfeife und Glocke und bei Verwendung von Großraumwagen zur Versorgung der Wagen mit Druckluft zum Bremsen und Kippen. Zur Erzeugung der Druckluft ist ein Motorkompressor von 900 l/min angesaugter Luft eingebaut. Vereinzelt wird neben der Druckluftbremse auch die elektrische Kurzschlußbremse vorgesehen, die dann als Hauptbremse benutzt wird.

Wie bereits erwähnt, werden die vierachsigen Abraumlokomotiven auch vielfach auf den Kohlenbahnen verwendet. Wo jedoch ihre Ausnutzung bei den bedeutend leichteren Kohlenzügen zu gering wäre, benutzt man zweiachsige Lokomotiven, bei denen Gewicht und Leistung genau die Hälfte betragen. Diese Lokomotiven werden in der Regel mit Führerstand an einem Ende ausgeführt (Bild 2). Die elektrische Ausrüstung ist die gleiche wie bei den vierachsigen Lokomotiven, nur der Fahrschalter ist entsprechend kleiner vorgesehen. Auch die Druckluftausrüstung entspricht derjenigen der vierachsigen Lokomotiven.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Th. Wippern, Huss & Co.**
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

GESCHMIEDETE **ARMATUREN**

**für höchste Drücke und chemische Werke**

**Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.**
Saarbrücken
Kein Zoll!

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

---

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL **Flohr** A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

**Heime & Hans Herzfeld**
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
**Halle (Saale)**

---

**AUFZÜGE**

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung
Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

---

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

**Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (25 mm) Mk. 12,60 netto pro Einschaltung**

---

**AUFZÜGE**

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

**Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim**

---

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL M·S·N AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN·NÜRNBERG·ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

SCHINDLER 1874

**AUFZÜGE**

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-

**AUFZÜGE**

**STAHL**

Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

B

**BELEUCHTUNG**

**BESEG-LICHT**

Unübertroffen für
**Industrie-Großbeleuchtung**
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unverbindlichen Vorschläge.

**Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.**
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht

---

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Hochleistungs-Drehstrom-Hobelmaschinen-Antrieb mit zwei Motoren.

(DRP angemeldet.)

**Mitteilung der AEG.**

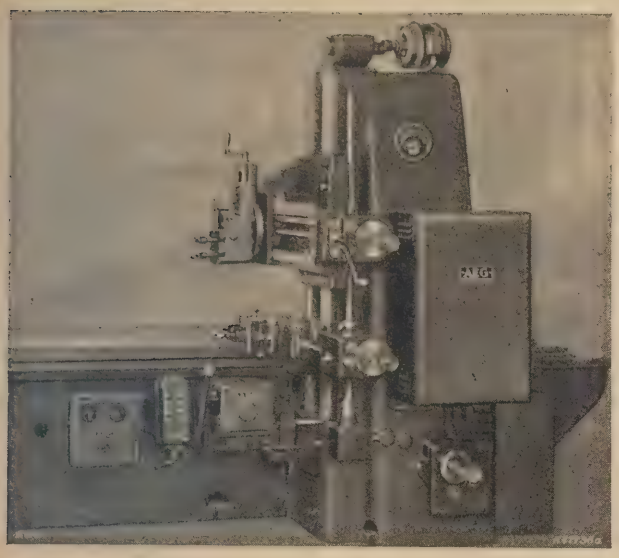


Abb. 1. Einständer-Hobelmaschine mit AEG-Drehstrom-Zweimotorenantrieb u. Druckknopfsteuerung (Paul Blell, Zeulenroda.)

Hobelmaschinenantriebe mit magnetischen Umkehr-Kupplungen oder mit Riemenumsteuerung enthalten nur wenige oder gar keine Abstufungen der Schnittgeschwindigkeit; dagegen ermöglicht der Gleichstrom-Umkehrmotorantrieb eine stufenlose Regelung der Schnittgeschwindigkeit zwischen der niedrigsten Arbeits- und der höchsten Rücklaufgeschwindigkeit. Dieser große Vorteil des Gleichstrom-Umkehrantriebes ist aber, wie die Praxis in manchen Fällen zeigt, nicht ausreichend, um bei vorhandenem Drehstromanschluß die geringe Unbequemlichkeit und die Mehrkosten für die Umformung oder Leonardanordnung in Kauf zu nehmen. In solchen Fällen ist der Zweimotoren-Drehstrom-Umkehrantrieb am Platze, der aus zwei normalen Drehstrom-Motoren mit einer einfachen Druckknopf-Schützensteuerung besteht. Dabei bewegt sich jeweils nur ein Motor, während der zweite durch eine magnetisch betätigte Haltebremse festgestellt wird. Beim Umsteuern bzw. beim Hubwechsel wird der laufende Motor ausgeschaltet und der andere eingeschaltet. Die Bremse für den stillzusetzenden Motor fällt entweder sofort oder etwas verzögert ein, wobei die lebendige Kraft dieses Motors noch teilweise zur Beschleunigung des anderen Motors ausgenützt wird. Es erfolgt also, im Gegensatz zu allen mechanischen oder elektro-magnetischen Umsteuerungen, keinerlei Vernichtung von lebendiger Kraft einer Richtung durch Gegenenergie. Die außerordentlich hohen Verluste, die bei Aufwendung von Gegenenergie immer entstehen müssen, werden somit erspart.

Um beispielsweise von schnellem Rücklauf mit vierfacher Geschwindigkeit auf Schnittgang mit einfacher Geschwindigkeit umzusteuern, ist mit Gegenkraft 25mal mehr Energie nötig als bei dem Zweimotorenantrieb, bei dem jeder Motor samt bewegter Masse ohne Energiezufuhr abgebremst und gleichzeitig der Gegenmotor beschleunigt wird.

Die Kraft- bzw. Stromersparnis durch diesen Antrieb ist also sehr bedeutend; sie beträgt mehr als 50 vH bei kurzen Hüben und vermindert sich entsprechend bei längeren Hüben, weil dann der Energieverbrauch beim Umsteuern gegenüber dem Verbrauch beim Schnitt und Rücklauf zurücktritt.

Wer Gelegenheit hatte, die Belastungsstöße beim Umsteuern mit Riemenwendegetriebe oder mit magnetischen Umkehrkupplungen zu beobachten, wird diesen Vorteil des neuen Antriebes auch mit Rücksicht auf die Kraft- bzw. Stromquelle zu schätzen wissen.

Eine weitere Stromersparnis entsteht dadurch, daß für den leeren Rücklauf ein kleinerer Motor gewählt werden kann, der daher günstiger arbeitet, als wenn der für schwere Belastung vorgesehene Schnittmotor auch den Rücklauf antreibt.

Die Bilder zeigen eine kleinere und eine große Einständerhobelmaschine mit diesem von der AEG ausgeführten Antrieb. Die Motoren sind normale vierpolige Drehstrommotoren, die in Form B 10 an den Getriebekasten, der auch die Bremsen enthält, angeflanscht sind.

Die Maschine gemäß Abb. 1 von etwa 800 mm Hobelbreite hat einen Schnittmotor von 8,5 PS und einen Rücklaufmotor von 4,5 PS Dauerleistung. Mittels eines an der Bedienungsstelle befindlichen Hebels lassen sich drei Schnittgeschwindigkeiten einstellen und zwar 7,5 mm, 10,5 mm und 15 mm, während die Rücklaufgeschwindigkeit 30 mm (1 : 4) ist.

Die in Abb. 2 von der Antriebseite gezeigte Maschine hat bei etwa 1500 mm Hobelbreite einen Schnittmotor von 20 PS und einen Rücklaufmotor von 11 PS Dauerleistung, wobei die Rücklaufgeschwindigkeit 42 m/min beträgt. Die Umsteuerung erfolgt nicht nur kurz und stoßfrei, sondern auch sehr genau. Die Bedienung durch die an beiden Seiten vorgesehenen Druckknöpfe ist außerordentlich einfach und besonders zeitsparend bei Aufspann- und Einstellarbeiten. Die Leistung der Maschine bzw. die Durchzugskraft wird durch die Umsteuerung in keiner Weise begrenzt.

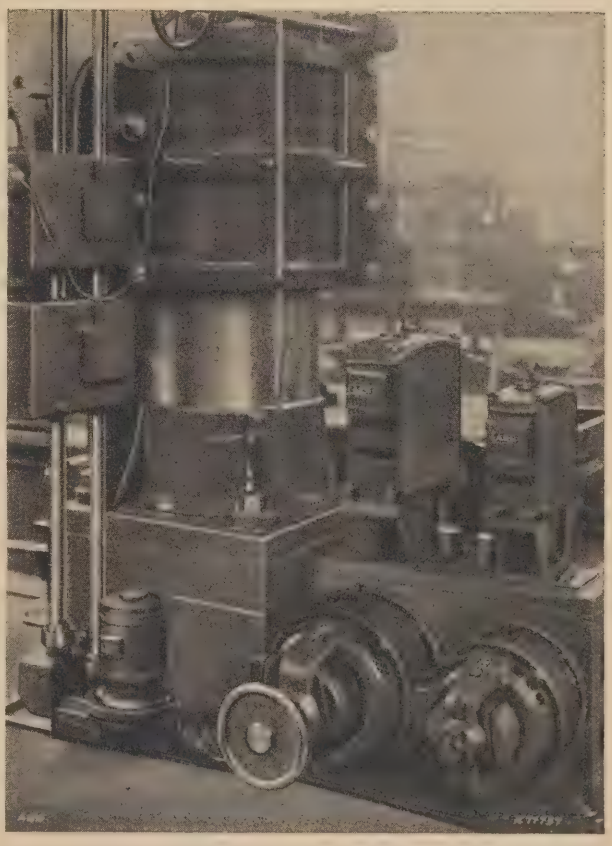


Abb. 2. Einständer-Hobelmaschine mit AEG-Drehstrom-Zweimotorenantrieb und Druckknopfsteuerung (Billeter & Klunz A.-G., Aschersleben).

Gegenüber magnetischen Umkehrkupplungen kommt bei dieser Antriebsart noch der weitere Vorteil hinzu, daß keinerlei Gleichstrom für die Erregung nötig ist.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Preßluft-Entöler D.R.P.

Entöler

Vorwärmer

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

ABDAMPF-ENTÖLER

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

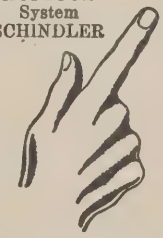
CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

Bei Erteilung

eines Jahresauftrages

(52 Anzeigen)

kostet dieser Raum (25 mm)

Mk. 12,60 netto pro Einschaltung

AUFZÜGE
Original-Dreistern
von höchst. Sicherheit u. dem neuest. Stand der Technik entsprechend.
Maschinenfabrik MÜHLEISSEN
Elberfeld-Son.

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE
jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE
aller Art — Feineinstellung
Personenpaternoster
KRANE
Transportband-Anlagen
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

AUTOGENE
Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

HH

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.
Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUTOWERKZEUGE

F.D. Weltmarke

Paul F. Dick, Esslingen a. N.
Stahlwaren- und Werkzeugfabrik

B

BELEUCHTUNG

BESEG-LICHT

Unübertroffen für
Industrie-Großbeleuchtung
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.
Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Neuerungen im Zahnradbau für Bahnmotoren.

**Mitteilung der AEG.**

Für Bahnmotoren werden heute fast ausschließlich im Einsatz gehärtete Getriebe verwendet. Der zähe Kern solcher Räder bietet die Gewähr für größte Haltbarkeit und Widerstand gegen mechanische Beanspruchungen, die glasharte Oberfläche der Zahnflanken sorgt für eine gute Verschleißfestigkeit. Die hohe Leistungsfähigkeit neuzeitlicher Getriebe wird in erster Linie durch folgende Faktoren erreicht: Durch Wahl einer geeigneten Zahnform, Sauberkeit der Herstellung und der Verwendung hochwertiger Baustoffe, die thermisch veredelt werden.

**Verzahnung.** Aus der Abb. 1 sind die Vorteile der Zahnräder mit verschobenem Kopfkreis, gegenüber denjenigen mit Normallage, deutlich zu erkennen. In dem Bild ist links die normale Evolventen-Verzahnung mit der rechts dargestellten, unter dem Namen „AEG-Verzahnung" bekannten Ausführung in Vergleich gestellt.

**Baustoffe.** Ohne die Verwendung hochwertiger Stahlsorten sind die heute erreichten Fortschritte im Bau der Bahnmotorgetriebe nicht denkbar. Die Ritzel werden entweder aus einem unlegierten Elektrostahl, oder für hohe Beanspruchungen aus Chromnickelstahl mit 1,5 oder 3,5 % Nickel hergestellt. Für die Achszahnräder kann ein für Einsatzhärtung besonders geeigneter Stahlguß zur Anwendung kommen. Die höchsten Anforderungen neuzeitlicher Bahnmotoren verlangen aber Achszahnräder aus im Gesenk geschlagenem Elektrostahl, oder es werden einteilige Radsterne mit zweiteiligen oder einteiligen Zahnkränzen aus Elektrostahl oder Chromnickelstahl benutzt. Diese im Gesenk geschmiedeten, völlig durchgearbeiteten Zahnradmaterialien bieten hohe Sicherheit durch gleichmäßige Beschaffenheit des Werkstoffes (Lunker sind vermieden, das Gefüge ist durch den Schmiedeprozeß verdichtet, die Schmiedefaser geht senkrecht zur Beanspruchung, der Kern weist hohe Zähigkeit auf). Abb. 2 zeigt verschiedene Rohlinge aus gesenkgeschmiedetem Sonderstahl.

Abb. 2.
Achs-Zahnrad-Rohlinge aus gesenkgeschmiedetem Sonderstahl.

**Fabrikation.** Die Räder werden im naturharten Zustand durch Sondermaschinen bearbeitet und kommen alsdann in die Härterei. Allein durch die sorgfältige Wahl des geeigneten Werkstoffes ist der Erfolg hoher Verschleißfestigkeit und Bruchsicherheit noch nicht gegeben. Die Art der thermischen Behandlung ist hier von ausschlaggebender Bedeutung. Unter Ausnutzung mehr als dreißigjähriger Erfahrungen im Zahnradbau verwendet die AEG für die thermische Behandlung ausschließlich elektrische Öfen. Gleichmäßige Erwärmung der Räder und genau einzuhaltende Temperatur sind die Vorteile dieses Verfahrens. Die von der AEG hergestellten Räder zeigen einen außerordentlich geringen Verzug, so daß es im allgemeinen nicht nötig erscheint, nach dem Härten noch eine weitere Behandlung der Zahnflanken vorzunehmen. Werden aber höchste Genauigkeit und völlig geräuschloser Lauf der Getriebe gewünscht, so ist es unerläßlich, auch die letzten sehr feinen, durch das Härten verursachten Zahnformabweichungen zu beseitigen. Hierfür stehen Schleifmaschinen sowohl für Gradflanken als auch für Schraubenräder zur Verfügung. Im allgemeinen ist im Hinblick auf geräuschlosen Lauf folgende Stufung zu beachten: Normal gehärtetes Stirnrad — normal gehärtetes Schraubenrad — gehärtetes und geschliffenes Stirnrad — gehärtetes und geschliffenes Schraubenrad.

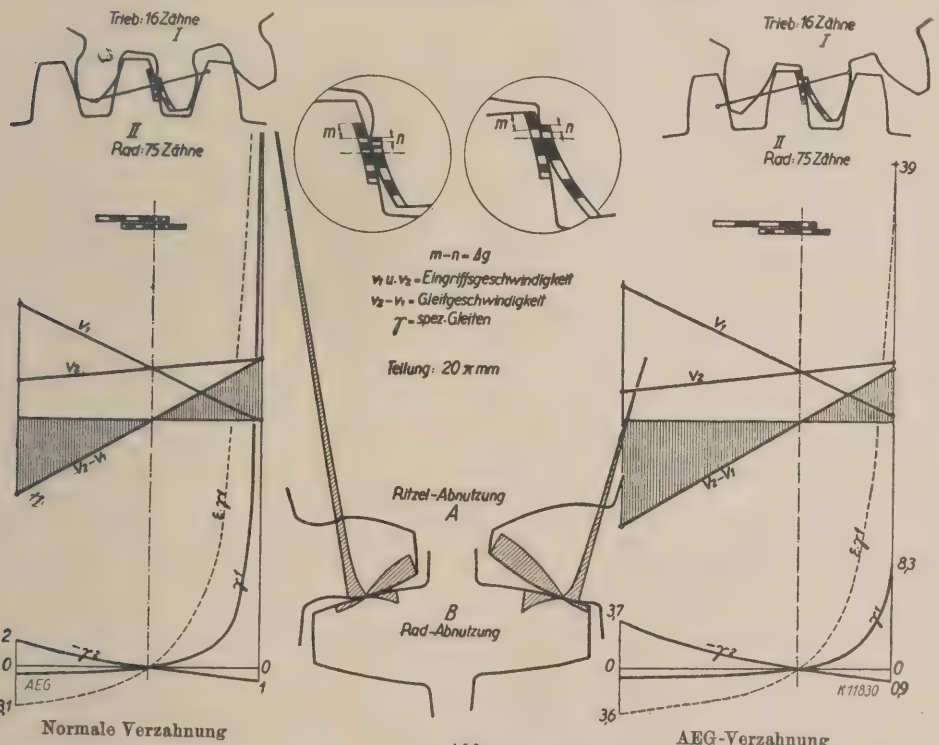



Abb. 1.
Vergleichende schematische Darstellung der normalen Evolventen-Verzahnung und der AEG-Verzahnung

Die Einführung der geschliffenen Zahnflanken für die AEG-Schraubenräder ist um so wichtiger, als sich im neuzeitigen Bahnbetrieb mehr und mehr die Räder mit schräggeschnittenen Zähnen einführen. Die Zahnflanken der Schraubenräder kommen wie bei einem Schnekkenrad stetig zur Anlage. Der Zahndruck wird ohne Stöße und Erschütterungen vom Anfang des Eingriffes beginnend bis zum Ende gleichmäßig übertragen. Noch ehe der Zahndruck auf die ganze Zahnflanke verteilt ist, hat ein zweiter Zahn den Eingriff begonnen. Es ist verständlich, daß die Beseitigung der Schwingungen auch das Geräusch herabsetzen und dämpfen muß. Stirnräder mit schrägen Zähnen ergeben einen ruhigen und geräuschlosen Lauf. Für die hochausgenutzten Leichtgewichts-Bahnmotoren kommen ausschließlich Schraubenräder zur Anwendung. Wegen der Vorteile dieser Räder mit schräggeschnittenen Zähnen ist der Einbau solcher Getriebe auch in älteren Motoren zweckmäßig.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

**ABDAMPFENTÖLER**

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT DAMPF GAS JUWIL Reinigung Entstaubung Desodorisierung Entölung Entwässerung Umformung

**Julius Wilisch**
Wurzen Sa.

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Th. Wippern, Huss & Co.
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

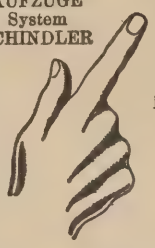
G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL **Flohr** A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

**AUFZÜGE**

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 89

**AUFZÜGE**

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL M·S·N AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN·NÜRNBERG·ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

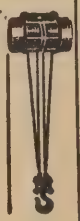
**AUFZÜGE**

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster



Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

## B

**BELEUCHTUNG**

**BESEG-LICHT**

Unübertroffen für
Industrie-Großbeleuchtung
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.
Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2958-54
Draht: Beseglicht

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

## D

**DAMPF-DRUCKVERMINDERER**

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

**DAMPFENTÖLER**

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

**DAMPFHÄMMER**

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.

J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

**DAMPFMESSER**

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Normalspurige 1 C-Heißdampf-Tenderlokomotive.

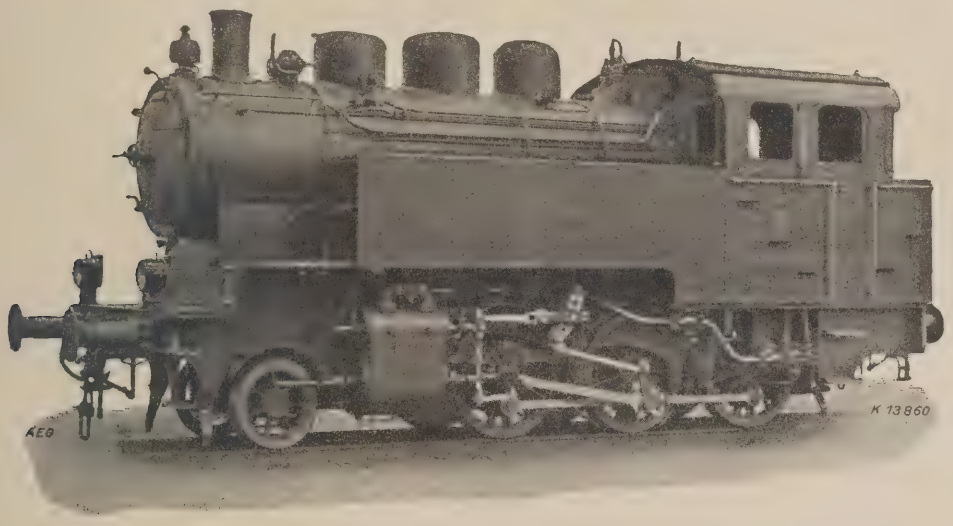
Mitteilung der AEG.

Die AEG hat für die Kleinbahn Freienwalde-Zehden eine neue Bauart einer normalspurigen 1 C-Heißdampf-Tenderlokomotive zur Ablieferung gebracht. Die Maschine ist bestimmt für Kleinbahnstrecken mit 12 t höchstem Achsdruck.

Die Hauptabmessungen der im Bilde dargestellten Lokomotive sind folgende:

| | |
|---|---|
| Spurweite | 1435 mm, |
| Zylinder-Durchmesser | 450 „ , |
| Kolbenhub | 550 „ , |
| Treibrad-Durchmesser | 1200 „ , |
| Rostfläche | 1,65 m² , |
| Kesselheizfläche | 75,8 „ , |
| Überhitzerheizfläche | 26 „ , |
| Dampfüberdruck | 13 atü, |
| Wasservorrat | 5 m³ , |
| Kohlenvorrat | 1,3 t , |
| Leergewicht | 38 t , |
| Dienstgewicht | 47 t , |
| Reibungsgewicht | 37 t , |
| Größte Geschwindigkeit | 60 km/h. |

glatt an. Feuerbuchse und Stehbolzen bestehen aus Kupfer. Unterhalb der unteren Siederohrreihe ist ein Feuerschirm eingebaut. Der Rost liegt waagerecht und besteht aus zwei Reihen Roststäben. Der Aschkasten ist mit einer vorderen und hinteren Aschkastenklappe sowie einer Bodenklappe versehen. Nach vorn schließt sich an den Langkessel die Rauchkammer an, in der sich der Funkenfänger, Bauart Stollerz, befindet. Vor dem Schornstein ist auf der Rauchkammer das Dampfläutewerk, Bauart Latowsky, angeordnet. Zur Kesselspeisung dienen zwei Dampfstrahlpumpen normaler Bauart sowie ein Abdampfinjektor, Bauart Friedmann, der auf der linken Maschinenseite liegt. Die Wasserkästen befinden sich seitlich des Langkessels. Das Führerhaus hat in der Vorder- und Rückwand drehbare Fenster, ferner Seitenfenster und seitliche Türen und Schiebefenster, die völligen Abschuß des Führerhauses ermöglichen. Die Kohlenvorräte befinden sich im Kohlenkasten hinter der Führerhausrückwand.




1 C-Heißdampf-Tenderlokomotive.

Die Lokomotive ruht auf 4 Achsen, von denen 3 Achsen miteinander gekuppelt sind. Die vordere Achse ist als Bisselachse ausgebildet. Der seitliche Ausschlag der Bisselachsen nach jeder Seite beträgt 65 mm. Die Tragfedern der Kuppelachse liegen unterhalb der Achslagerkästen. Die Federn sind für sämtliche Kuppelachsen gleich ausgebildet. Die Federn der 2. und 3. Kuppelachse sind untereinander durch Längsausgleichhebel verbunden. Die vorderen Stützpunkte der Tragfedern der ersten Kuppelachse sind durch einen Quer-Ausgleichhebel verbunden, auf denen sich mittels einer Schneide der Ausgleichhebel zwischen der Laufachse und der ersten Kuppelachse auflegt. Die Federung der Laufachse geschieht beiderseits durch je zwei vertikal angeordnete Spiralfedern.

Der Kessel hat die übliche Bauart. Er besteht aus dem Langkessel, dem Stehkessel und der Rauchkammer. Der Langkessel ist aus zwei zylindrischen Schüssen von 1350 bzw. 1378 mm äußerem Durchmesser zusammengesetzt. Die Entfernung zwischen den Rohrwänden beträgt 3200 mm. Der Langkessel enthält 24 Rauchrohre 100,5/108 mm Dmr. und 133 Heizrohre 33/38 mm Dmr. Die Rauchrohre nehmen den Überhitzer, Bauart Schmidt, auf. Auf dem ersten Kesselschuß sitzt vorn der Speisedom, der einen Winkelrost-Schlammabscheider enthält, hinter diesem der Dampfdom. Auf dem zweiten Kesselschuß befindet sich der Sandkasten. Nach hinten schließt sich an den Langkessel der Stehkessel

Der Rahmen ist als Plattenrahmen ausgebildet. Die Zylinder liegen waagerecht an der Außenseite des Rahmens. Die zweite Kuppelachse ist als Treibachse ausgebildet. Die Treibstangenlager sind durch Keile nachstellbar. Die Kuppelstangen sind in einfachen zylindrischen Buchsen gelagert. Die Dampfverteilung in den Zylindern erfolgt durch Kolbenschieber der Regelbauart. Die Steuerung ist eine normale Schwingensteuerung, Bauart Heusinger, mit Umsteuerspindel. Die Bremsausrüstung besteht aus einer Luftdruckbremse Kunze-Knorr mit Zusatzbremse und einer Wurfhebelbremse. Beide Bremsen arbeiten auf das gleiche Bremsgestänge. Die drei gekuppelten Achsen werden einseitig von vorn in Achsmitte abgebremst. Das Bremsgestänge ist mit Nachstellvorrichtung versehen. Der Sandstreuer wird durch Preßluft betätigt. Auf den Zylindern befinden sich Druckausgleicher und Luftsaugeventile.

Die Lokomotive ist mit elektrischer Beleuchtung, Bauart AEG, ausgerüstet. Die elektrische Energie wird erzeugt durch einen Turbogenerator, der auf der Rauchkammer hinter dem Schornstein Aufstellung gefunden hat. Durch besondere Widerstände ist es möglich, beim Rangieren bzw. bei Einfahrt in Bahnhöfe die Streckenlaternen abzublenden.

Die Lokomotive dürfte einen für die Beförderung von Personenzügen und leichten Güterzügen besonders geeigneten Typ darstellen.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

**ABDAMPF-ENTÖLER**
**PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.**

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung
Preßluft-Entöler D.R.P.
Entöler
Vorwärmer

Bühring A.-G.
Landsberg (Bz. Halle)

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

**GESCHMIEDETE ARMATUREN**

für höchste Drücke und chemische Werke

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken
Kein Zoll!

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

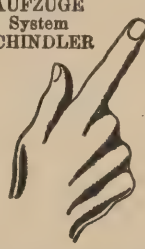
**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL **Flohr** A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

**AUFZÜGE**

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

**AUFZÜGE**

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

Bei Erteilung
eines
Jahresauftrages
(52 Anzeigen)
kostet
dieser Raum (45 mm)
Mk. 22,68 netto
pro Einschaltung

**AUFZÜGE**

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

**AUFZÜGE**
Original-Dreistern
von höchst. Sicherheit u. dem neuest. Stand der Technik entsprechend.
Maschinenfabrik MÜHLEISSEN
Elberfeld-Son.

**AUFZÜGE**

jeder Art
und
Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL M·S·N AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN·NÜRNBERG·ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

**AUFZÜGE**
für Lasten und Personen

Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

**AUFZÜGE**
aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Automatische Schaltgeräte für Niederspannung.

**Mitteilung der AEG.**

Die Rationalisierungs-Bestrebungen in Wirtschaft, Handel und Industrie haben dazu geführt, daß die selbsttätigen Schaltgeräte eine immer größere Verbreitung gefunden haben. Die führenden Firmen der Elektro-Industrie haben in Erkenntnis der Wichtigkeit dieser Frage die verschiedenartigsten Selbstschalter entwickelt. Die AEG hat diesem Gebiet seit langem ihre besondere Aufmerksamkeit zugewandt. Im Nachstehenden werden einige der von der AEG entwickelten Apparate beschrieben.

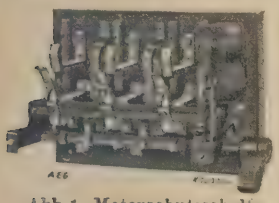


Abb. 1 Motorschutzschalter

AEG-Kleinautomaten (Installations-Selbstschalter) finden hauptsächlich in Lichtanlagen Verwendung. Ihr Aufbau dürfte genügend bekannt sein*).

Diese Kleinautomaten stellen nicht nur den technisch einwandfreisten Schutz der elektrischen Lichtanlagen dar, sondern bieten auch sehr beträchtliche wirtschaftliche Vorteile. Die thermische Verzögerungseinrichtung ermöglicht zunächst eine bessere Ausnutzung der Anlage, und die sofortige Wiedereinschaltbarkeit erspart neben den Kosten für den Sicherungsersatz die viel kostspieligeren Betriebspausen und den damit verbundenen Produktionsausfall.

Nach dem bewährten thermisch-magnetischen Prinzip ist der Motorschutzschalter, der einen einwandfreien Schutz des Elektromotors darstellt, ausgebildet (Abb. 1). Er hat eine zweiphasige direkt wirkende thermische Überstromauslösung und eine

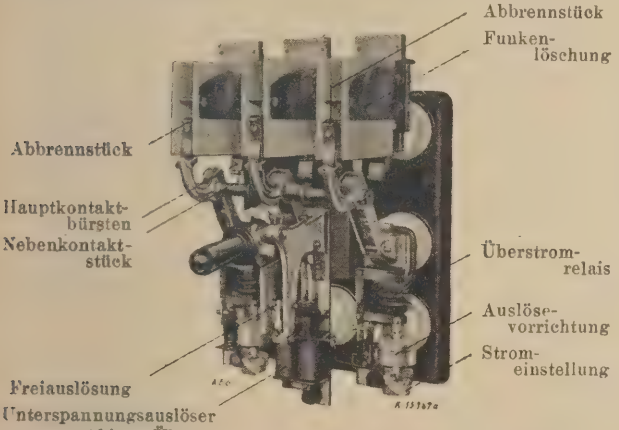



Abb. 2 Überstromunterspannungsschalter Form C

dreiphasige direkt wirkende magnetische Kurzschlußauslösung. Die thermische Verzögerungseinrichtung gestattet eine weitgehende Ausnutzung der Motoren. Der kräftig gehaltene Bimetallstreifen verbürgt andererseits eine sichere Abschaltung bei gefährlich werdender Erwärmung. Die Kurzschlußauslösung bewirkt eine Momentausschaltung bei Kurzschlüssen oder sehr hohen Überlastungen. Die Einstellbarkeit der magnetischen Auslösung gestattet außerdem, den gleichen Schalter sowohl für Kurzschlußläufer- als auch für Schleifringläufermotoren zu verwenden.

In Anlagen mit höheren Schaltleistungen finden Überstrom-Unterspannungsschalter Form C (Abb. 2) Verwendung, die für Stromstärken bis 600 A und 750 V gebaut werden. Die Abbildung zeigt deutlich den Aufbau dieser Schalterform. Diese Schalter eignen sich mit ihren kräftigen Hauptkontaktstücken sowie mit ihrem dreistufigen Schaltvorgang ganz besonders für häufiges Abschalten. Hierzu trägt außerdem eine kräftige, magnetische Funkenlöschvorrichtung bei.

*) Siehe auch AEG-Mitteilungen 1927, Heft 8, 105, und ETZ 1929 Heft 9, 398.

Für Zentralen oder größere Verteilungsstationen werden Selbstschalter Form E (Energie) als Hauptschalter verwendet. Diese Schalter werden in 1-, 2- und 3-polige Ausführung und für Stromstärken bis 3000 A bei 800 V hergestellt (Abb. 3).

Um zwanglos einen möglichst großen Schaltweg zu erreichen, ist als Konstruktions-Grundsatz die Klappbewegung eines um einen Drehpunkt schwingenden Stromschlußstückes gewählt worden. In der Einschaltstellung überbrückt die Hauptbürste die Kontaktstücke, an welche die Leitungen unmittelbar angeschlossen sind.

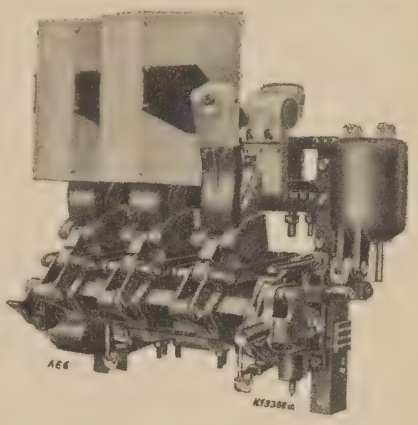


Abb. 3 Selbstschalter Form E

Fürnochhöhere Leistungen finden Großautomaten in fahrbar freistehender Anordnung Verwendung, die bis zu 27000 A hergestellt werden. Die Betätigung dieser Schalter erfolgt entweder mittels Handrad oder elektrisch durch einen Einschaltmagneten. Besonderer Wert ist bei diesen Automaten auf die Ausbildung der Funkenabreiß-Vorrichtung gelegt.

Zum Schutz schnellaufender Gleichstrom-Maschinen, insbesondere der Einankerumformer, liefert die AEG besondere Überstromschalter (Schnellschalter, Abb. 4), die bei Kurzschlüssen oder hohen Überlastungen die gefährdete Maschine schneller abschalten, als ein Kollektorsegment den Weg von einer Bürstenbrücke zu einer anderen zurücklegt. Die Abschaltgeschwindigkeit des Schnellschalters ist daher so bemessen, daß die Schaltzeit unter $^1/_{100}$ s liegt. Das Prinzip des Schnellschalters beruht auf der Entmagnetisierung des Ankers eines Haltemagneten. Die Eigenschaft des AEG-Schnellschalters, nur auf Strom in einer Richtung anzusprechen, hat dazu geführt, daß diese Schnellschalter auch in Gleichrichteranlagen mit besonderem Erfolg als Rückstrom-Schnellschalter verwandt werden.

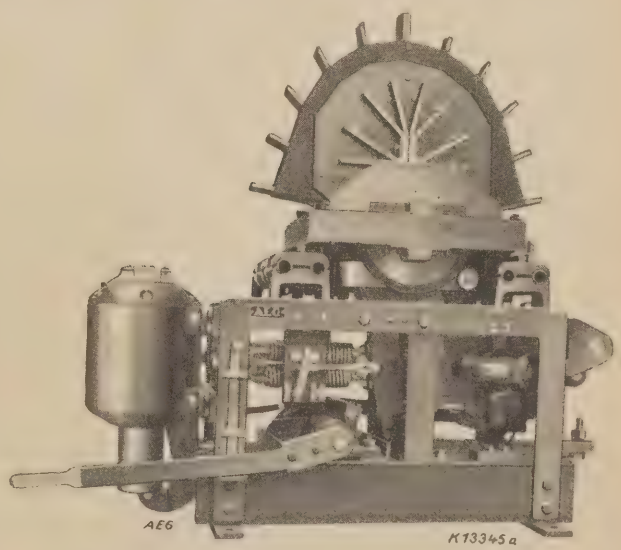


Abb. 4 Schnellschalter

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Th. Wippern, Huss & Co.**
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

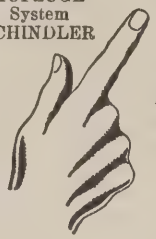
**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A.-G.**
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

---

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

**Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (40 mm) Mk. 20,16 netto pro Einschaltung**

---

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL M S N AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

**Elektrozüge**
**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

**SCHINDLER 1874**

**AUFZÜGE**
jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung

**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

**AUTOGENE**

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

**HH**

**Heime & Hans Herzfeld**
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
**Halle (Saale)**

---

## B

**BELEUCHTUNG**

**BESEG-LICHT**

Unübertroffen für
**Industrie-Großbeleuchtung**
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.

**Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.**
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht

---

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

---

## D

**DAMPF-DRUCKVERMINDERER**

**Gebr. Poensgen A.-G.**
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

---

**DAMPFENTÖLER**

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

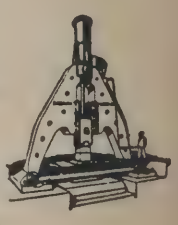
**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerks-einrichtungen

Adjustage-maschinen usw.



**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Neue Gleichstrom-Reguliermotoren für Werkzeugmaschinen.

Mitteilung der AEG.

Trotz vieler Bemühungen ist es bisher nicht gelungen, einen vollwertigen und wirtschaftlichen Ersatz für den Gleichstrom-Reguliermotor, der in glücklichster Weise Motor und Reguliermittel vereinigt, zu finden. Sowohl Flüssigkeitsgetriebe als auch Reib- und Räderstufengetriebe mit entsprechender Stufenzahl sind an sich weitaus unwirtschaftlicher und weniger betriebssicher.

Bild 1. Reguliermotor GAS 72, 950 bis 2850 U/min.

Für einen Kostenvergleich zwischen Reguliergetrieben und Reguliermotor ist zu beachten, daß der Preis des Reguliergetriebes nicht dem Preis des Reguliermotors gegenübersteht, sondern nur dem Mehrpreis des Reguliermotors gegenüber einem Motor mit unveränderlicher Drehzahl. Dieser Mehrpreis ist geringer als allgemein angenommen wird, denn die Regulierfähigkeit des heutigen Gleichstrommotors ist eine kostenlose Zugabe. Da die Regelung aber nur nach oben wirkt, so verlangt sie unter Umständen ein Herabsetzen der Grunddrehzahl des Reguliermotors. Erfolgt beispielsweise der Antrieb einer Maschine über ein Reguliergetriebe durch einen 5,5 PS-Motor bei etwa 3000 U/min und rund 52 kg Gewicht, so ist für die Maschine ohne Reguliergetriebe ein Reguliermotor nötig, der schon bei 1000 U/min 5,5 PS abgibt und bis 3000 U/min bei gleichbleibender Leistung regelbar ist. Dieser Motor wiegt etwa 110 kg.

Wenn man dagegen nicht von der Höchstdrehzahl des Motors, sondern von der niedrigsten Drehzahl der Arbeitsspindel ausgeht, so entspricht bei gleicher Gesamtübersetzung im Spindelkasten dem Reguliermotor von 1000 bis 3000 U/min nicht der Motor mit 3000, sondern der Motor mit 1000 U/min fester Drehzahl. In diesem Falle sind die Motoren gleich groß. Für das Reguliergetriebe steht also ein Unterschied von 0 bis etwa 58 kg Motorgewicht zur Verfügung. Selbst wenn es möglich wäre, das Getriebe in dieser Gewichts- bzw. einer entsprechenden Preisspanne, und zwar mit mindestens zwanzig Stufen in beiden Drehrichtungen herzustellen, so wäre es auf keinen Fall denkbar, das Getriebe ebenso verlustlos ohne Leerlauf und so betriebssicher wie die Motorregelung zu gestalten.

Die Bemühungen, den Reguliermotor durch die Kombination eines Motors fester Drehzahl mit einem Getriebe zu verdrängen, müssen daher auf die Dauer aussichtslos sein, um so mehr als die Gleichstrom-Reguliermotoren selbst keineswegs am Ende ihrer Entwicklung stehen, sondern, wie die neuen GA-Motoren der AEG beweisen, noch bedeutende Fortschritte zu machen sind. Diese neuen Motoren umfassen den für Werkzeugmaschinen wichtigsten Bereich von etwa 1,5 bis 8 PS bei einer Regulierung von 1 : 3.

Die neuen Motoren erhielten größere Vollkommenheit durch Verwendung von vier Wendepolen und von einem Kommutator, der nicht mehr mit Metallteilen vernietet oder verschraubt ist, sondern dessen Kupfersegmente in eine isolierende Preßmasse (Bakelit) eingebettet sind. Die Betriebssicherheit und die Lebensdauer des Kommutators werden dadurch praktisch unbegrenzt. Das Polgehäuse ist nicht mehr gegossen, sondern aus Schmiedeeisen. Dadurch und infolge Verwendung von hochwertigem Material auch für alle übrigen Teile nebst sorgfältiger Lüftung konnte das Gewicht dieser neuen Motoren bis zu 40 vH gegenüber allen bisherigen Motoren hinuntergedrückt werden. Da sich dies auch in den Abmessungen äußert, so sind die neuen Motoren für Werkzeugmaschinen als Flansch- und Anbaumotoren besonders zu empfehlen.

Die Motoren werden in allen für Werkzeugmaschinen gebräuchlichen Formen wie: $V_1$, $V_3$, $B_5$, $B_9$, $V_8$, $V_9$, $B_{10}$ bis $B_{13}$ und $V_{10}$ bis $V_{17}$ sowie als Einbaumotoren mit Welle geliefert. Abb. 1 zeigt den Motor GAS 72 in Form $V_1$, wie er für die Hochleistungs-Starrbohrmaschine gemäß Abb. 2 mit 7,5 PS Bohrleistung bei 950 bis 2850 U/min verwendet wird.

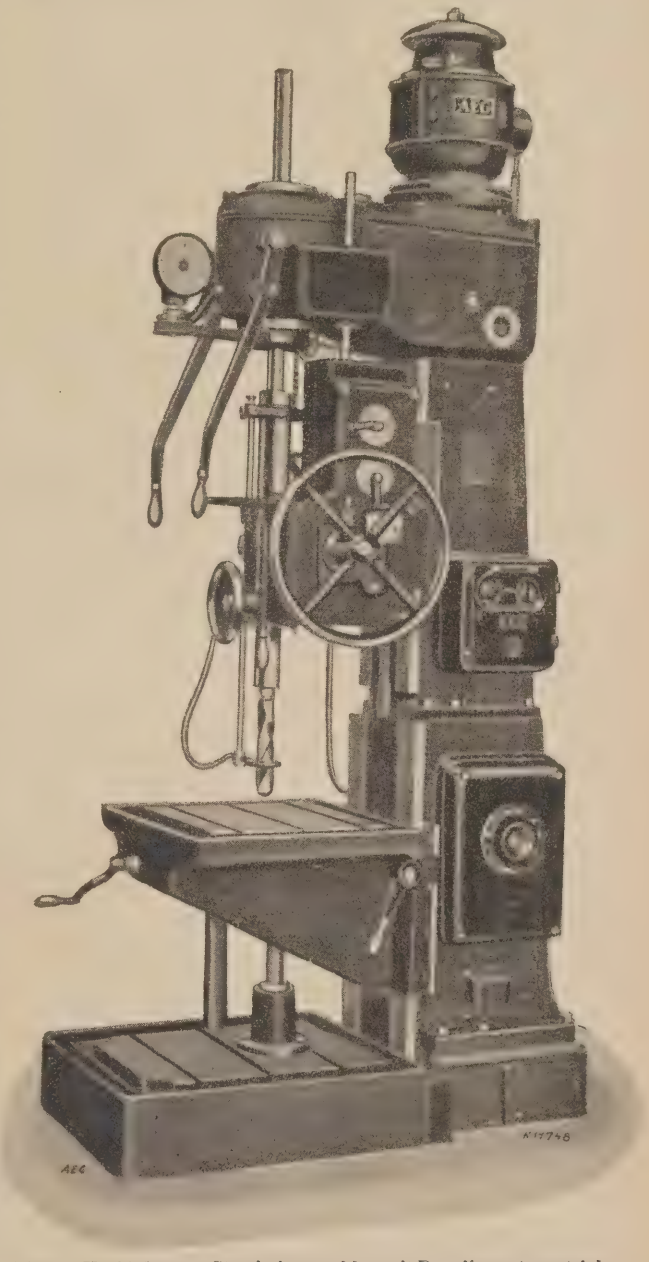


Bild 2. Hochleistungs-Starrbohrmaschine mit Reguliermotorantrieb (Gebr. Reinhold, Gera-Lusan).

Der Regelanlasser mit Bremsung und die Einbauschalttafel mit Sicherungen für den Bohrmotor und für die rückwärts eingebaute AEG-Elektro-Kühlmittelpumpe sind mit dem Ständer organisch verbunden.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**
**PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.**

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Preßluft-Entöler D.R.P.

Entöler

Vorwärmer

**Bühring A.-G.**
Landsberg (Bz. Halle)

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A-G**

Berlin N 4, Chausseestraße 85.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

**AUFZÜGE**

Original-Dreistern von höchst. Sicherheit u. dem neuest. Stand der Technik entsprechend.
**Maschinenfabrik MÜHLEISSEN**
Elberfeld-Son.

---

SCHINDLER 1874

**AUFZÜGE**

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

**Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (40 mm) Mk. 20,16 netto pro Einschaltung**

---

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL M S N AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-

**AUFZÜGE**

**STAHL**

Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung

**Personenpaternoster**

**KRANE**

**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

B

**BELEUCHTUNG**

**BESEG-LICHT**

Unübertroffen für
**Industrie-Großbeleuchtung**
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.

**Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.**
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht

---

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

---

D

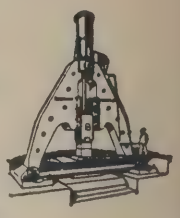
**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.



**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

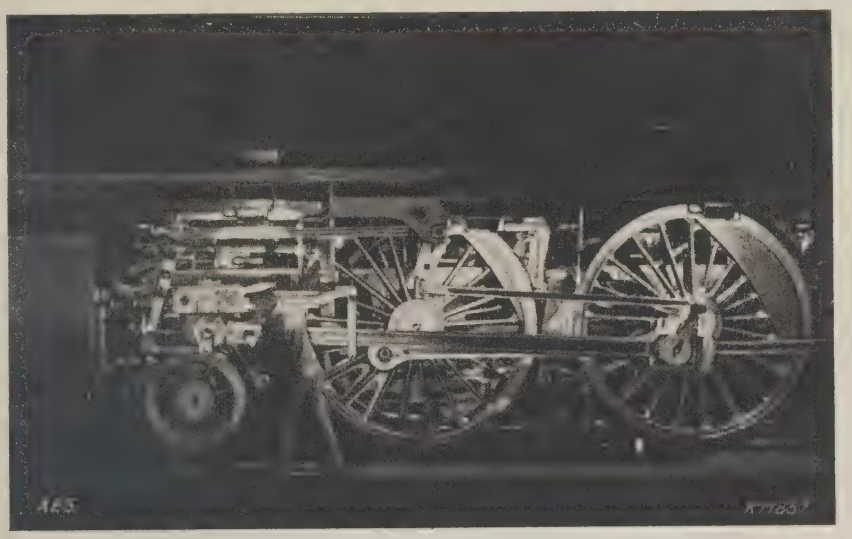

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Neuzeitliche Getriebeschmierung.

**Mitteilung der AEG.**

Große Bequemlichkeit, Sauberkeit und Sicherheit sind wesentliche Vorzüge, welche die elektrische Beleuchtung im Gegensatz zur Gas- und Ölbeleuchtung aufweist. Seltsam scheint es daher, daß trotzdem noch in weitem Umfange sowohl Gas, als auch Öl als Lichtquelle benutzt werden. Dieser Umstand erklärt sich aus der Tatsache, daß es sich hierbei in den weitaus meisten Fällen um nicht ortfeste Anlagen, wie z. B. Dampffahrzeuge handelt. Da hier der Anschluß an ein bestehendes Leitungsnetz sehr schwer, wenn nicht unmöglich ist, fehlte bis vor kurzem eine geeignete Stromquelle, die allen Anforderungen hinsichtlich Betriebssicherheit und Wirtschaftlichkeit gerecht wird.

Diese Stromquelle stellt der AEG-Kleinturbogenerator dar. Die Kleindampfturbine ist infolge ihres geringen Dampfbedarfs, ihrer einfachen und billigen Wartung und ihrer leichten Regelung die geradezu ideale Antriebmaschine. Ihre hohe Drehzahl gestattet eine unmittelbare Kupplung mit dem von Natur aus rasch laufenden Generator. Ist ein Speisewasservorwärmer vorhanden, kann der Wärmeinhalt des Abdampfes hineingeleitet und dort nutzbar wiedergewonnen werden, wodurch ein sehr guter wärmewirtschaftlicher Wirkungsgrad erzielt wird. Aus diesen Gründen gibt der Kleinturbogenerator verhältnismäßig hohe Leistungen bei kleinsten Ausmaßen und geringstem Gewicht her. Von ihrer Maschinenfabrikation her war die AEG an Genauigkeits-, Austausch- und Reihenherstellung gewöhnt und entschloß sich, diese Bauweise auch auf die Kleinturbogeneratoren zu übertragen. Die reihenmäßige Herstellung dieser Aggregate gestattet die Anwendung zeitgemäßer Verfahren und zeit- und arbeitsparender Vorrichtungen und Maschinen, so daß größte Genauigkeit gewährleistet ist und die Beschaffungskosten recht niedrig gehalten werden können.



2 C 1-Einheits-Schnellzuglokomotive der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft mit Gestängelampen unter Verwendung von AEG-Kleinturbogeneratoren.

Da der Aufbau dieser kleinen Lichtmaschinen wohl schon bekannt ist, soll hier nicht näher darauf eingegangen werden. Es sei nur auf den besonders günstigen Dampfverbrauch für alle Leistungen hingewiesen, der für eine Maschine der Bauart L 0,5 X bei Vollast 57 kg beträgt. Bei ungefähr halber Belastung verbraucht dieser Turbogenerator etwa 40 kg. Zur Erzeugung dieser Dampfmenge sind bei siebenfacher Verdampfung etwa 6 kg Kohle erforderlich, was einem Werte von 0,144 *RM* entspricht. Weitere Unkosten kommen nicht in Frage, da die Anlage keinerlei Wartung und Pflege bedarf. Nur ein- bis zweimal jährlich wird die Maschine auseinandergenommen, gründlich gereinigt und geschmiert. Ähnliche günstige Werte sind auch bei den andern Bauarten der AEG-Kleinturbogeneratoren bis zu 20 kW erzielt worden.

Nachdem diese Kleinturbogeneratoren als Lichtquelle für die elektrische Beleuchtung von Dampffahrzeugen Eingang gefunden haben und ihrer Sparsamkeit und Betriebssicherheit wegen sehr geschätzt werden, haben sich ihre Verwendungsmöglichkeiten ganz wesentlich erweitert. So hat nicht nur die Deutsche Reichsbahn-Gesellschaft eine sehr große Anzahl ihrer Lokomotiven mit diesen AEG-Kleinturbogeneratoren ausgerüstet, sondern auch die Kleinbahnen ihre Dampflokomotiven und Züge sowie zahlreiche Industriebetriebe ihre Werklokomotiven. Ferner haben die Kleinturbogeneratoren auf kleinen Dampfern, Dampfkranen, Baggern, Rammen, Walzen und stationären Anlagen Verwendung gefunden.

Ein wichtiges neues Anwendungsgebiet stellen ohne Zweifel die sogenannten Gestängelampen dar, die in erster Reihe bei Lokomotiven Verwendung finden. Das Getriebe von Lokomotiven ist ein sehr empfindlicher Mechanismus, dem die größte Sorgfalt und Pflege gewidmet werden muß. Viel Arbeit, Zeit und Mühe müssen für die Wartung des Getriebes und der Schmierstellen aufgewendet werden. Hier ist also stets mit großen Unterhaltungskosten zu rechnen und empfindliche Ölverluste sind an der Tagesordnung. Mit Hilfe elektrischer Gestängelampen ist es aber dem Personal möglich, das Triebwerk schnell und zu jeder Zeit nachzusehen und zu pflegen. Sachgemäßes und sparsames Abölen ist also gewährleistet. Auch Heißläufer und Ölverluste sind somit unmöglich gemacht. Schon hieraus ist die große Bedeutung der Gestängelampen für die Unterhaltung der Lokomotiven ersichtlich. Da der AEG-Kleinturbogenerator im Gegensatz zu anderen Fabrikaten schon bei einem Dampfdruck von ungefähr 3 atü betriebsbereit ist, kann die Wartung und Pflege des Triebwerks selbst bei niedrigem Dampfdruck vor Beginn oder nach Beendigung der Fahrt anstandslos im Schuppen erfolgen. Die Gestängelampen sind am Laufbrett an der unteren Seite des Laufbretts fest angebracht und können vom Führerstand aus mittels Hebelwirkung geöffnet und geschlossen werden. Die Lampen selbst werden beim Öffnen des Schutzgehäuses selbsttätig eingeschaltet. Bei den Lokomotiven der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft sieht man im allgemeinen je drei Gestängelampen auf jeder Seite vor (s. Bild). Diese Zahl kann natürlich bei Lokomotiven von Kleinbahnen und bei Werklokomotiven entsprechend der Größe der Maschine bzw. der Anzahl der Achsen vermindert werden.

Angesichts der vielseitigen Verwendungsmöglichkeit der AEG-Kleinturbogeneratoren kann die Gestängelampe jedoch nicht nur bei Lokomotiven, sondern auch in andern ortsbeweglichen Anlagen, wie Kranen, Baggern, Walzen usw., benutzt werden, in denen bisher Schmierung und Pflege von Maschinengetrieben noch bei Ölbeleuchtung durch Handlampen erfolgt. Damit wird nicht nur die Wirtschaftlichkeit des Maschinenbetriebes erhöht, sondern auch eine Ersparnis an Zeit und Schmiermitteln erzielt, die bei den jetzigen schwierigen Wirtschaftsverhältnissen nicht zu unterschätzen sind. Jedenfalls ist mit der Schaffung elektrischer Gestängelampen unter Verwendung von AEG-Kleinturbogeneratoren eine Neuerung geschaffen, die auf Grund ihrer Bedeutung für die Unterhaltung von Maschinengetrieben zweifellos rasch weitgehende Verbreitung finden wird.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

**ABDAMPFENTÖLER**

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT GAS DAMPF JUWIL Reinigung Entstaubung Desodorisierung Entölung Entwässerung Umformung

**Julius Wilisch**
Wurzen Sa.

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Th. Wippern, Huss & Co.
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

Der
Bezugsquellen-Nachweis
die
Zentralstelle
technischer Angebote

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

**GESCHMIEDETE ARMATUREN**

für höchste Drücke und chemische Werke

Rheinische
Armaturen- und Maschinenfabrik
vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken
Kein Zoll!

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte
Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge
jeder
Betriebsart
und Größe
Patentsteuerung für
hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

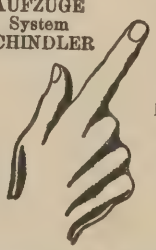
CARL **Flohr** A.-G.

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

**AUFZÜGE**

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

**Heime & Hans Herzfeld**
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

**AUFZÜGE**

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

Bei Erteilung
eines
Jahresauftrages
(52 Anzeigen)
kostet
dieser Raum (45 mm)
Mk. 22,68 netto
pro Einschaltung

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

**AUFZÜGE**

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

**Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim**

**AUFZÜGE**

SCHINDLER 1874

jeder Art
und
Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen

Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden
aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge
**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Genaue Zeit mit der Wechselfrequenz der Stromversorgung.

**Mitteilung der AEG.**

Seitdem der Drehstrom als vorwiegende Stromart praktisch angewendet wird, hat man wiederholt den Versuch gemacht, die starre Abhängigkeit der Drehzahl des Synchronmotors von der Wechselfrequenz für die Zeitanzeige auszunutzen. Die bisherige Erfolglosigkeit dieser Versuche ist darauf zurückzuführen, daß die Synchronmotoren aus dem Stillstand mechanisch auf die synchrone Drehzahl gebracht werden müssen, bevor sie unter dem Einfluß der Netzspannung mit der Netzfrequenz synchron in Gang bleiben. Diese Betätigung ist naturgemäß selbst bei ganz kurzzeitigen Unterbrechungen erforderlich und deshalb sehr umständlich. Abgesehen davon verwickelt und verteuert die Anwurfsvorrichtung das Triebwerk.

Abb. 1. AEG-Netzanschlußuhr Electrochronos.

Erst in neuester Zeit ist es gelungen, einen Synchronmotor zu entwickeln, der selbst anläuft und keiner besonderen Anwurfvorrichtung bedarf. Der Synchronmotor, der von der AEG für Uhrenzwecke gebaut wird, läuft asynchron an sobald er an das Lichtnetz angeschlossen wird und kommt sofort in Synchronismus.

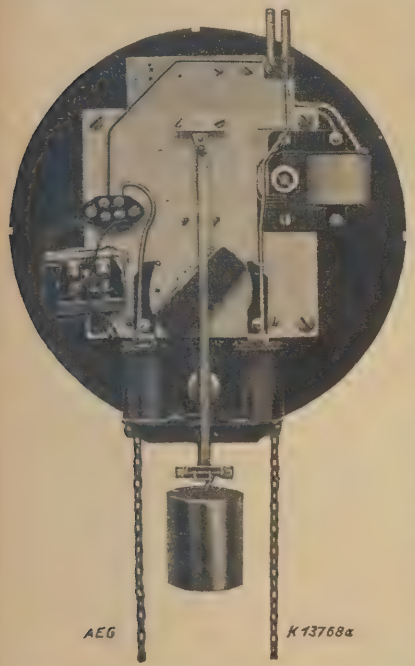



Abb. 2. Uhrwerk der Perioden-Kontrolluhr, Rückseite.

Der Aufbau des Synchronmotors ist sehr einfach. Die an Spannung liegende Spule ist auf einem zweipoligen lamellierten Eisenkörper angeordnet. Zwischen den Polen bildet sich unter dem Einfluß kurzgeschlossener Kupferwindungen ein Ferraris-Drehfeld aus, das den Läufer zum Anlauf bringt. Der Läufer wiegt nur 4,8 g und besteht aus zwei gehärteten flachen Stahlköpfen, die auf einer 0,5 mm starken Stahlachse befestigt sind. Durch besondere Maßnahmen, die mit dem Verlauf der Hysteresis und mit dem gewählten Luftraum zusammenhängen, wird erreicht, daß der Läufer sofort nach dem Anlauf die synchrone Drehzahl annimmt. Diese beträgt bei der in Deutschland üblichen Frequenz von 50 Per/s und der zweipoligen Ausführung 3000 U/min. Ein Räderwerk setzt die Drehzahl auf 1 U/h herab. Es ist mit dem Läufer zusammen in einer vollkommen geschlossenen Messingkapsel untergebracht, so daß lediglich die Stundenachse aus der Kapsel herausgeführt wird. Das Gehäuse ist mit 3 cm³ feinsten Mineralöls gefüllt, so daß alle bewegten Teile dauernd geölt werden und die Abnutzung überaus gering ist.

Der Synchronmotor wird in der beschriebenen Form als Antrieb von Wanduhren (Bild 1) und Schreibtischuhren in verschiedenen Ausführungen benutzt und kann auch in Standuhren und dergl. eingebaut werden. Selbst Zifferblätter mit Durchmessern bis zu 1,5 m können damit ausgerüstet werden, denn die Stundenachse kann mit einem Gegendrehmoment belastet werden, das etwa 40 mal größer ist als das an der gleichen Welle bei polarisierten Nebenuhren gemessene.

Der Stromverbrauch beträgt bei 50 Per/s etwa 2 bis 2,5 W.

Die hohe Durchzugkraft macht den Synchronmotor auch hervorragend geeignet für den Antrieb von Schaltuhren, die für die Meß- und Sperrvorrichtungen in den neuzeitlichen Stromverkaufstarifen eine große Rolle spielen.

Es ist für die Übereinstimmung der Zeitangaben der Synchronuhren mit der astronomischen Zeit Voraussetzung, daß die Netzfrequenz konstant bleibt. Diese Bedingung läßt sich praktisch infolge der fortwährenden Belastungsänderungen nicht erreichen, jedoch ist es leicht möglich, die durch Frequenzschwankungen hervorgerufenen Ungenauigkeiten durch Nachregelung der Maschinen in der Zentrale auszugleichen. Für diesen Zweck wurde eine besondere Perioden-Kontrolluhr entwickelt, die dem Maschinenwärter in der Zentrale die Möglichkeit gibt, die Genauigkeit der Synchronuhren im ganzen Netz einzuhalten. Die Perioden-Kontrolluhr besteht aus einem Präzisionspendeluhrwerk, das durch einen Synchronmotor derart ergänzt ist, daß sich die Minutenzeiger überdecken (Bild 2 und 3). Bleibt der Zeiger der Synchronuhr etwas zurück, bzw. geht er etwas vor, so muß die Maschinendrehzahl etwas erhöht bzw. etwas erniedrigt werden, bis beide Zeiger wieder in Deckung laufen.

Abb. 3. Uhrwerk der Perioden-Kontrolluhr, Vorderseite

Beim Ausfall der Netzspannung bleibt die Uhr naturgemäß stehen, läuft allerdings beim Wiedereintreffen der Spannung von selbst wieder an. Beim Eintritt der Stromunterbrechung fällt hinter einer Aussparung im Zifferblatt der Synchronuhren eine rote Signalscheibe herab, die in dieser Stellung auch beim Weiterlaufen der Uhr verbleibt. Man wird also jederzeit darauf aufmerksam gemacht, daß die Uhr nachzurichten ist. Bei der Richtigstellung der Zeit wird die Signalscheibe von Hand wieder zurückgebogen.

Mit dem fortschreitenden Ausbau der Elektrizitätsversorgung werden die Betriebsausfälle immer seltener. Die Synchronuhren und Synchron-Schaltuhren bedeuten daher einen wichtigen Fortschritt, da sie in Anschaffung und Betrieb als preiswerte Hilfsmittel für Zeitanzeige und für Tarifapparate zu gelten haben.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

ABDAMPF-ENTÖLER

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther G. m. b. H. Mannheim-Waldhof

VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H. Mannheim Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne Maschinenbau-Aktiengesellschaft Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE Bremsmotoren Bremsmagnete Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G. Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1 Gr. Plauensche Str. 20

Filiale: Berlin NW 7 Universitäts-Str. 8b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse Spezialfabrik für Aufzüge Erfurt Fernruf 2452

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H. Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (55 mm) Mk. 27,72 netto pro Einschaltung

AUFZÜGE

ORIGINAL MSN AUFZÜGE

Gegr 1861

AUFZUGSWERKE Schmitt & Sohn

MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN

FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane Winden aller Art

Fr. Schüle & Co. Aufzugs- und Hebezeugfabrik Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL Paternoster

Elektrozüge R. Stahl, A.-G. Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung

Personenpaternoster

KRANE

Transportband-Anlagen

Gebrüder Weismüller Frankfurt a. M.-West

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

HH

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

Heime & Hans Herzfeld Maschinen- u. Apparate-Fabrik Halle (Saale)

AUTOWERKZEUGE

F.D. Weltmarke

Paul F. Dick, Esslingen a. N. Stahlwaren- und Werkzeugfabrik

B

BELEUCHTUNG

BESEG-LICHT

Unübertroffen für Industrie-Großbeleuchtung

Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer

Fordern Sie unverbindlichen Vorschläge.

Berliner Spar- Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H. Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52 Fernruf: Pfalzburg 2353-54 Draht: Beseglicht

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H. Mannheim-Waldhof 7


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Elektrokarren in der weiterverarbeitenden Industrie.

**Mitteilung der AEG.**

Der sich steigernde Konkurrenzkampf zwingt alle Unternehmungen, sich immer wieder die Frage vorzulegen, wie die Gestehungskosten gesenkt werden können. Eine Senkung der Materialpreise ist in den meisten Fällen nicht möglich, und die Untersuchungen müssen sich daher hauptsächlich auf die Prüfung der Ersparnismöglichkeiten an Löhnen erstrecken. Das Konto „Unproduktive Löhne" wird vielfach ein dankbares Feld der Betätigung bieten, da ein wesentlicher Anteil der Gesamtkosten hierunter fällt und durch Ergreifung entsprechender Maßnahmen zumeist bedeutende Ersparnisse erzielt werden können.

Abb. 1. AEG-Elektrokarren EK 752 für 750 kg Tragfähigkeit in einer mechanischen Werkstatt.

Die meisten Werkanlagen sind entsprechend dem Wachsen des Unternehmens allmählich entstanden und räumlich häufig sehr ausgedehnt. Dies bedingt Transporte über verhältnismäßig weite Entfernungen. In Erkenntnis dieser Tatsache ist die AEG bereits im Jahre 1914 dazu übergegangen, in dem Elektrokarren ein Transportmittel herauszubringen, das den deutschen Betriebsverhältnissen gerecht wird und die Kosten für Werktransporte auf das denkbar geringste Maß herabmindert.

Wie Abb. 1 erkennen läßt, sind diese Elektrokarren derartig wendig und beweglich, daß sie in den Werkstätten verkehren und auch an jede Werkzeugmaschine heranfahren können; eine sichere und pünktliche Belieferung der einzelnen Abteilungen mit Werkstoffen und Halbfabrikaten ist — bei Aufwendung der geringsten Kosten — dadurch gewährleistet.

Abb. 2. AEG-Elektrokarren EK 1502 für 1500 kg Traglast mit Anhängewagen.

Die größte Wirtschaftlichkeit im Werkförderwesen setzt die Verwendung des für den gedachten Zweck am besten geeigneten Elektrokarrens voraus, und es ist auch ohne weiteres klar, daß eine bestimmte Bauart nicht das Universal-Fahrzeug sein kann. Auch ist zu beachten, daß der Erfolg größer wird, je mehr man mit einem Karren und einem Bedienungsmann leistet. Sind daher große Lasten und Mengen zu befördern, so soll stets ein Elektrokarren mit größerer Tragfähigkeit verwendet werden. (Die AEG baut Karren für 750 bis 2500 kg Tragkraft.) — Derartig leistungsfähige Fahrzeuge können dann, wie Abb. 2 erkennen läßt, auch noch zum Ziehen von Anhängelasten Benutzung finden.

Abb. 3. AEG-Elektrohubkarren EH 1504 für 1500 kg Tragkraft und aus Stahlblech gepreßter Ladebank.

Eine Voraussetzung zur restlosen Erreichung des erwünschten Zieles ist die gute Ausnutzung der Elektrokarren, d. h. das Fahrzeug muß den größten Teil der Zeit für das Befördern der Materialien usw. benutzen und darf durch Be- und Entladen nicht zu sehr aufgehalten sein. Daher wird vielfach erst die Verwendung von Elektrohubkarren den vollen Erfolg bringen. Diese Fahrzeuge stellt die AEG in verschiedenen Größen her; Abb. 3 zeigt ein solches für eine Tragkraft von 1500 kg, das mit seiner elektrisch heb- und senkbaren Plattform eine beladene Bank aufgenommen hat. Da hier die Zeiten für die Aufnahme und das Absetzen der Last auf einen Bruchteil von Minuten herabgemindert sind, sind die Ausnutzung und wirtschaftlichen Erfolge hervorragend. Die Gestaltung der Ladebänke kann den Betriebsverhältnissen angepaßt werden; die Anbringung von Rollen zum Verschieben von Hand im unbeladenen Zustande, sowie die Ausführung in Stahlblech zur Beförderung heißer Materialien ist möglich.

Abb. 4. AEG-Elektrokarren EKH 1502 mit Spezial-Ladebank für den Transport von Schüttgütern.

Gestattet der Zustand der Fahrstraße nicht die Verwendung eines Karrens mit kleinen Laufrädern, so ist es auch möglich, die von der AEG normalerweise mit fester Plattform versehenen Elektrokarren mit einer hydraulisch-mechanischen Hubvorrichtung (Abb. 4) auszurüsten, so daß auch diese Fahrzeuge dann als Hubkarren Verwendung finden können.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Th. Wippern, Huss & Co.**
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

**Aufzüge jeder Betriebsart und Größe**
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A-G**

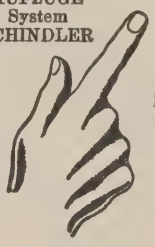
**Berlin N 4, Chausseestraße 35.**

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

---

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

**SCHINDLER 1874**

**AUFZÜGE**
jeder Art
und
Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

**Dieser Raum**
**(40 mm Höhe)**
**kostet**
**bei Jahresabschluß**
**(52 Anzeigen)**
**Mk. 20,16 pro Aufnahme**

---

**AUFZÜGE**

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen-u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge
**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung

**Personenpaternoster**

**KRANE**

**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

## B

**BELEUCHTUNG**

**BESEG-LICHT**

Unübertroffen für
**Industrie-Großbeleuchtung**
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.

**Berliner Spar-, Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H.**
Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht

---

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

---

## D

**DAMPF-DRUCKVERMINDERER**

**Gebr. Poensgen A.-G.**
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

---

**DAMPFENTÖLER**

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

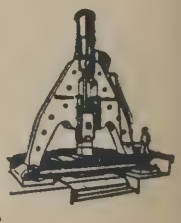
**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.



**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

---

**DAMPFMESSER**

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Ferngesteuerte Gleichrichteranlagen.

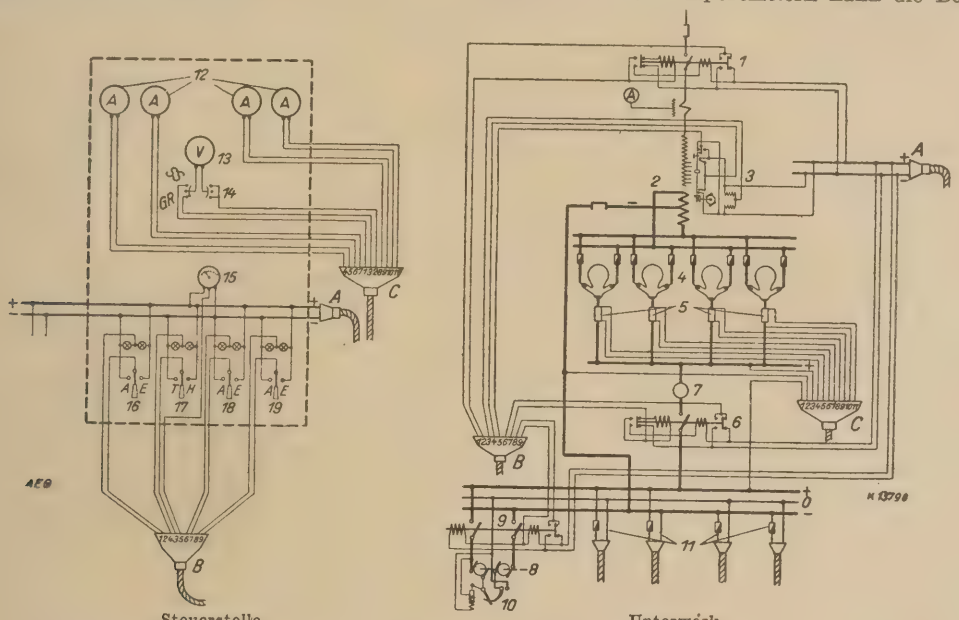
**Mitteilung der AEG.**

Es ist häufig wegen Platzmangels nicht möglich, in vorhandenen Umformerstationen noch weitere Umformer aufzustellen. Außerdem kann die Ausdehnung des Versorgungsgebietes für die in Frage kommende Verteilungsspannung zu groß werden. Es empfiehlt sich, in solchen Fällen die Aufteilung des ganzen Versorgungsgebietes in mehrere kleinere Versorgungsabschnitte mit besonderen Umformerstationen. Bei gleicher Leistung werden mehrere kleine Unterwerke natürlich teurer sein als ein großes Unterwerk. Die Mehrkosten werden aber zum Teil durch die Kupferersparnis in den Speisekabeln, die durch Verkleinerung der einzelnen Versorgungsabschnitte zu erzielen ist, wieder ausgeglichen; um auch die Betriebskosten dieser kleinen Werke möglichst niedrig zu halten, werden sie bedienungslos betrieben. Man kann den Betrieb vollkommen selbsttätig gestalten oder vom Haupt-Umformerwerk aus fernsteuern. Viele so gebaute Stationen haben ihre Betriebssicherheit bewiesen.

Als Beispiel einer Gleichrichteranlage für Fernsteuerung sei die Station „Feuerwache" des Städtischen Elektrizitätswerkes Bremen bedienten Anlagen vorhandenen automatischen Zündeinrichtung ausgerüstet sind. Das Einschalten erfolgt durch Einlegen des Ölschalters, genau wie bei Transformatorenstationen üblich. Die automatische Zündvorrichtung der vier Glaskörper tritt in Tätigkeit, der Erregerlichtbogen wird gezündet und die Gleichrichtergruppe ist zur Abgabe von Gleichstromleistung bereit.

Um die Kontrolle der Station zu ermöglichen, sind in der Fernsteuerstelle Gleichstrom-Voltmeter 13 mit einem Umschalter 14 für Sammelschiene und Gleichrichtergruppen und außerdem noch Amperemeter 12 für jeden Glaskörper angebracht.

Das Zusammenschalten der Gleichrichtergruppen mit dem Netz erfolgt nach dem Angleichen der Gleichrichterspannung an die Sammelschienenspannung durch Betätigung des Stufenschalters. Hierauf erfolgt das Einlegen des Gleichstrom-Gruppenschalters und die Übernahme der Belastung durch weiteres Hochregulieren des Stufenschalters. Die Stellung der Stufenschalter wird an der Steuerstelle durch Stellungsfernzeiger 15 sichtbar gemacht. An den Amperemetern kann die Belastung jedes




1 = Ölschalter mit Fernschaltmagnet,
2 = Gleichrichter-Transformator,
3 = Regulierschalter mit Motorantrieb,
4 = Gleichrichter,
5 = Meßwiderstände 200 m V,
6 = Gleichstrom-Fernschalter mit Rückstromauslösung,
7 = Gleichstrom-Zeitrelais für Überstromauslösung von 6,
8 = Ausgleichmaschinensatz,
9 = Fernschalter für 8,
10 = Selbstanlasser für 8,
11 = Abgehende Speisekabel,
12 = Fernamperemeter,
13 = Voltmeter,
14 = Voltmeter-Umschalter für Sammelschienen (SS) u. Gleichrichter (GR),
15 = Stellungsfernzeiger für Regulierschalter,
16 bis 19 = Betätigungsschalter und Signallampen für:
16 = Ölschalter,
17 = Regulierschalter,
18 = Gleichstromschalter,
19 = Schalter des Ausgleichsatzes.
A—A = Kabel für Hilfsspannung,
B—B = Betätigungskabel,
C—C = Meßkabel.

**Vereinfachtes Schaltbild einer Gleichrichtergruppe und des Ausgleichsatzes.**

schrieben; sie kann als vorbildlich für kleine Versorgungsgebiete gelten: In zwei Gruppen sind je vier Glasgleichrichter 5 zusammengefaßt, von denen jede Gruppe einen gemeinsamen Hochspannungs-Transformator 2 besitzt. Das vereinfachte Schaltbild einer Gruppe und der Steuerstelle zeigt die Abbildung. Jeder Gleichrichter leistet 250 A. Die Spannungsreglung von 220 bis 250 V erfolgt durch Zu- bzw. Abschalten von Windungen der Hochspannungsseite der Transformatoren. Der dazugehörige Hochspannungs-Stufenschalter 3 ist unmittelbar an die Transformatoren angebaut. Jede Gleichrichtergruppe liegt über einem Gleichstromautomaten mit verzögerter Maximalauslösung und direkter Rückstromauslösung 6 an den Stations-Sammelschienen.

Die hervorragende Eignung der Gleichrichter für Fernsteuerung liegt auch in der Einfachheit der Schaltung der Steuerstelle. Es sind hier für jede Gruppe lediglich Betätigungsschalter und Signallampen für Ölschalter 16, Regelschalter 17 und Gleichstrom-Gruppenschalter 18 erforderlich. Schalter für den Anlaßvorgang fallen fort, da die Gleichrichter mit der auch bei handeinzelnen Gleichrichters abgelesen werden, so daß damit die Kontrolle über das richtige Arbeiten jedes einzelnen Glaskörpers gegeben ist.

Die Auslösung von Schaltern wird durch Signallampen nach der Steuerstelle gemeldet. In der Station selbst werden auf einer zweiten Betätigungstafel die Signale wiederholt.

Für die Schaltung des Ausgleichsatzes 8 ist in der Steuerstelle ein Fernschalter 19 vorgesehen. Die Maschinen sind durch die Maximalauslösung des Fernschalters und durch einen Fliehkraftschalter geschützt.

Diese Anlage ist seit 1925 im Betrieb; sie ist ein gutes Beispiel einer ferngesteuerten Anlage bei mittlerer Entfernung zwischen Unterwerk und Steuerstelle. Bei größeren Entfernungen müssen die Querschnitte der Steuerleitungen vergrößert werden, so daß ihre Kosten in diesem Falle stärker ins Gewicht fallen. Man müßte dann auf andere Einrichtungen zurückgreifen, die aus den Wählerschaltungen der automatischen Fernsprecheinrichtungen entwickelt sind.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung
Preßluft-Entöler D.R.P.
Entöler
Vorwärmer

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

ABDAMPF-ENTÖLER

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach Maschinenfabrik G. m. b. H. Düsseldorf-Rath

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther G. m. b. H. Mannheim-Waldhof

GESCHMIEDETE ARMATUREN

für höchste Drücke und chemische Werke

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H. Saarbrücken
Kein Zoll!

VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H. Mannheim Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne Maschinenbau-Aktiengesellschaft Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G. Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

Heime & Hans Herzfeld Maschinen- u. Apparate-Fabrik Halle (Saale)

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1 Gr. Plauensche Str. 20

Filiale: Berlin NW 7 Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse Spezialfabrik für Aufzüge Erfurt Fernruf 2452

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (55 mm) Mk. 27,72 netto pro Einschaltung

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H. Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL M.S.N. AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane Winden aller Art

Fr. Schüle & Co. Aufzugs- und Hebezeugfabrik Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G. Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
Personenpaternoster
KRANE
Transportband-Anlagen
Gebrüder Weismüller Frankfurt a. M.-West

B

BELEUCHTUNG

BESEG-LICHT

Unübertroffen für Industrie-Großbeleuchtung
Beseg-Sonnen
Beseg-Werkstattleuchten
Beseg-Tiefbreitstrahler
Beseg-Sicherheitsleuchten
Beseg-Scheinwerfer
Fordern Sie unsere unverbindlichen Vorschläge.
Berliner Spar-Elektrizitäts-Gesellschaft m. b. H. Bln.-Wilmersdorf, Babelsbergerstr. 52
Fernruf: Pfalzburg 2353-54
Draht: Beseglicht


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Elektrischer Einzelantrieb durch Flanschmotor-Getriebe für riemengetriebene Werkzeugmaschinen.

**Mitteilung der AEG.**

Die günstigen Erfahrungen, die man mit den organischen elektrischen Einzelantrieben bei neuzeitlichen Maschinen machte, erstrecken sich nicht nur auf Wirtschaftlichkeit und Freizügigkeit der Maschinen, sondern bestehen auch darin, daß sich der elektrische Antrieb in der Regel als der betriebsicherste Teil der

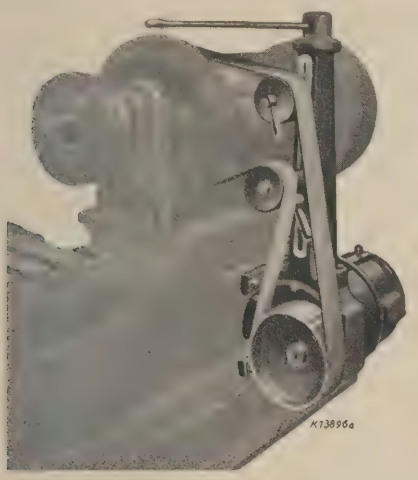


Abb. 1. Flanschmotorstufengetriebe mit Schaltsäule und Umlenkrollen an eine Drehbank angebaut.

Maschine erwiesen hat und daß damit die Leistungsfähigkeit der Maschine selbst sehr wesentlich gesteigert werden kann. Diese Vorteile sucht man nunmehr auch bei vorhandenen, noch für Riemenbetrieb eingerichteten Maschinen zu erreichen. Dies kann mit Hilfe von Flanschmotorgetrieben mit fester oder veränder-

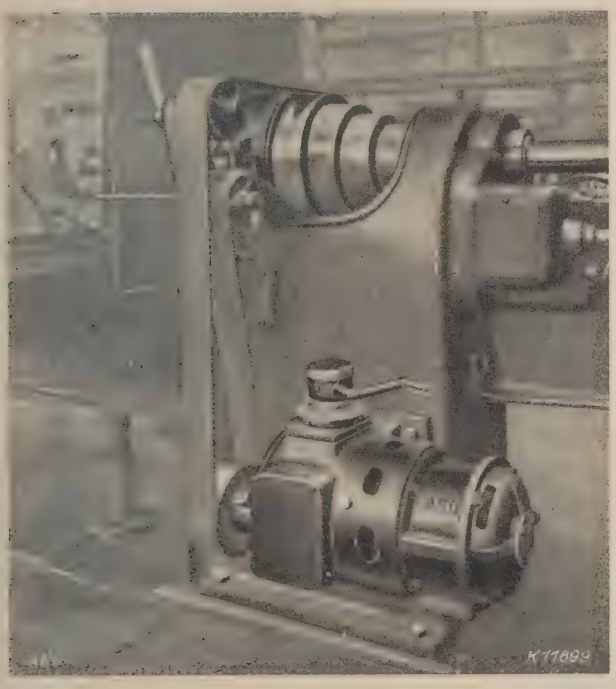


Abb. 2. Einzelantrieb eines Bohrwerkes durch AEG-Flanschmotorstufengetriebe.

licher Übersetzung in der Anordnung der Abb. 1 geschehen. Die Getriebe umfassen den Regelbereich der Stufenscheibe und des Riemenvorgeleges. Die Übertragung erfolgt mittels eines einzigen unverschiebbaren Riemens auf die Arbeitsspindel. Durch die große Breite, die dieser Riemen erhalten kann, wird die besondere Schwäche des Stufenscheiben-Riemenantriebes beseitigt. Mit dem Getriebe ist ein Ständer verbunden, der zwei Leitrollen trägt und den Hebel für die Stufenschaltung des Getriebes enthält, so daß die Bedienung vom Stande des Arbeiters aus erfolgt.

Bei Verwendung eines Gleichstrom-Reguliermotors kann das Getriebe ein einfaches Übersetzungsgetriebe sein, soweit nur der Regelbereich der Stufenscheibe zu ersetzen ist. Soll der Regelbereich größer sein oder kommt ein Drehstrommotor zur Anwendung, so wird das Getriebe mit Verschieberädern mit 2, 3 oder mehr Stufen ausgebildet. Bei Drehstrom werden 3 oder 6 Stufen benutzt, wobei durch Verwendung polumschaltbarer Motoren die Stufenzahl vervielfältigt bzw. der Regelbereich vergrößert werden kann. Die Drehzahlabstufungen werden bei den AEG-Getrieben nach dem Normvorschlag von Prof. Schlesinger ausgeführt. Das Ein- und Ausschalten des Motors und ebenso der Drehrichtungswechsel (auch zum Gewindeschneiden) erfolgen vom Stand des Arbeiters aus. Soweit der Schalter von dieser Stelle nicht direkt betätigt werden kann, soll ein entsprechendes Gestänge oder Druckknopfsteuerung angeordnet werden. Zum raschen Stillsetzen soll immer eine Bremsung vorgesehen werden, die bei Gleichstrom durch Ankerkurzschluß-

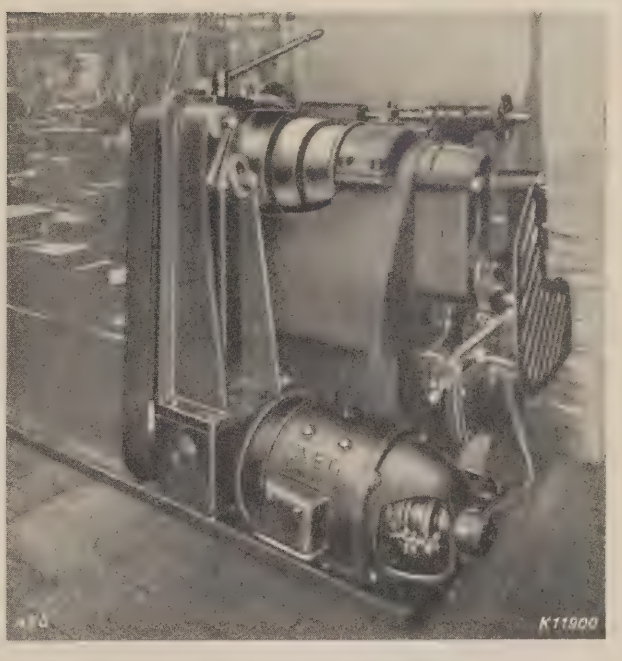


Abb. 3. Einzelantrieb einer Drehbank mit Stufengetriebe und angeflanschten Reguliermotor.

Schaltung und bei Drehstrom durch Gegenstrom, am besten mit Wende-Sterndreieckschalter erfolgt.

In Abb. 2 ist ein an ein Pleuelstangen-Lagerbohrwerk angebrachtes Stufengetriebe mit Drehstrommotor dargestellt. Der Getriebehebel ist direkt am Getriebekasten angebracht, weil sich das Getriebe auf der Bedienungsseite der Maschine befindet.

Abb. 3 zeigt ein Stufengetriebe mit Gleichstrom-Reguliermotor, durch das an der antreibenden Welle ein Regelbereich von 1 : 27, und zwar praktisch stufenlos, erreicht wird.

Wie die Bilder zeigen, bilden die Maschinen mit den Motorgetrieben ein Ganzes. Da ein Riemenzug nach außerhalb nicht vorhanden ist, erübrigt sich auch die Befestigung der Maschinen, soweit sie an sich genügende Standhaftigkeit haben. Die Maschinen können daher jederzeit an einen Kran angehängt und beliebig versetzt werden, wobei nur die Stromzuführung zu trennen bzw. anzuschließen ist. Dieser Umstand ist von größter Bedeutung für die Einführung fließender Arbeitsweise und für die damit verbundenen dauernden Umstellungen. Auch Instandsetzungen werden in größeren Werken nicht mehr am Standort vorgenommen, sondern die ganze Maschine wird zu diesem Zweck in die Reparaturwerkstatt gebracht und gegebenenfalls sofort durch eine andere ersetzt.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS“, Berlin W 57

ABDAMPFENTÖLER

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT DAMPF GAS JUWIL Reinigung Entstaubung Desodorisierung Entölung Entwässerung Umformung

Julius Wilisch
Wurzen Sa.

ABDAMPF-ENTÖLER

Th. Wippern, Huss & Co.
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

Dieser Raum
(30 mm Höhe)
kostet
bei Jahresabschluß
(52 Anzeigen)
Mk. 15,12 pro Aufnahme

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

HAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung
Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

SCHINDLER 1874 AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

AUFZÜGE

Gegr ORIGINAL MSN AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
Personenpaternoster
KRANE
Transportband-Anlagen
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

HH Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

B

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.

J. Banning, A.-G., Hamm i. W.


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Elektrokarren in Gießereien.

**Mitteilung der AEG.**

Das Transportwesen in Gießereien steht in engem Zusammenhange mit dem Arbeitsverfahren und muß diesem daher angepaßt werden. Bisher waren zwar der Handkarren sowie die auf Schmalspurgleisen bewegbare Lore vorherrschend. Behinderungen während des Transportes infolge verstopfter Wege usw. waren keine Seltenheit, und hier mußte vielfach der Laufkran regelnd eingreifen.

Abb. 1. AEG-Elektrokarren EK 1502 mit Seitenkippmulde in Fahrstellung.

Eine Untersuchung der einzelnen Transportvorgänge innerhalb der Gießerei läßt erkennen, daß die hauptsächlichsten Transporte diejenigen von und zu den Formerplätzen, vom Kupolofen zu den Gießplätzen, der Transport der Kerne und Formen, der Transport des ausgeschlagenen Fertiggusses zur Putzerei sind. Diese Transporte bestehen zum Teil aus einer großen Zahl von Einzeltransporten mit an sich kleineren oder größeren Gewichten; die Auswahl des für die verschiedenen Transportzwecke am besten geeigneten Fördermittels muß mit besonderer Sorgfalt erfolgen.

Es sind täglich viele Tonnen Sand zu den einzelnen Formerplätzen zu befördern, wozu sich der in Abb. 1 gezeigte Elektrokarren mit fester Plattform und Muldenaufbau sehr gut eignet. Die Mulde, mit einem Fassungsvermögen von 1,5 t, ist seitlich kippbar. Vor dem Kippen wird, wie Abb. 2 erkennen läßt, ein Brett heruntergeklappt, um ein Verschütten der Laufräder des Elektrokarrens zu verhindern, was bei der Weiterfahrt störend wirken würde. Die Mulde kann auch als Selbstentlader ausgebildet und mehrfach unterteilt werden, um jeder Verwendungsstelle eine gewisse Menge Sand zuzuführen. In diesem Falle erfolgt eine Unterteilung nach Feldern, wovon jedes für sich verschlossen bzw. geöffnet werden kann. Auch ist es möglich, die Mulde als Hinterkipper auszubilden, falls die Platzverhältnisse diese Ausführungsform erforderlich machen.

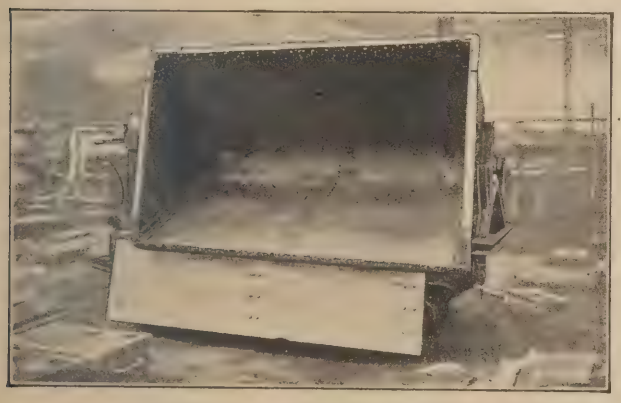


Abb. 2. AEG-Elektrokarren EK 1502 mit gekippter Mulde und heruntergelassenem Schutzbrett

Die Beförderung von Gießtrommeln mit flüssigem Eisen wird neuerdings auch vielfach von Elektrokarren übernommen. Wünschenswert ist es, daß der Karren an den Kupolofen fährt und die aufgesetzte Trommel dort gefüllt wird. Wegen der geringen Höhe der Ausflußöffnung am Kupolofen wird es vielfach erforderlich sein, einen Karren mit einer niedrigen Plattform für die Beförderung der Gießtrommeln zu wählen.

Abb. 3. AEG-Elektrohubkarren EH 1504 bei der Beförderung eines Gestelles mit Kernen in die Trockenkammer

Der Transport der Kerne, Modelle, Kernkasten sowie des Fertiggusses kann durch gleichartige Elektrokarren erfolgen. Insbesondere wird der Elektrohubkarren (Abb. 3) für die Beförderung von Kerngestellen gerne verwendet. Aber auch der in Abb. 4 gezeigte Elektrokarren mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung ist ein wertvoller Arbeitshelfer. Dieses Fahrzeug kann direkt beladen werden oder auch als Hubkarren für die Aufnahme beladener Bänke Verwendung finden. Die Ladebänke sind den einzelnen Verwendungszwecken anzupassen; auf ihre Größenabmessungen ist bei der Herstellung Rücksicht zu nehmen. Die Ausnutzung des Fahrzeuges als Elektrohubkarren ist eine sehr gute, da die Stillstandzeiten für die Be- und Entladung fast ganz in Fortfall kommen.

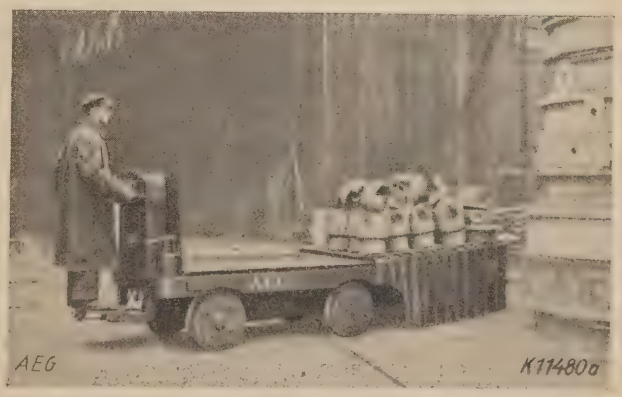



Abb. 4. AEG-Elektrokarren EKH 1502 mit hydraulisch-mechanischer Hubvorrichtung und Ladebank beim Transport von Fertigguß

Bei der Verwendung von Elektrokarren in Gießereien ist es erforderlich, sich auch mit der Frage der Fahrbahn zu beschäftigen. Der Elektrokarren kann zwar kurze Strecken auf unbefestigten, aber festen Fahrwegen zurücklegen; die dauernd zu befahrende Bahn muß jedoch zweckentsprechend hergerichtet sein. Über die Ausführung der Fahrbahn sind in letzter Zeit mehrfach Veröffentlichungen erfolgt, auch können seitens der AEG zweckentsprechende Vorschläge gemacht werden.

Die hier erwähnten und abgebildeten Fahrzeuge stellen nur einen Teil der im Fabrikationsprogramm der AEG hergestellten Elektrokarren dar. Es können für jeden Verwendungszweck passende Elektrokarren angeboten werden.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**
**PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.**

**Bühring A.-G.**
**Landsberg (Bz. Halle)**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge
jeder
Betriebsart
und Größe
Patentsteuerung für
hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL FLOHR A-G**

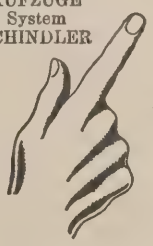
**Berlin N 4, Chausseestraße 35.**

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

**AUFZÜGE**

jeder Art
und
Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

Dieser Raum
(30 mm Höhe)
kostet
bei Jahresabschluß
(52 Anzeigen)
Mk. 15,12 pro Aufnahme

---

**AUFZÜGE**

Gegr 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN·NÜRNBERG·ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**
aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

B

**BRUNNENBAU**
Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

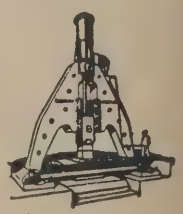
**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

---

D

**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.



**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

---

**DAMPFMESSER**

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**DAMPFMESSER**

Wasser-, Gas-, Luft- und Inhaltsmesser mit Schreiber und Zähler
Kesselschilder
und Kontrollstationen

**ELEKTROFLO**
Berlin W 35 Tel.: Kurfürst 6919

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Reglung der AEG-Dampfturbine für Industriewerke.

**Mitteilung der AEG.**

Für das einwandfreie Arbeiten von Kraftmaschinen ist die Reglung besonders wichtig. Die AEG hat daher schon bei den ersten Turbinen, die sie baute, großen Wert auf die betriebsichere Ausbildung der Steuerung gelegt.

Wenn ein einziges Ventil die Dampfzufuhr regelt, sinkt bei Teillast durch Drosslung der Druck vor der ersten Stufe; die Turbine arbeitet dann mit geringerem Gefälle und der spezifische Dampfverbrauch steigt hierdurch besonders stark an. Um das zu vermeiden, läßt man den Dampf durch eine veränderliche, der Leistung entsprechende Anzahl von Düsen den Schaufeln des ersten Rades zuströmen. Auch bei Teillast verarbeiten die Düsen, deren Ventil geöffnet ist, das volle Gefälle, und der Dampfverbrauch je Kilowattstunde steigt entsprechend weniger an.

Bei der Ausführung nach Bild 1, welche die AEG mit verschiedenen Düsen- und Ventilzahlen, aber grundsätzlich ähnlich für kleine Kondensationsturbinen und die meisten Industrieturbinen verwendet, sind fünf Ventile mit je zwei zugehörigen Düsen 2 vorgesehen. Auf einer Welle 4 sind Nocken 3 angebracht, die immer um einen bestimmten Winkel versetzt sind. Die Nocken heben über einen Hebel mit Rolle 5 die Ventile gegen Federdruck nacheinander an. Ein mit Drucköl betriebener Drehkolben 9 dreht die Nockenwelle je nach der verlangten Leistung in der einen oder anderen Richtung. Den Zufluß des Drucköles, das von einer Pumpe geliefert wird, steuert ein Ölschieber 7, der über ein Gestänge vom Drehzahlregler 6 bewegt wird. Unabhängig von der jeweiligen Stellung der Nockenwelle und somit der Leistung ist die Steuerung in Ruhe, wenn der Ölschieber sich in der Mittellage befindet, da er dann Zu- und Abfluß zum Drehkolben absperrt. Nach jeder Laständerung würde die Reglung erst zur Ruhe kommen, wenn die ursprüngliche Drehzahl erreicht ist und damit der Ölschieber die Mittellage wieder eingenommen hat. Solche Bauarten, die bei verschiedenen Leistungen auf vollkommen gleiche Drehzahlen regeln, sind unbrauchbar, weil ungedämpfte Drehzahl- und Leistungsschwingungen entstehen. Darum wird eine Rückführung angebracht; der Drehpunkt des Hebels zwischen Reglermuffe und Ölschieber wird abhängig von der Stellung der Nockenwelle etwas bewegt. Auf diese Weise gehört zu jeder Leistung eine andere Drehzahl, und zwar nimmt die Drehzahl mit steigender Leistung von Null auf Vollast um etwa 4 % ab.

Die Gegendruckturbine wird oft nicht nach der verlangten Leistung, sondern nach der geförderten

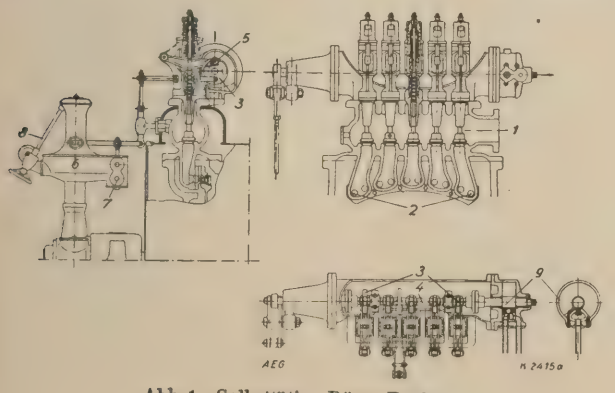



Abb. 1. Selbsttätige Düsen-Reglung.

Dampfmenge derart geregelt, daß der Gegendruck gleichbleibt. Der Drehzahlregler greift nur dann ein, wenn die Maschine die mit dem Dampf gewonnene Leistung nicht abgeben kann und die Drehzahl steigern will. Der Druckregler besteht aus einer Balgmembran, die aus Bronze oder Monelmetall angefertigt ist, und verstellt den Ölschieber ebenso wie bei der Reglung auf Leistung der Fliehkkraftregler. Auch hier muß wieder eine Rückführung angebracht werden, damit jeder Stellung der Nockenwelle und somit jedem Dampfdurchsatz ein anderer Druck entspricht. Auf diese Weise wird bei großem Dampfdurchsatz der Gegendruck um einen geringen Betrag sinken. Das ist notwendig, damit die Reglung immer pendlungsfrei arbeitet.

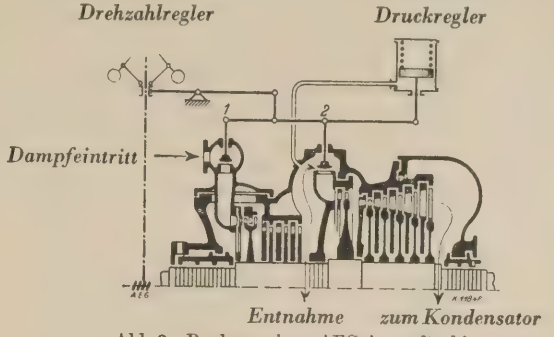



Abb. 2. Reglung einer AEG-Anzapfturbine.

Bild 2 zeigt die Steuerung einer Anzapfmaschine, die sowohl auf Leistung wie auf Dampfmenge oder, was das gleiche ist, auf gleichbleibenden Dampfdruck geregelt ist. Um die Wirkungsweise leichter verständlich zu machen, ist auf dem Bild die Steigerung so dargestellt, als ob der Drehzahl- und der Druckregler selbst die Ventile ohne Verwendung von Drucköl als Arbeitskraft bewegten. Die ersten Anzapfmaschinen erhielten für die Frischdampfsteuerung einen normalen Drehzahlregler; ein vom Anzapfdruck gesteuertes Ventil zwischen Hoch- und Niederdruckteil der Turbine, das unabhängig vom Drehzahlregler war, ließ soviel Dampf in den Niederdruckteil strömen, daß der Druck in der Anzapfleitung gleichblieb.

Wurde beispielsweise mehr Leistung verlangt, so vergrößerte der Fliehkraftregler die Frischdampfzufuhr; dann stieg der Anzapfdruck und erst jetzt öffnete der Anzapfregler die Ventile zum Niederdruckteil. Ebenso griffen bei veränderter Entnahmemenge und der dadurch entstehenden Druckänderung zunächst der Anzapfregler und danach erst durch Drehzahländerung der Fliehkraftregler ein. Dadurch, daß Drehzahl und Druckregler immer nacheinander arbeiten, kam die Reglung, besonders bei gleichzeitiger Schwankung von Leistung und Entnahmemenge, selten zur Ruhe.

Die AEG führte daher frühzeitig die Verbundsteuerung ein, die auf Bild 2 zu erkennen ist. Bei steigender Leistung öffnet der Drehzahlregler nicht nur das Frischdampfventil, sondern, was wesentlich ist, auch das Ventil zum Niederdruckteil. Die Entnahmemenge bleibt dadurch gleich, und der Druckregler braucht nicht einzugreifen. Ebenso verstellt bei veränderlicher Entnahmemenge der Druckregler gleichzeitig beide Ventile im entgegengesetzten Sinne, so daß die Gesamtleistung des Hochdruck- und Niederdruckteiles der Turbine gleichbleibt. Ein Eingreifen des Drehzahlreglers ist nicht notwendig.

Im Gegensatz zu Bild 2 erhält die Turbine zwei vollständige Düsenreglungen mit je einer Nockenwelle, die im Schema nicht angedeutet sind. Der Dampf strömt sowohl im Hochdruck- wie im Niederdruckteil dem ersten Rad durch eine veränderliche, der Leistung und Anzapfmenge entsprechende Anzahl von Düsen zu. Durch Vermeidung der Drosslung wird bei jedem Betriebszustand ein geringer Dampfverbrauch erreicht. Die Drehpunkte 1 und 2 (Bild 2) des Gestänges sind mit je einem Ölschieber verbunden, der das Drucköl zum Drehkolben der zugehörigen Nockenwelle steuert.

Die Verbundsteuerung wendet die AEG für die verschiedenen Maschinen an, wie z. B. Anzapf-Gegendruckmaschinen, Doppel-Anzapf-, Abdampf- und Speicherturbinen. Mit ihrer Hilfe gelingt es, auch in den schwierigsten Fällen Reglungen zu bauen, die zufriedenstellend arbeiten.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

## ABDAMPF-ENTÖLER

**Th. Wippern, Huss & Co.**
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

## ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

## GESCHMIEDETE ARMATUREN

für höchste Drücke und chemische Werke

**Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.**
Saarbrücken
Kein Zoll!

## ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

## AUFZÜGE

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

## AUFZÜGE

Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A-G**
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

## AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

## AUFZÜGE

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

**Heime & Hans Herzfeld**
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
**Halle (Saale)**

## AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung
Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

## AUFZÜGE

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

**Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote**

## AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

## AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

**Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim**

## AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

## AUFZÜGE

Gegr. ORIGINAL M.S.N. AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

## AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

## AUFZÜGE

Personen- u. Lasten-

**STAHL**

Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

## AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

## BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

## DAMPF-DRUCKVERMINDERER

**Gebr. Poensgen A.-G.**
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

## DAMPFENTÖLER

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

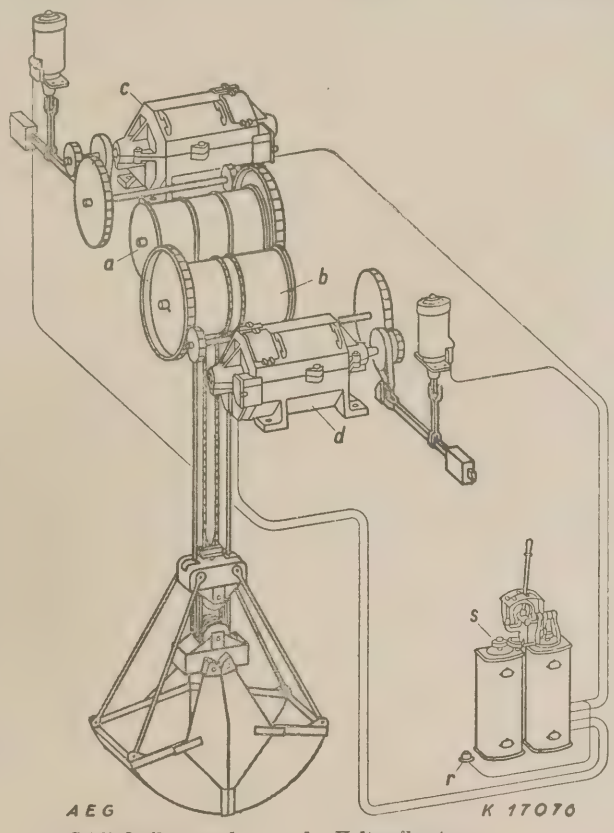
# AEG-Zweimotoren-Greifersteuerung ohne mechanische Kupplung mit Einhebel-Bedienung. (Steuerung II D-E und II G-E)

Mitteilung der AEG.

Die Einmotoren-Greifersteuerung erfordert eine mechanische Kupplung zwischen Schließseil- und Halteseiltrommel, da auf andere Weise eine Bewegung beider Trommeln durch einen vorhandenen Motor nicht möglich ist. Bei der Entwicklung der Zweimotorensteuerungen ist diese mechanische Kupplung zunächst beibehalten worden. Sie ist unvermeidlich, wenn ein abwechselnder Greifer- und Kübelbetrieb vorliegt, oder bei reinem Kübelbetrieb. Die Kupplung ist erforderlich wegen der Lastverteilung des Klappkübels, die von der des Zweiseilgreifers vollkommen abweicht. Lediglich bei reinem Greiferbetrieb kann auf die mechanische Kupplung zwischen Schließseil- und Halteseiltrommel verzichtet werden. Für derartige Betriebe hat die AEG Greifersteuerungen entwickelt, die eine mechanische Kupplung erübrigen. Im nachstehenden wird eine Greifersteuerung für Drehstrom und Gleichstrom beschrieben, die sich im schwersten Greiferbetrieb des Seehafens bestens bewährt hat. Mit einer derartigen Steuerung sind beim Erzumschlag von Seeschiff in Schute bis zu 90 Greiferspiele je Stunde erzielt worden.

Die ohne mechanische Kupplung arbeitende AEG-Zweimotoren-Greifersteuerung II D-E für Drehstrom und II G-E für Gleichstrom (Abb.) gestattet sämtliche Greiferbewegungen, d. h. Heben, Senken, Schließen und Öffnen mit einem einzigen Hebel auszuführen.

Bei dieser Steuerung erhalten Schließseil- und Halteseiltrommel je einen Antriebsmotor, von denen jeder für die halbe Vollast-Hubleistung bemessen ist. Jeder Motor erhält einen getrennten Bremslüfter und Anlaßwiderstand. Die Steuerung der Motoren erfolgt durch eine gemeinsame Schützensteuerung mit Meisterwalze. Für Drehstromanlagen wird Gegenstrom-Bremsschaltung, für Gleichstrom Senkbremskraftschaltung gewählt.




a = Schließseiltrommel
b = Halteseiltrommel
c = Schließseilmotor
d = Halteseilmotor
r = Ausschaltdruckknopf
s = Meisterwalze mit Umschalter

AEG-Zweimotoren-Greifersteuerung II G—E mit Einhebelbedienung.

Die Meisterwalze ist mit einem Umschalter durch Universalsteuerung verbunden. Der Steuerhebel der Universalsteuerung ist in einem Schlitzkorb geführt. In dem Schlitzkorb sind sechs Kulissen eingeschnitten, von denen jede durch Beschriftung die Bewegung kenntlich macht, die der Greifer beim Schalten des Steuerhebels in diesem Schlitz ausführt. Die sechs Kulissen tragen die Bezeichnung: „Öffnen", „Schließen", „Senken Greifer leer", „Heben Greifer leer", „Senken Greifer voll", „Heben Greifer voll". Die Kulissen (Längsschlitze) sind durch einen gemeinsamen Querschlitz verbunden. Bei der Bewegung des Steuerhebels in den Längsschlitzen wird die Meisterwalze, bei Bewegung in dem Querschlitz der Umschalter verstellt.

Beim Heben und Senken des geöffneten Greifers ist der Halteseilmotor voll belastet, während der Schließseilmotor lediglich die Reibungswiderstände des Schließseiltriebwerkes zu überwinden hat. Beim Heben und Senken des vollen Greifers dagegen sind beide Motoren voll belastet. Um einen Gleichlauf der Motoren bei diesen verschiedenen Belastungsverhältnissen zu erreichen, müssen daher bei den einzelnen Greiferbewegungen verschiedene Schaltungen der Motoren herbeigeführt werden. Hierzu dient der Umschalter. So wird durch den Umschalter z. B. bei der Drehstrom-Steuerung beim Senken des leeren Greifers der Schließseilmotor auf den ersten Kontakten bereits im Senksinne an das Netz gelegt, während der Halteseilmotor auf den ersten Senkstellungen in Gegenstrom - Bremsschaltung arbeitet, d. h. vom Greifer durchgezogen wird (DRP angemeldet).

Werden bei einem Greiferwindwerk beim Senken des leeren Greifers Schließseil- und Halteseilmotor mit dem gleichen Anlaufmoment eingeschaltet, so wird sich der Halteseilmotor rascher beschleunigen als der Schließseilmotor. Der Grund hierfür ist, daß als beschleunigendes Moment nicht nur das Motordrehmoment wirksam ist, sondern auch das Gewicht des leeren Greifers. Aus dem gleichen Grunde ist der Nachlaufweg des Schließseilmotors beim Stillsetzen aus der Bewegung „Heben Greifer offen" größer als der des Halteseilmotors, da ja bei dieser Bewegung der Schließseilmotor nur die Verluste des Schließseiltriebwerkes zu überwinden hat. Die Folge dieser Belastungsverschiedenheit ist eine unerwünschte Schließbewegung des Greifers. Diese wird durch eine zwangläufig herbeigeführte Schaltreihenfolge ausgeglichen (DRP) und besteht darin, daß beim „Senken Greifer offen" erst der Schließseilmotor und dann der Halteseilmotor, beim „Heben Greifer offen" erst der Halteseilmotor und dann der Schließseilmotor eingeschaltet werden.

Beim Greifen wird der Schließseilmotor allein eingeschaltet, während der Bremslüfter des stromlosen Halteseilmotors eingefallen ist. Hierbei ist es zum Eingraben des Greifers erwünscht, die Bremse des Halteseilmotors zu lüften. Zu diesem Zweck erhält der Führer einen Fußtritt-Druckknopf, mit dem er während des Greifens die Bremse des Halteseilmotors nach Bedarf lüften kann. Durch Loslassen des Druckknopfes kann der Führer den Greifer in der Schwebe halten und verhindern, daß die Greiferschneiden bei nahezu entleerten Schiffen die Schiffsböden verletzen. Die Lüftung der Bremse des Halteseilmotors kann auch unter Benutzung einer Sonderschaltung bei Drehstromanlagen selbsttätig vorgenommen werden. Unter Verwendung von Doppel-Kranmotoren kann die beschriebene Steuerung bei Drehstrom auch für Schnellsenkschaltung, d. h. für Senken und Öffnen des Greifers mit etwa doppelter Geschwindigkeit ausgebildet werden.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPF-ENTÖLER
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Preßluft-Entöler D.R.P.

Entöler

Vorwärmer

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

ABDAMPF-ENTÖLER

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

ABDAMPF-ENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther G. m. b. H. Mannheim-Waldhof

VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H. Mannheim Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe

Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne Maschinenbau-Aktiengesellschaft Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A.-G.

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE

Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G. Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1 Gr. Plauensche Str. 20

Filiale: Berlin NW 7 Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H. Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

AUFZÜGE

Gegr. ORIGINAL M.S.N. AUFZÜGE 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane Winden aller Art

Fr. Schüle & Co. Aufzugs- und Hebezeugfabrik Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL

Paternoster

Elektrozüge

R. Stahl, A.-G. Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung

Personenpaternoster

KRANE

Transportband-Anlagen

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

HH

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

Heime & Hans Herzfeld Maschinen- u. Apparate-Fabrik Halle (Saale)

B

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H. Mannheim-Waldhof 7

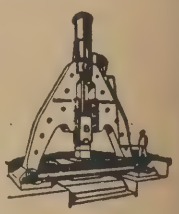
D

DAMPFHAMMER

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.



Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.

J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

DAMPFKESSEL UND DAMPFMASCHINEN

für alle Leistungen und Drücke

Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

Bopp & Reuther G. m. b. H. Mannheim-Waldhof


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Betriebsergebnisse der elektrischen AEG-Lokomotiven im Jahre 1928

Mitteilung der AEG.

Die Länge der von der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft mit einphasigem Wechselstrom von 15 kV und 16⅔ Per/s betriebenen Strecken betrug am 1. Januar 1929 rund 1250 km.

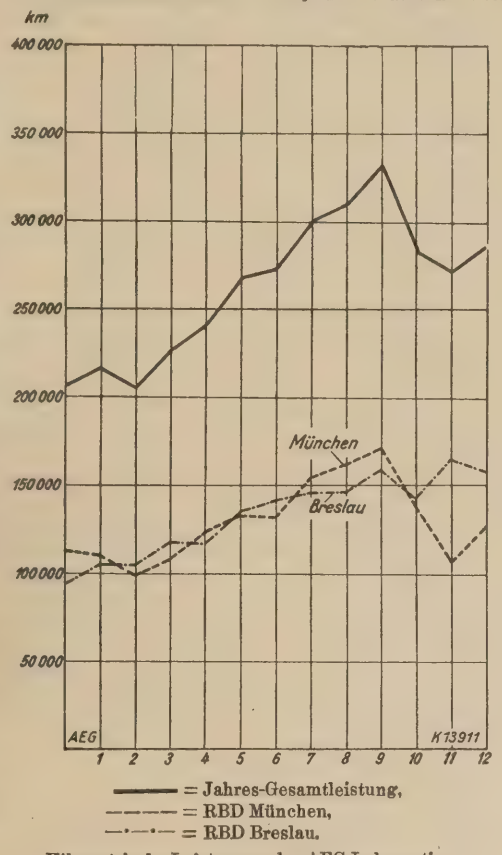
Auf den elektrischen Strecken waren am 1. Januar d. J. 84 von der AEG gelieferte elektrische Lokomotiven und Fahrzeugteile im Betrieb.

Die Jahres-Gesamtleistung der von der AEG gelieferten elektrischen Lokomotiven in den Bezirken der schlesischen Gebirgsbahnen, von Mitteldeutschland, Bayern und Baden betrug im Jahre 1928 rd. 3 216 000 km (s. Abb.). Hierbei sind die in Mitteldeutschland und Baden laufenden 27 Güterzuglokomotiven unberücksichtigt geblieben, da es sich hier um Lokomotiven handelt, die z. T. vor bzw. kurz nach dem Kriege geliefert wurden und da ein Austausch dieser Lokomotiven von Mitteldeutschland nach Baden stattgefunden hatte.

Die Jahres-Gesamtleistung hat in den letzten vier Jahren dauernd zugenommen. Während die Gesamtleistung im Jahre 1925 nur 488 000 km betrug, ist sie in dem Jahre 1926 auf 1 105 000 km und 1927 auf 1 238 000 km gestiegen. Diese Leistung wurde im Jahre 1928 noch um den 2,5fachen Wert überboten. Die im Jahre 1928 erreichte Gesamtfahrleistung von 3 216 000 km verteilt sich auf die Reichsbahn-Direktionen München mit 1 566 500 km und Breslau mit 1 649 500 km. Die von den AEG-Lokomotiven im Bezirk der Reichsbahn-Direktion München geleisteten 1 566 500 km betragen rund 14,5 % der Gesamtfahrleistung sämtlicher dort laufenden elektrischen Lokomotiven und Triebwagen.

Von den gelieferten 14 C + C-Lokomotiven waren im Durchschnitt 13 im Betrieb, so daß der mittlere Reparaturstand dieser Stangenlokomotiven nur 6,5 % betrug.

Die von den C + C-Lokomotiven erreichten Höchst- und Durchschnittsleistungen betrugen rund 7000 km als Höchst- und 5000 km als Durchschnittsleistungen. Diese günstigen Zahlen für Güterzuglokomotiven zeigen deutlich die Bewährung dieser Lokomotivbauart, von der im Jahre 1927 weitere zwölf Stück bestellt wurden, die zur Schonung der Bremsklötze und Radreifen mit Widerstandsbremsung ausgerüstet werden.




Kilometrische Leistungen der AEG-Lokomotiven.

Die sechs $1\,C_0 + C_0\,1$-Lokomotiven haben im Betriebsjahre eine Gesamtleistung von 387 500 km erreicht. Ihre hohen Leistungen sind darauf zurückzuführen, daß die Lokomotiven infolge ihrer Höchstgeschwindigkeit von 65 km/h auch im Personenzugdienst nutzbringend verwendet werden.

Von den mit AEG-Federtopfantrieb ausgerüsteten Schnellzuglokomotiven waren die in den Jahren 1924 und 1926 bestellten beiden Versuchslokomotiven der Bauart $2\,D_0\,1$, und von den im Jahre 1927 bestellten 38 Stück Schnellzuglokomotiven der Bauart $1\,D_0\,1$ zwei Stück in Betrieb. Mit Ausnahme von vier Monaten im Jahre 1928 betrugen die monatlichen Leistungen dieser Lokomotiven durchschnittlich über 10 000 km.

Die in Bayern laufenden 2 B B 2-Personenzuglokomotiven, die in den ersten Jahren nach Indienststellung zur Beförderung von Schnell- und Personenzügen verwendet wurden, versehen hauptsächlich ihren Dienst noch als Personenzuglokomotiven und in vielen Fällen als Güterzuglokomotiven. Außerdem wird eine bestimmte Anzahl dieser Lokomotiven als Betriebsreserve gehalten. Von den in Betrieb befindlichen 19 Lokomotiven war nur in drei Monaten des Jahres je eine Lokomotive infolge von Überholung durch Hauptrevision eine längere Zeit dem Betriebe entzogen.

Für den Verschiebedienst auf dem Münchener Hauptbahnhof und anderen größeren Bahnhöfen in Bayern wurden von der AEG 7 Lokomotiven der Bauart 1 C geliefert. Diese haben die halbe Leistung der vorher erwähnten C + C-Güterzuglokomotive bei einer Höchstgeschwindigkeit von 55 km/h. Diese hauptsächlich für den Rangierdienst bestimmten Lokomotiven wurden infolge ihrer Dauerleistung von rund 1000 PS und ihrer Höchstgeschwindigkeit von 55 km/h auch zur Überführung von Nahgüterzügen und an Sonntagen für die Beförderung von Personenzügen benutzt.

Wie aus den vorstehenden Ausführungen hervorgeht, haben die von der AEG gelieferten elektrischen Vollbahn-Lokomotiven auf den Strecken der Deutschen Reichsbahn-Gesellschaft im Jahre 1928 wesentlich höhere Jahresleistungen als in den früheren Jahren erreicht. Wenn dies auch z. T. mit der Indienststellung weiterer Lokomotiven zusammenhängt, so hat auch die gute Beschaffenheit der von der AEG gelieferten elektrischen Ausrüstungen und Fahrzeugteile, die einen geringen Reparaturstand erforderlich machten, günstig eingewirkt.

Auf den in Schweden elektrisierten Strecken der Uddeholmbahn und Riksgränsbahn mit zusammen rund 600 km Länge laufen 28 von der AEG gebaute Lokomotiven, deren Jahres-Gesamtleistung im Jahre 1928 rund 522 000 km betrug.

In nunmehr beinahe zehnjährigem Betriebe haben sich diese Lokomotiven gut bewährt, was am deutlichsten daraus hervorgeht, daß jede dieser Lokomotiven bereits weit mehr als 250 000 km in dieser Zeit zurückgelegt hat.

Die kilometrischen Leistungen der Lokomotiven auf der Riksgränsbahn im Betriebsjahre 1928 können nicht angegeben werden, da einwandfreie Zahlen infolge des lange anhaltenden Streiks in den Erzgruben nicht zu erhalten waren.

In Norwegen ist anschließend an die Riksgränsbahn die Ofotenbahn mit einer Länge von 38 km und die Strecke Oslo–Lilleström mit einer Länge von 21 km elektrisiert. Auf diesen Strecken sind 14 von der AEG gelieferte Ausrüstungen für elektrische Lokomotiven im Betrieb. Die Jahres-Gesamtleistung dieser Lokomotiven betrug im Jahre 1928 rund 836 000 km.

Nach den diesjährigen Betriebsergebnissen steht zu erwarten, daß auch die Betriebsergebnisse der nächsten Jahre durch Hinzukommen neuer Lokomotiven und etwaiger neuer Strecken eine weitere Steigerung erfahren werden.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPFENTÖLER

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT DAMPF GAS JUWIL Reinigung Entölung Entsäuerung Entwässerung Desodorisierung Umformung

Julius Wilisch
Wurzen Sa.

ABDAMPF-ENTÖLER

Th. Wippern, Huss & Co.
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

LAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung
Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über 1/2 Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE
jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (25 mm) Mk. 12,60 netto pro Einschaltung

AUFZÜGE

ORIGINAL M.S.N. AUFZÜGE

Gegr 1861

AUFZUGSWERKE
Schmitt & Sohn
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
AUFZÜGE
STAHL
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
Personenpaternoster
KRANE
Transportband-Anlagen
Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

B

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

DAMPFHAMMER

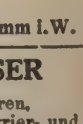
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.

J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser



Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

Wasser-, Gas-, Luft- und Inhaltsmesser mit Schreiber und Zähler
Kesselschilder und Kontrollstationen

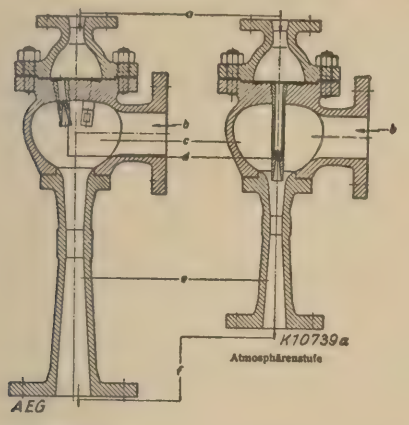
ELEKTROFLO
Berlin W 35 Tel.: Kurfürst 6919


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# AEG-Dampfstrahl-Luftsauger

Mitteilung der AEG.

Als Luftpumpen in modernen Kondensationsanlagen werden heute nur noch feststehende Strahlapparate, und zwar entweder Wasser- oder Dampfstrahlapparate verwendet, die allein befähigt sind, alle Anforderungen an die Luftabsaugung einer neuzeitlichen Hochleistungs-Kondensation zu erfüllen. Die Strahlapparate, und zwar sowohl Wasser- wie Dampfstrahlsauger, erzeugen




a = Strahldampf-Eintritt
b = Lufteintritt
c = Mischraum
d = Düse
e = Diffusor
f = Dampf-Luft-Gemisch-Austritt

Abb. 1: Dampfstrahl-Luftsauger.

die gleiche hohe Luftleere wie die früher üblichen umlaufenden Luftpumpen, haben aber eine wesentlich größere Ansaugeleistung.

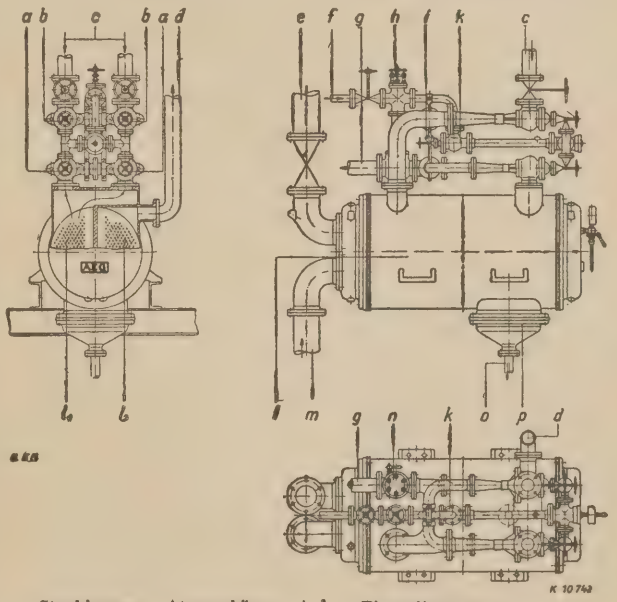
Der Dampfstrahlsauger der AEG besteht aus zwei hintereinandergeschalteten Stufen, der Kondensator- und der Atmosphärenstufe. Die Kondensatorstufe saugt die Luft aus dem Kondensator ab und drückt sie in einen Zwischenkondensator. Die darin freiwerdende Luft wird durch die Atmosphärenstufe angesaugt und auf Atmosphärendruck verdichtet, während sich ihr Treibdampf ebenfalls in einem Kondensator niederschlägt. Die ausgeschiedene Luft und der Wrasendampf entweichen durch eine Auspuffleitung ins Freie. Als Kühlwasser dient in beiden Fällen Kondensat, das von der Kondensatpumpe nacheinander durch beide Zwischenkondensatoren gedrückt wird. Die Verdampfungswärme des Strahldampfes geht somit an das Kühlkondensat über, das zur Kesselspeisung benutzt wird. Das Strahlkondensat fließt über ein Schwimmerventil in die Kondensat-Saugleitung ab.

Die Strahlapparate der beiden Stufen unterscheiden sich nur durch die Anordnung der Düsen und die verschiedene Bemessung der Düsen- und Diffusorquerschnitte. Die Kondensatorstufe (Abb. 1, links) verlangt für die angesaugte Luftmenge großen spezifischen Volumens auch große Diffusorquerschnitte; ihr Arbeitsdampf expandiert je nach der Größe der Ansaugeleistung in einer, drei oder vier Düsen, so daß der dünnen Luft eine genügend große Strahloberfläche zum Eindringen geboten wird. Je nach der Ansaugeleistung werden die Diffusoren und die in besondere Düsenhalter eingesetzten Düsen bemessen; der Mischraum dagegen bleibt für beide Stufen der gleiche und wird auch für die verschiedenen Größen beibehalten. In der Atmosphärenstufe (Abb. 1, rechts) entspannt sich der Treibdampf in einer oder drei Düsen, die ebenfalls zwecks Auswechselung in einem Düsenhalter eingeschraubt sind.

Für Anlagen kleiner und mittlerer Ansaugeleistung genügt ein einfacher Strahlapparat, bei dem jede Stufe mit nur einem Strahlsauger ausgerüstet ist. Die Strahlsauger leiten ihr Dampf-Luft-Gemisch in einen gemeinsamen Zwischenkondensator, der durch eine senkrechte Scheidewand in je einen Kondensator für die Kondensator- und Atmosphärenstufe unterteilt ist. Diese Bauart, bei der die Rohre für beide Zwischenkondensatoren in einem gemeinsamen gußeisernen Gehäuse untergebracht sind, gibt dem ganzen Strahlapparat ein gedrungenes Aussehen bei geringstem Platzbedarf. Während auf der einen Seite Rohrboden, Gehäuse und Wasserkammer gemeinsam verflanscht sind, gleitet der Rohrboden auf der anderen Seite in einer Führung, so daß die Einwalzstellen der Kühlrohre durch Wärmedehnung nicht beansprucht werden. Der Rohrboden und die Wasserkammer sind in diesem Fall gesondert verschraubt, das Gehäuse durch einen Deckel abgeschlossen.

Abb. 2 zeigt den Aufbau eines größeren Strahlapparates, bei dem jede Stufe mit zwei parallel arbeitenden Strahlsaugern ausgerüstet ist. Trotz der zahlreichen notwendigen Rohrleitungen und Absperrorgane zeichnet sich diese Anordnung durch einen außerordentlich übersichtlichen Aufbau aus. Die einzelnen Strahlsauger und ihre Armaturen liegen symmetrisch zum Zwischenkondensator; die gleichen Handräder und die gleichen Griffe wiederholen sich auf beiden Seiten. Die Armaturstutzen stehen auf besonderen Angüssen des Zwischenkondensators, in welche die einzelnen Zuführungskanäle eingegossen sind. Die beiden Diffusoren je einer Stufe leiten ihr Dampf-Luft-Gemisch durch einen gemeinsamen Stutzen in den Zwischenkondensator oder Vorwärmer, in dem der Strahldampf niedergeschlagen und die Luft ausgeschieden wird. In der Mitte zwischen beiden Stufen liegen die Frischdampfleitung, das Reduzierventil und der Dampfkühler. Ein an der Stirnseite angeordnetes Verteilerstück versorgt die vier dampfseitig parallel arbeitenden Strahlsauger mit Betriebsdampf.

Für noch größere Ansaugeleistungen empfiehlt es sich, die Zwischenkondensatoren für die Kondensator- und Atmosphärenstufen getrennt aufzustellen. So hat die AEG kürzlich für die Kondensationsanlage zweier




a = Strahlsauger, Atmosphärenstufe
b = Strahlsauger, Kondensatorstufe
c = Luft-Saugleitung
d = Wrasenrohr
e = Kühlkondensat-Austritt
f = Frischdampfleitung
g = Auspuffleitung z. Anfahren
h = Reduzierventil
i = Einspritzwasser
k = Dampfkühler
l = Zwischenkondensator
$l_1$ = Zwischenkondensator, Kondensatorstufe
$l_2$ = Zwischenkondensator, Atmosphärenstufe
m = Kühlkondensat-Eintritt
n = Doppelklappe
o = Strahlkondensat-Abfluß
p = Schwimmerventil

Abb. 2: Dampfstrahl-Luftsauger mit Zwischenkondensator; Kondensatorstufe zweifach, Atmosphärenstufe zweifach.

50 000 kW-Turbinen Dampfstrahlsauger geliefert, bei denen die Ansaugleistung jeder Stufe sich auf drei parallel arbeitende Einzelapparate verteilt.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

Bühring A.-G.
Landsberg (Bz. Halle)

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**GESCHMIEDETE ARMATUREN**

für höchste Drücke und chemische Werke

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken
Kein Zoll!

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G

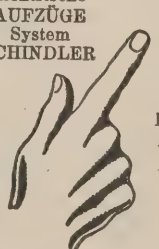
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

---

**AUFZÜGE**

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

---

**AUFZÜGE**

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

---

Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote

---

**AUFZÜGE**

Gegr 1861

ORIGINAL M.S.N. AUFZÜGE

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

SCHINDLER 1874

**AUFZÜGE**

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-

**AUFZÜGE**

**STAHL**

Paternoster

Elektrozüge

R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung

**Personenpaternoster**

**KRANE**

**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

## B

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

---

## D

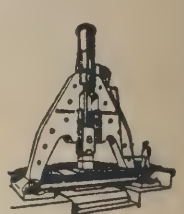
**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.



J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Abraumförderbrücke mit Gleichstrombetrieb.

**Mitteilung der AEG.**

Die Bemühungen der Braunkohlengruben, die Kosten für die Bewegung des Abraumes so niedrig wie möglich zu halten, haben zur Einführung der Abraumförderbrücken geführt. Diese neuartigen Hebezeuge allergrößten Maßstabes überspannen den Tagebau mit einer Eisenkonstruktion, in der Transportbänder angeordnet sind. Ein Kettenbagger an der Strosse nimmt die Abraummassen auf und wirft sie auf das in der Brücke befindliche Transportband. Den Übergang des Baggers zu einer derartigen Abraumförderbrücke zeigt Bild 1. Nach Überqueren des Tagebaues fällt der Abraum in das abgeräumte Grubenfeld. Der Abbau der Kohle erfolgt unter Brücke in der üblichen Weise. Der Vorteil dieser Abraumförderung besteht darin, daß ein Umladen des Abraumes vermieden wird und die Förderung sehr schnell vor sich geht.

Während eine von der AEG ausgerüstete Abraumförderbrücke mit Drehstrombetrieb sich bereits seit mehreren Jahren im praktischen Betrieb bewährt hat, wurde die erste Abraumförderbrücke mit Gleichstrombetrieb im Anfang des Jahres 1928 dem Betrieb übergeben. Die Lieferantin der Brücke ist die Allgemeine Transportanlagen-Gesellschaft m. b. H., Leipzig, des Schwenkbaggers die Maschinenfabrik Buckau, R. Wolf A.-G., Magdeburg. Die elektrische Ausrüstung lieferte die AEG, Berlin.

Für den Betrieb der Brücke steht ein Gleichstromnetz von 1000 V Spannung zur Verfügung. Die Stromabnahme erfolgt auf der Baggerseite. Auf der gleichen

Bild 1.
Bagger und Brücke mit Kabelbrücke.

Seite befindet sich das Maschinenhaus mit der Hauptschaltanlage, in der die Stromverteilung für die Kraft-, Licht- und Steuerstromkreise erfolgt. Zwei weitere Verteilungsanlagen befinden sich auf der Haldenseite. Die Steuerstromspannung von 220 V wird von einem besonderen Umformer erzeugt, der in dem Hauptmaschinenhaus der Baggerseite aufgestellt ist. Ein zweites Aggregat dient zur Reserve.

Der größte Antriebsmotor ist der Hauptmotor des Kettenbaggers. Der Bagger ist als Schwenkbagger ausgebildet und kann im Hoch- und Tiefschnitt arbeiten. Die Leistung des Bagger-Hauptmotors (Bild 2) beträgt 250 kW, regelbar von 450 bis 600 U/min. Der Motor hat eine schmiedeeiserne Grundplatte und ist mit

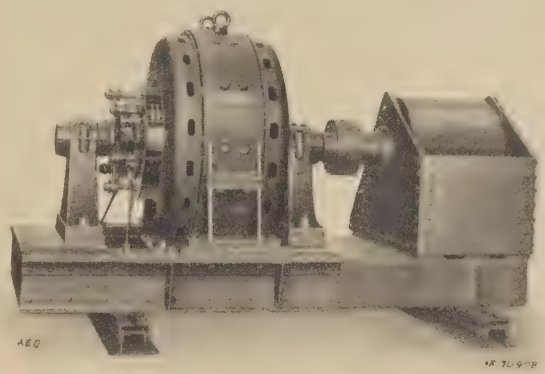


Bild 2.
Motor für Antrieb der Eimerleiter.

der getrennt gelagerten Riemenscheibe direkt gekuppelt. Die Bandstraße ist in verschiedene Antriebe unterteilt. Die drei Hauptbänder haben je einen Antriebsmotor von 95 kW Leistung. Außerdem sind noch einige Zwischenbänder vorhanden, die von kleineren Motoren angetrieben werden. Sämtliche Motoren haben offene Ausführung.

Die Fahrwerke werden auf der Halden- und Baggerseite durch je zwei Fahrmotoren von 47/53 kW, 500/750 U/min angetrieben. Bei der Steuerung der Fahrwerke wurde besonderer Wert darauf gelegt, daß die Motoren eine Regelung der Drehzahl bei verschiedenen Belastungen der Motoren zulassen. Je nach der Richtung des Windes und je nach der Beschaffenheit des Bodens, der bei den lose verlegten Schienen Steigungen und Gefälle aufweist, treten verschiedene Belastungen am Wellenstumpf der Fahrmotoren auf, die zwischen positiven und negativen Momenten wechseln. Die Steuerung ist so ausgebildet, daß sie bei verschiedenen Belastungen dem Führer eine sichere Beherrschung der Fahrgeschwindigkeit gestattet. Außerdem bewirkt die Steuerung beim Zurückführen des Handrades nach Null eine Verringerung der Fahrgeschwindigkeit, damit die Bremsen stets bei verringerter Geschwindigkeit einfallen und dadurch mechanische Stöße vom Triebwerk ferngehalten werden.

Besondere Signalvorrichtungen unterrichten die Führer in beiden Führerständen über die Schiefstellung der Brücke. Die Steuerung der Brücke erfolgt durch je einen Führer auf der Bagger- und Haldenseite. Weiter sind Endschalter vorgesehen, die bei Überfahren eines Vorsignales eine selbsttätige Stillsetzung der Brücke bei Unachtsamkeit der Brückenführer vornehmen. Es sind auch Notdruckknöpfe vorgesehen, die von Hand ein Stillsetzen der Brücke in Gefahrfällen gestatten. Eine Telephonanlage dient zur Verständigung der Führer untereinander.

Die umfangreiche Anlage der Brücke bedingt eine Reihe von Hilfsantrieben, die zu der Ausrüstung gehören. So erfolgt die Rückung der Gleise auf der Haldenseite stetig durch eine angehängte Gleisrückmaschine. Ein Ventilator gestattet die Heizung der Förderbänder mittels Warmluft bei starkem Frost. Auch ein besonderer Kompressor befindet sich auf der Brücke. Schließlich ist eine umfangreiche Lichtanlage vorgesehen, die einen einwandfreien Betrieb auch bei Nacht ermöglicht.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

## ABDAMPF-ENTÖLER

**Th. Wippern, Huss & Co.**
Kommandit-Gesellschaft
Maschinenfabrik
Bremen

---

## ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G.m.b.H.
Mannheim-Waldhof

---

## ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

## AUFZÜGE

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a.M.

---

## AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

## AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

## AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

---

## AUFZÜGE

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

## AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

SCHINDLER 1874

## AUFZÜGE

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G.m.b.H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

## AUFZÜGE

ORIGINAL HSN AUFZÜGE

Gegr 1861

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
MÜNCHEN-NÜRNBERG-ESSEN
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE

---

Dieser Raum
(40 mm Höhe)
kostet
bei Jahresabschluß
(52 Anzeigen)
Mk. 20,16 pro Aufnahme

---

## AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-

## AUFZÜGE STAHL

Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

## AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung

**Personenpaternoster**

**KRANE**

**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a.M.-West

---

## AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

**Heime & Hans Herzfeld**
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
**Halle (Saale)**

---

B

## BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

---

D

## DAMPF-DRUCKVERMINDERER

**Gebr. Poensgen A.-G.**
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

---

## DAMPFENTÖLER

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

## DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.

**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

---

## DAMPFKESSEL UND DAMPFMASCHINEN

für alle Leistungen und Drücke

**Maschinenbaugesellschaft**
**Karlsruhe**


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Herstellung der Zahnräder für Dampfturbinengetriebe.

Mitteilung der AEG.

Die unmittelbare Kupplung verschiedener Maschinen ergibt häufig eine für jede Maschine ungünstige Drehzahl. Erst das Zwischenschalten eines Übersetzungsgetriebes, insbesondere eines Zahnradgetriebes, ermöglicht es, für antreibende wie getriebene Maschinen die jeweils wirtschaftlichste Drehzahl zu wählen. Gerade die Dampfturbine arbeitet oft bei Drehzahlen am günstigsten, die bei weitem über denen der angetriebenen Maschinen liegen, wie z. B. der elektrischen Generatoren, Pumpen, Schiffsschrauben und Holzschleifer. Für das betriebsichere und geräuschlose Arbeiten der Hochleistungsgetriebe, in deren Bau die AEG eine zwanzigjährige Erfahrung hat, ist die Herstellung der Zahnräder besonders wichtig.

Eine Stirnverzahnung mit geraden, zur Wellenachse parallelen Zähnen ist für schnellaufende Getriebe nicht zu empfehlen, da die Zähne beim Eintritt in das Eingriffsfeld auf ihrer ganzen Breite sofort mit dem vollen Druck belastet und am Ende des Eingriffs ebenso plötzlich entlastet werden. Dadurch entstehen Zahnschwingungen und Geräusche, deren Tonhöhe der Zahneingriffszahl entspricht. Um das zu vermeiden, verwendet die AEG für Dampfturbinengetriebe ausschließlich Schrägverzahnungen. Der Zahndruck nimmt hierbei nur langsam wieder zu und wieder ab, so daß bei fehlerfreier Verzahnung und guter Lagerung ein praktisch geräuschloser Lauf erreicht wird.

Für langsamer laufende Getriebe ist für die Zähne ein Neigungswinkel von 25 bis 35 ° und für sehr schnell laufende von 35 bis 45 ° vorteilhaft. Je größer die Neigung der Zähne, desto stärker ist der Axialschub. Alle größeren Turbinengetriebe erhalten zweikränzige Verzahnungen mit entgegengesetzter, aber gleicher Zahnneigung, so daß sich die Axialschübe ausgleichen. Nur kleine Getriebe werden einkränzig und dann mit einer kleineren Zahnneigung ausgeführt.

Für Zahnradvorgelege mit Schrägverzahnung kommt grundsätzlich nur Evolventenverzahnung in Betracht. Sie besitzt den Vorteil einfacher und genauer Herstellung, benötigt bei beliebigen Zähnezahlen nur ein Werkzeug und ist gegen geringe Unterschiede der Achsentfernung unempfindlich. Evolventenzähne werden immer richtig arbeiten, solange nur die Eingriffslänge genügend groß bleibt.

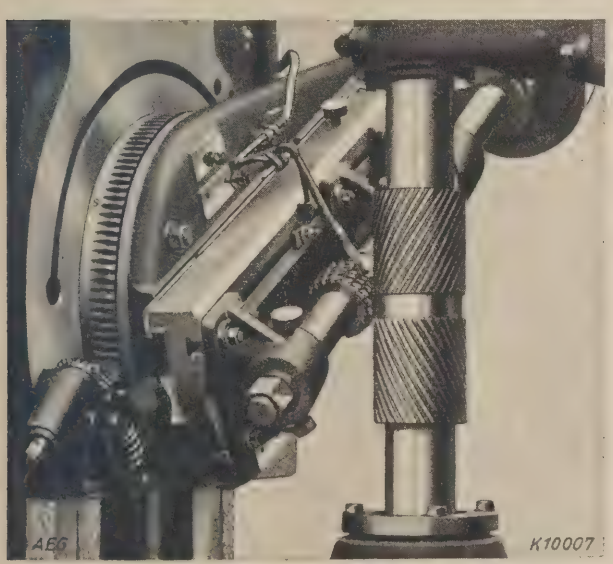



Abb. 1. Herstellung einer Ritzelverzahnung.

Das Zahnprofil der AEG-Getriebe ist aus der normalen Evolventenverzahnung entwickelt worden. Durch entsprechende Wahl der Zahnkopf- und Fußhöhe wird eine Zahnform mit großem Widerstandsmoment geschaffen. Daß bei dieser Zahnform die rollende Reibung geringer wird und dafür die Relativgeschwindigkeit der Zahnflanken zunimmt, ist wegen der reichlichen Druckölschmierung kein Nachteil. Vielmehr wird durch das Gleiten der Zahnflanken, das am Anfang des Eingriffs langsam einsetzt, eine günstige Ölkeilbildung im Sinne der Reynold'schen Theorie erreicht. Das Ölkissen zwischen den Zahnflanken verhindert ein Berühren der Zahnflanken und gleicht die unvermeidlichen geringen Teilungsfehler aus.

Die AEG-Schrägverzahnung wird nach dem Abwälzverfahren geschnitten. Der hierfür verwendete Fräser hat die Form einer Schnecke und fräst in un-

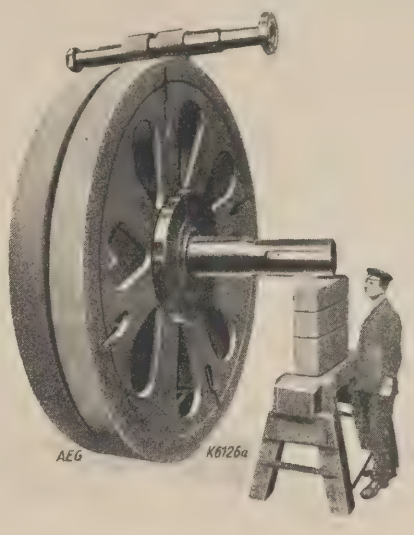



Abb. 2. Einstufiges Vorgelege für mittlere Leistung und große Uebersetzung; N = 3300 kW, n = 3000/240 U/min.

unterbrochenem Arbeitsgang die Zahnlücken aus dem Kranz des Werkstückes aus. Abb. 1 zeigt das Bearbeiten eines zweikränzigen Ritzels mit einem Schneckenfräser und vermittelt zugleich einen guten Eindruck von der schweren und starren Gestaltung des Frässchlittens. Um einen sauberen Schnitt und die nötige Genauigkeit zu erhalten, wird jede Verzahnung in zwei Arbeitsgängen hergestellt. Der Schlichtfräser, der nur einen geringen Span abzuheben hat, bleibt dauernd scharf und verursacht keine örtlichen Erwärmungen, wodurch nachträgliche Verziehungen entstehen könnten. Die Präzisions-Fräsmaschinen sind in der AEG-Turbinenfabrik in einer besonderen Halle aufgestellt, weil ihre Fundamente in einer Werkstatt für Großmaschinenbau schädlichen Erschütterungen ausgesetzt wären. Die Raumtemperatur wird selbsttätig geregelt und die Maschinen werden vor Sonnenstrahlen und Zugluft geschützt. Bei einer großen Fräsmaschine beispielsweise ändert schon ein Temperaturunterschied von 10 ° die Frästiefe um 0,1 mm. Die Verzahnungen werden nach dem Fräsen weder gehärtet noch geschliffen. Die Zähne sind bei diesen Getrieben, die geräuschlos arbeiten sollen, so genau und glatt gefräßt, daß ein Nacharbeiten nur schädlich und das Einlaufenlassen zwecklos wäre.

Während beim Ritzel die Zähne aus dem vollen Ritzelkörper geschnitten werden, wird beim Rad die Verzahnung auf besondere Radkränze gefräßt, die aus hochwertigem Stahl nahtlos gewalzt und auf die Räder warm aufgezogen werden. Die beiden Zahnkränze eines Rades werden aus einer Trommel hergestellt, um gleiche Baustoffgüte zu gewährleisten. Für das Ritzel wird meistens Chromnickelstahl und für die Radkränze ein Sonderstahl verwendet, der weicher sein muß als der Ritzelwerkstoff, eine Anordnung, die sich in langjähriger Erfahrung am besten bewährt hat. Der Stahl wird vor dem Verarbeiten Zugversuchen in axialer wie tangentialer Richtung, Kerbschlagproben sowie Untersuchungen über Gefüge und Oberflächenbeschaffenheit unterzogen.

Abb. 2 zeigt Ritzel und Rad eines Getriebes, das zwischen einer Kondensationsturbine mit n = 3000 U/min und zwei Holzschleifern eingebaut ist. Die beiden Schleifer sind unmittelbar gekuppelt und haben bei einer Drehzahl von 240 U/min einen Leistungsbedarf von 3300 kW. Außer den Schleifern treibt die Turbine noch einen Drehstromerzeuger an, der mit der Rizelwelle gekuppelt ist.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

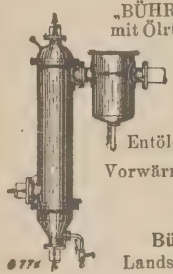
**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug
G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.




Bühring A.-G.
Landsberg (Bz. Halle)

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Max Dreyer & Co., Magdeburg-S.

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge
jeder
Betriebsart
und Größe
Patentsteuerung für
hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

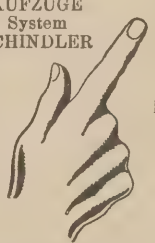
CARL **Flohr** A.-G.
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 8b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

SCHINDLER 1874 **AUFZÜGE**
jeder Art
und
Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

Dieser Raum
(40 mm Höhe)
kostet
bei Jahresabschluß
(52 Anzeigen)
Mk. 20,16 pro Aufnahme

---

**AUFZÜGE**

AUFZUGSWERKE
**Schmitt u. Sohn**
Gegründet 1861
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
HAMBURG · FRANKFURT A. M.
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen
Elektro-Züge
150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden
aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**
aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

## B

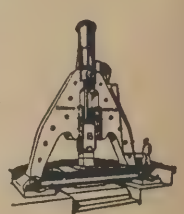
**BRUNNENBAU**
Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

---

## D

**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.



J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

---

**DAMPFMESSER**

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**DAMPFMESSER**

Wasser-, Gas-, Luft- und Inhaltsmesser mit Schreiber und Zähler
Kesselschilder
und Kontrollstationen

ELEKTROFLO
Berlin W 35 Tel.: Kurfürst 6919

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

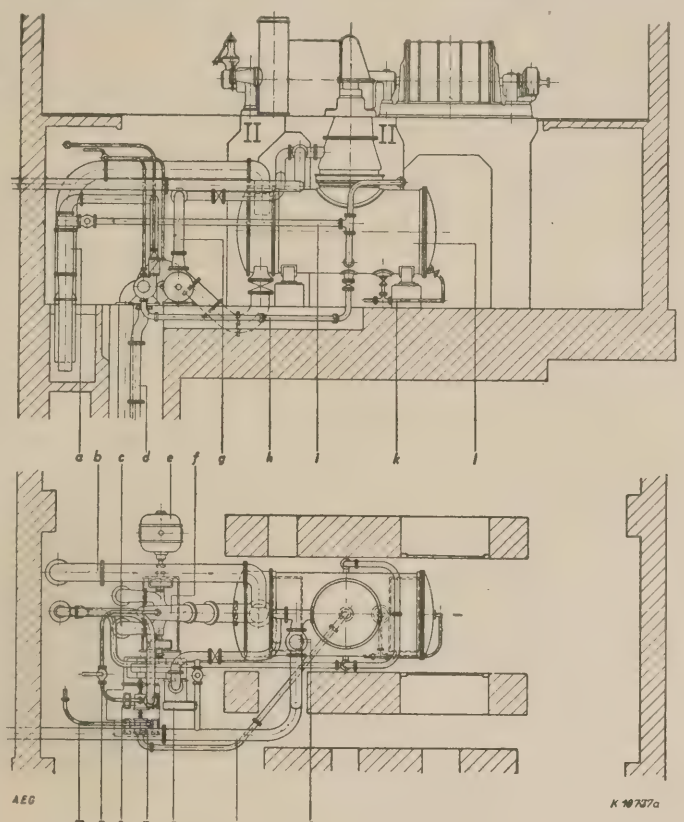
# AEG-Wasserstrahl-Luftsauger.

**Mitteilung der AEG.**

Die Vervollkommnung der Kondensationsanlagen, die in modernen Betrieben mit etwa 99 vH der theoretisch möglichen Luftleere arbeiten, ist Hand in Hand mit einer stetigen Verbesserung der Luftabsaugepumpen gegangen. Über Naßluftkolbenpumpen und umlaufende Wasserstrahl-Luftpumpen ist man zu den feststehenden Strahlapparaten gelangt, die allein befähigt sind, alle Anforderungen an die Luftabsaugung einer neuzeitlichen Hochleistungskondensation zu erfüllen. Die Strahlapparate — und zwar Wasser- wie Dampfstrahlsauger — erzeugen die gleiche hohe Luftleere wie die umlaufenden Luftpumpen, haben aber eine wesentlich größere Ansaugeleistung.

Maßgebend für die Größe der Pumpenleistung ist nicht allein die im Dauerbetriebe abzusaugende Luftmenge, sondern oft ausschließlich die Zeit zum Evakuieren der Kondensationsanlage. Da bei neueren Dampfturbinenanlagen die Undichtheiten infolge der gut dichtenden Wellen- und Kondensatorstopfbuchsen nur gering sind, man also im normalen Betrieb mit verhältnismäßig kleiner Luftpumpenleistung auskommen würde, sind die Luftpumpen bezüglich ihrer Ansaugeleistung reichlich bemessen. Selbst bei größeren Undichtheiten, die eine Ausnahme bilden, wird die Luftleere nur wenig zurückgehen; die Betriebssicherheit der Turbinenanlage bleibt somit unter allen Umständen gewahrt. Eine Luftpumpe für kleine Ansaugeleistungen verlangt eine starke Unterkühlung der Luft unter die Sattdampftemperatur und wird gegenüber Lufteinbrüchen sehr viel empfindlicher sein; der etwas kleinere Leistungsverbrauch kann die Nachteile, die eine zu schwach bemessene Pumpe mit sich bringt, nicht ausgleichen. Dadurch, daß die Luftleere trotz beliebig großer Absaugeleistung nie unter den Dampfdruck sinken kann, welcher der Temperatur des Kondensats als Sättigungsdruck entspricht, wird die Luftpumpengröße, die man wählt, natürlich nach oben begrenzt.

Bei den ruhenden Wasserstrahlsaugern wird das vorher in einer besonderen Pumpe erzeugte Druckwasser in Düsen entspannt und sein Arbeitsvermögen dabei in Geschwindigkeitsenergie umgesetzt. Das aus der Düse austretende Wasser faßt die Luft im Mischraum und verdichtet sie in einem mit schlankem Konus anschließenden Diffusor. Der eigentliche Vorgang im Mischraum ist theoretisch noch wenig geklärt; man weiß nur aus Erfahrung, daß in diesem Teil des Strahlsaugers die größten Verluste zu suchen sind. Erfahrung und eine mehr gefühlsmäßige Anschauung lassen es auch vorteilhaft erscheinen, der angesaugten Luft zum Eindringen in den Wasserstrahl eine möglichst große Oberfläche zu bieten, ein Gedanke, der bei allen Wasserstrahl-Apparaten der AEG grundsätzlich verwirklicht wird. Während der größte Teil des Druckwassers durch eine Hauptdüse mit sternförmigem Querschnitt tritt, entspannt sich der Rest in kleineren kreisrunden Düsen, die konzentrisch um die Hauptdüse angeordnet sind. Die Strahlachsen der einzelnen Düsen schneiden sich in der Hauptachse des Diffusors. Die Diffusormündung wird sorgfältig abgerundet; die mitgerissene Luft wird also allmählich auf die Wassergeschwindigkeit beschleunigt, und das Wasser-Luft-Gemisch tritt mit einheitlicher Geschwindigkeit in den eigentlichen Diffusor ein. Eine in der Ansaugeleitung vorgesehene Rückschlagklappe schließt beim Ausbleiben oder Abreißen des Betriebswassers den Strahlsauger gegenüber dem Kondensator ab und verhütet damit eine augenblickliche Gefährdung der Luftleere. Der Aufbau eines Strahlsaugers ist denkbar einfach; der ganze Apparat besteht nur aus wenigen Einzelteilen, die gegebenenfalls beim Auswechseln einer Düsenplatte in kurzer Zeit und mit einfachen Mitteln auseinandergenommen und wieder zusammengebaut werden können.




a = Wasserstrahl-Luftsauger
b = Kühlwasser-Abflußleitung
c = Kühlwasser-Saugleitung
d = Strahlwasser-Saugleitung
e = Elektromotor
f = Kühlwasserpumpe
g = Hilfsturbinen-Abdampfleitung
h = Kondensat-Saugleitung
i = Luft-Saugleitung
k = Entwässerungsleitung
l = Kondensator
m = Kondensat-Druckleitung
n = Auffüll-Leitung für Kühl- und Aufschlagwasserpumpe
o = Aufschlagwasserpumpe
p = Kondensatpumpe
q = Hilfsturbine
r = Hilfsauspuffleitung
s = Hilfsauspuffventil

**Kondensationsanlage mit Wasserstrahl-Luftsauger**

Die Bemessung der Wasserstrahlsauger richtet sich nach der Menge des Strahlwassers, die ihrerseits vom Druck des Arbeitswassers abhängt. Für kleine Drücke vor der Düse und entspechend kleine Wassergeschwindigkeiten braucht man große Wassermengen; umgekehrt erfordern kleine Wassermengen höhere Drücke und höhere Strahlgeschwindigkeiten. Um nicht für jede Anlage besondere Strahlapparate mit entsprechend hohen Herstellungskosten bauen zu müssen, hat die AEG Normalgrößen festgelegt und beherrscht das gesamte Gebiet bis zu den größten Kondensationsleistungen zur Zeit mit drei Strahlsaugergehäusen und einer entsprechend verschiedenen Anzahl und Anordnung der Strahldüsen und Diffusoren. Je nach der Ansaugeleistung benötigt man eine bestimmte Wassermenge, die für die Gruppenzahl und Querschnittabstufung der Strahldüsen eines Gehäuses entscheidend ist. Grundsätzlich bleibt bei allen Wasserstrahl-Apparaten der Druck vor den Düsen 20 m W.-S., der bei der Entspannung auf Kondensatordruck die für die Absaugung wirtschaftlichste Strahlgeschwindigkeit liefert. Bei größeren Leistungen werden ein oder mehrere Strahlapparate in Parallelschaltung an einen Kondensator angeschlossen.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPFENTÖLER

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT DAMPF GAS JUWIL Reinigung Entstaubung Desodorisierung Entölung Entwässerung Umformung

Julius Wilisch
Wurzen Sa.

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

GESCHMIEDETE ARMATUREN

für höchste Drücke und chemische Werke

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.
Saarbrücken
Kein Zoll!

LAC ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.
Karlsruhe-Bulach

Dieser Raum
(30 mm Höhe)
kostet
bei Jahresabschluß
(52 Anzeigen)
Mk. 15,12 pro Aufnahme

AUFZÜGE

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

HH Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung
Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
Gustav Ad. Koch
Hamburg 39

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

AUFZÜGE

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

AUFZÜGE

AUFZUGSWERKE

Schmitt & Sohn

Gegründet 1861

MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
HAMBURG · FRANKFURT a. M.
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE

STAHL

Paternoster

Elektrozüge

R. Stahl, A.-G.
Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
Personenpaternoster

KRANE
Transportband-Anlagen

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

B

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

DAMPFENTÖLER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Selbsttätige Feuerregler Bauart AEG-Askania.

Mitteilung der AEG.

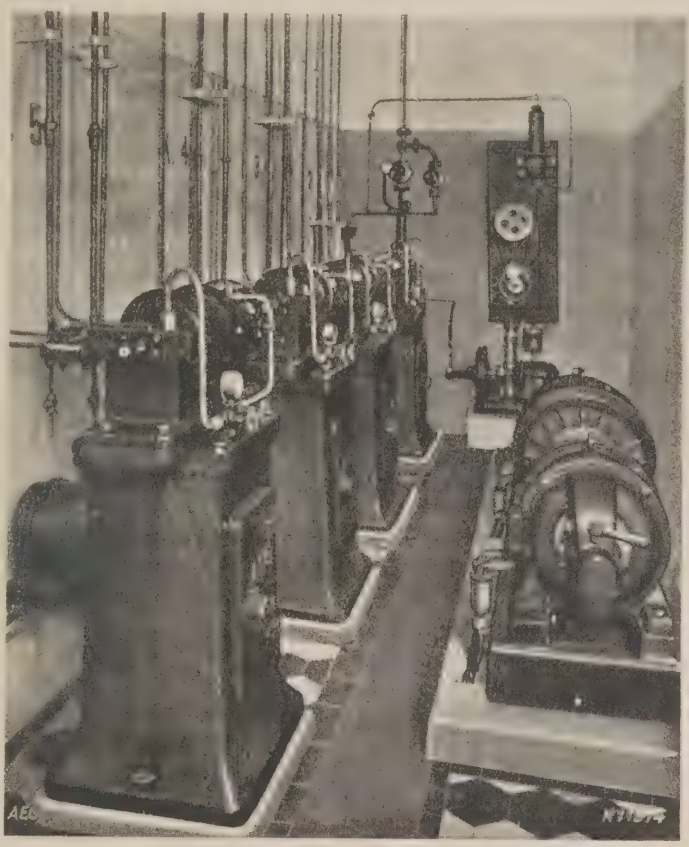
Dem Betriebe von Dampfkesselanlagen werden durch die in den letzten Jahren auf den Markt gekommenen selbsttätigen Feuerungsregler neue Wege gewiesen. Die bis dahin allein übliche Handbedienung von Kesselfeuerungen wurde in der Art durchgeführt, daß die bei wechselndem Dampfbedarf auftretenden, durch Meßinstrumente angezeigten Störungen des Wärmegleichgewichts des Kessels nachträglich beseitigt wurden. Diese in wärme- und betriebswirtschaftlicher Beziehung unzulängliche Betriebsweise wird durch Verwendung selbsttätiger Feuerregler im Sinne neuzeitlicher Betriebsführung so umgestaltet, daß bei allen Belastungsänderungen das Gleichgewicht zwischen zugeführter und entnommener Wärmemenge und der beste Wirkungsgrad der Feuerung mit Hilfe von selbsttätigen Reglern erhalten bleiben, ohne daß Störungen des Gleichgewichts auftreten. Bei dieser Betriebsweise kann ein Teil der sonst verwendeten Meßinstrumente fortfallen.

Eine vollkommen selbsttätige Feuerreglung hat zwei Aufgaben zu erfüllen:

1. Die Leistung der Kesselanlage genau und ohne Verzögerung der schwankenden Belastung anzupassen,
2. die Feuerung so einzustellen, daß sie ständig mit dem besten Wirkungsgrad arbeitet.

Diese Aufgaben werden mit höchster Genauigkeit und gutem Erfolg durch selbsttätige Feuerregler Bauart AEG-Askania gelöst. Ein Belastungsregler, auf den der Dampfdruck der Dampfsammelleitung als Maß für die Belastung einwirkt, stellt die Brennstoffzufuhr auf das erforderliche Maß ein, während ein Verbrennungsregler die Rauchgasmenge in Abhängigkeit von der jeweiligen Brennstoffmenge durch Betätigung des Rauchgas-Absperrorgans regelt. Bei Kesselbetrieb mit zeitweise geringer Belastung muß außerdem der Unterdruck im Feuerraum entweder durch gleichzeitig mit der Rauchgasklappe gesteuerte und mit dieser mechanisch gekuppelte Luftzutrittsklappen, oder wie bei Kesseln mit Unterwindanlage, durch einen besonderen Unterdruckregler geregelt werden.

Der Aufbau der AEG-Askania-Feuerungsregler gestattet es ohne weiteres, den Einbau von Regelanlagen schrittweise vorzunehmen. Bei Wanderrostfeuerungen kann sich der erste Ausbau z. B. allein auf Verbrennungsregler beschränken, die Luft- und Kohlemenge in das richtige Verhältnis setzen, so daß die Feuerung immer mit bestem Wirkungsgrad betrieben wird. Die Erweiterung auf vollautomatische Regelung ist jederzeit ohne Schwierigkeiten durch Einbau eines Belastungsreglers möglich.



Feuerregler-Zentrale in einer Industrie-Anlage

Bei gleichzeitiger Regelung mehrerer Kessel hat es sich als zweckmäßig erwiesen, die Regler in einem besonderen Raum innerhalb des Kesselhauses oder in dessen unmittelbarer Nähe aufzustellen. Die Abbildung zeigt eine Feuerreglerzentrale für 4 vollständig geregelte Wanderrostkessel. Jeder von den in der Abbildung zu erkennenden vier Gußsockeln hat eine eigene Öldruckanlage und trägt den zu einem Kessel gehörenden Verbrennungs- und Unterdruckregler. Auf einem der beiden mittleren Gußsockel ist außerdem der allen vier Kesseln gemeinsame Belastungsregler aufgebaut.

Dieser Belastungsregler stellt die Brennstoffzufuhr von allen Kesseln gleichzeitig ein; für die selbsttätige Regelung der Brennstoffmenge ist es notwendig, den Vorschub der Wanderroste von der größten bis zur geringsten erforderlichen Geschwindigkeit möglichst feinstufig einstellen zu können. Zu diesem Zweck erhielten die Wanderroste der Kessel Gleichstrom-Antriebsmotoren, die gemeinsam von einem Leonard-Aggregat, bestehend aus einem Drehstromantriebsmotor, einem Gleichstrom-Generator und einer Erregermaschine gespeist werden; auch dieses von der AEG gelieferte Maschinen-Aggregat wurde in der Reglerzentrale untergebracht und ist im Bilde zu sehen. An der Rückwand des Raumes ist der vom Belastungsregler betätigte feinstufige Nebenschlußwiderstand aufgestellt, der im Erregerkreis des Gleichstrom-Generators liegt und dessen Spannung und damit die Drehzahl der Rostantriebsmotoren regelt. Die infolge von ungleich auftretender Verschmutzung verschiedener Kessel oder aus anderen Gründen notwendig werdende Änderung der Lastverteilung wird durch Nebenschlußwiderstände an den Rostantriebsmotoren jedes Kessels eingestellt.

Die Anordnung der Regler in einer Zentrale hat sich wegen der Übersichtlichkeit und der leichten Überwachung bewährt, es kann jedoch auch jede andere den Verhältnissen angepaßte Anordnung gewählt werden, ohne den Erfolg des Reglerbetriebes zu beeinträchtigen.

Die Ergebnisse mehrjährigen Betriebes mit selbsttätigen Feuerreglern haben gezeigt, daß neben einer wesentlichen Beruhigung und Vereinfachung der Kesselbedienung außerordentlich gute Dauerwirkungsgrade und damit große Ersparnisse erzielt werden. Es wird daher der Einbau derartiger Regler künftig als Kennzeichen einer nach modernen und fortschrittlichen Gesichtspunkten geleiteten Kraftzentrale gelten können.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

A

## ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

## ABDAMPF-ENTÖLER
## PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

**Bühring A.-G.**
Landsberg (Bz. Halle)

## ABDAMPF-ENTÖLER

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

## ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

## VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft

## AUFZÜGE

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

## AUFZÜGE

Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A.-G.**
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

Der
Bezugsquellen-Nachweis
die
Zentralstelle
technischer Angebote

## AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

## AUFZÜGE

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

## AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

## AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

## AUFZÜGE

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
Gegründet 1861

MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
HAMBURG · FRANKFURT A. M.
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

## AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
## AUFZÜGE
## STAHL
Paternoster

Elektrozüge
**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

## AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**

## KRANE

**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

## AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

**Heime & Hans Herzfeld**
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
**Halle (Saale)**

B

## BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

D

## DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen,
Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.

**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

## DAMPFKESSEL UND DAMPFMASCHINEN

für alle Leistungen und Drücke

**Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe**

## DAMPFMESSER

**Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser**

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Lichtbogen-Schweißautomat

**Mitteilung der AEG.**

Die bekannten Vorzüge der elektrischen Lichtbogenschweißung, bedingt durch die rein örtliche Energieumsetzung in Wärme, führten in den letzten Jahren zu ihrer verstärkten Anwendung bei der Neuherstellung von Maschinenteilen, Behältern, Eisenkonstruktionen usw. Die Forderung der Serienfabrikation, die Gestehungskosten der Schweißgüter unter gleichzeitiger Steigerung ihrer Güte noch weiter herunterzusetzen, führte zur Entwicklung von Lichtbogen-Schweißautomaten.

Schweißautomaten ersetzen voll und ganz die Tätigkeit des Schweißers, indem sie den Naht- und insbesondere den Drahtvorschub besorgen. Die von dem Schweißer entweder durch ungenügende Übung oder durch den nicht vermeidbaren Elektrodenwechsel verursachten Ungleichmäßigkeiten in der Schweiße fallen bei der automatischen Lichtbogenschweißung praktisch fort. Sie erfordert nur die billigen, nackten Schweißdrähte in Ringform, die heutzutage in jeder Zusammensetzung zu haben sind. Ferner gestattet sie mit erheblich kleineren Schweißspannungen zu arbeiten. Dadurch können bis 100 vH höhere Schweißströme, die zur Steigerung der Arbeitsgeschwindigkeit beitragen, angewendet werden. Vorteilhaft ist ferner, daß der Automat die Schweißstromerzeuger bedeutend besser ausnutzt, weil die Leerlaufzeiten auf ein Mindestmaß herabgedrückt werden. Schließlich ergibt die Möglichkeit, nur angelerntes Personal zeitweise zur Bedienung des Automaten zu beschäftigen, große Lohnersparnisse.

Die AEG hat eine Reihe von Automaten für die zur Zeit vorliegenden Bedürfnisse herausgebracht. Es werden Apparate zum Schweißen von Behältern, Rohren, Hinterachsbrücken, verschlissenen Bandagen, Schaken, Wellen usw. hergestellt. Um vielseitige Anwendungsmöglichkeit zu sichern, wurden ihre Einzelteile genormt.

Man unterscheidet am Automaten im wesentlichen drei Bestandteile, den Schweißkopf für den Drahtvorschub, die Einrichtung für den Nahtvorschub und das Gestell bzw. den Tisch zur Aufnahme des Schweißgutes. Die von der AEG vorgesehene Regeleinrichtung für den Drahtvorschub stellt eine sehr glückliche Lösung dar. Im Gegensatz zu anderen Konstruktionen wird der Lichtbogen nur von Relais und magnetischen Umschaltkupplungen gesteuert, wodurch eine fast augenblickliche Auslösung der einzelnen Schaltimpulse erfolgt. Es werden für die einzelnen Getriebe Drehstrom-Motoren benutzt, die konstant mit gleicher Drehrichtung und gleicher Drehzahl laufen. Die Veränderung der Geschwindigkeiten erfolgt an Reibradgetrieben, die durch Zahnräder mit den Walzen zum Drehen des Schweißgutes bzw. mit einer Achse des den

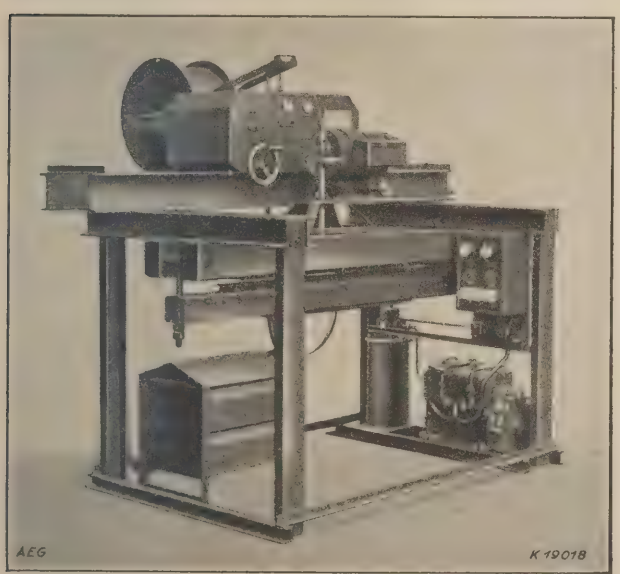



Abb. 1 Längsnahtschweißautomat für Rohre

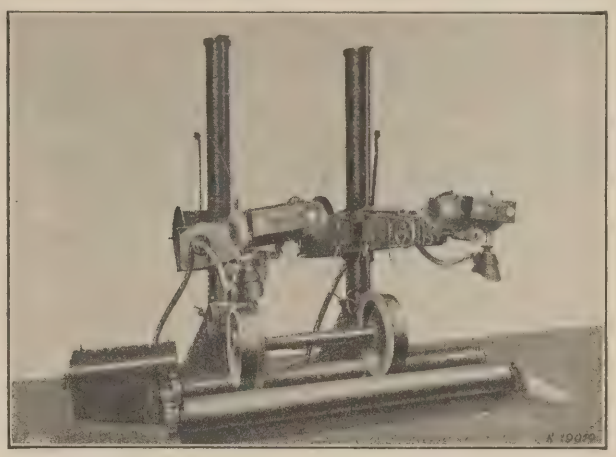



Abb. 2 Universalschweißautomat für Radbandagen

Schweißkopf und die zugehörige Einrichtung tragenden Wagens und mit zwei umlaufenden Magneten gekuppelt sind. Zwischen den letztgenannten befindet sich eine mit dem Kordelrad verbundene Ankerscheibe. Da die Relais zum Schweißstromkreis abhängig geschaltet sind und mit den magnetischen Umschaltkupplungen in Verbindung stehen, wird je nach den Erfordernissen der Draht vor- oder zurückgeschoben.

Abb. 1 zeigt einen Automaten für Behälter- oder Rohrschweißungen. Das Schweißgut wird mittels Kupferstempel, die durch Preßluft betätigt werden können, in das aus Profileisen bestehende Gestell eingespannt. Der eigentliche Automat läuft auf zwei am Gestell angebrachten Schienen. Man sieht deutlich, wie das Kordelrad am Schweißkopf den Draht von der Haspel durch die Düse der Schweißnaht zuführt. Der Draht verursacht bei der Berührung mit dem Werkstück einen Kurzschluß und geht nach diesem zur Lichtbogenbildung zurück. Hiernach wird der Vorschub durch das auf die Lichtbogenspannung ansprechende Relais umgeschaltet und der Draht läuft vorwärts. Zum gleichen Zeitpunkt erfolgt die Einschaltung des Nahtvorschubes. Einleitung und Durchführung des Schweißprozesses erfolgt also vollkommen selbsttätig.

Zum Schweißen von Rippenplatten an Eisenschwellen ist ebenfalls ein Automat hergestellt worden, der zugleich zwei Platten vollkommen selbsttätig anschweißt.

Abb. 2 zeigt einen Automaten zum Wiederherstellen verschlissener Radbandagen. Diese Anlage besteht im wesentlichen aus zwei Schwenkarme tragenden Säulen und den Transportwalzen zum Drehen des Schweißgutes. An den Schwenkarmen sitzen die Schweißköpfe und Getriebe, die den Schweißkopf horizontal zur Erzielung spiralförmiger Raupen verschieben. An den Säulen vorgesehene Motoren dienen zur Vertikalverschiebung der Schwenkarme.

Die Anlage kann ohne Hebezeuge beschickt werden, da man nur den Radsatz auf einen Steg und dann die Transportwalzen mittels Preßluft hochzuheben braucht. Eine sinnreiche Vorrichtung ermöglicht, zur Erzielung hoher und niedriger Verschleißfestigkeit beliebig zusammengesetzte Schweißdrähte zu verarbeiten. Durch die automatische Querverstellung ist es nunmehr unnötig, den Automaten während des Schweißprozesses zu bedienen. Es werden Raupe neben Raupe und Lage über Lage spiralförmig geschweißt und dadurch größte Gleichmäßigkeit bei geringstem Zeitaufwand erreicht.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


## A

### ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer ::
Abgas-Saugzug-Anlagen
:: Abgas-Economiser
Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

### ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

### VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

### AUFZÜGE

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

### AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A.-G.**
Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

### AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

### AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung
Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik
**Gustav Ad. Koch**
Hamburg 39

### AUFZÜGE

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

### AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

### AUFZÜGE

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

### AUFZÜGE

AUFZUGSWERKE
**Schmitt & Sohn**
Gegründet 1861
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
HAMBURG · FRANKFURT a. M.
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

### AUFZÜGE

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art

**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-

### AUFZÜGE STAHL

Paternoster

Elektrozüge

**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

**Der Bezugsquellen-Nachweis die Zentralstelle technischer Angebote**

### AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

## B

### BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

## D

### DAMPF-DRUCKVERMINDERER

**Gebr. Poensgen A.-G.**
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

### DAMPFENTÖLER

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

### DAMPFHÄMMER

bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,
Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen,
Akkumulatoren usw.
Ganze Walzwerkseinrichtungen
Adjustagemaschinen usw.

**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

### DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

### DAMPFMESSER

Wasser-, Gas-, Luft- und Inhaltsmesser mit Schreiber und Zähler
Kesselschilder und Kontrollstationen

**ELEKTROFLO**
Berlin W 35 Tel.: Kurfürst 6919

### DAMPFMESSER

**Wassermesser**
**Luftmesser**
System „Klinkhoff-Zelenka" mit dem patentierten Wälzhebelpaar
**Rauchgasprüfer**
Temperatur-Kontrollgeräte
Wasserstandsanzeiger
Kesselschilder

**Klinkhoff Apparatebau-G. m. b. H.**
Berlin SW 48, Wilhelmstr. 30-31
Prag — Wien — Mailand


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Starkstrom-Kondensatoren zur Leistungsfaktor-Verbesserung.

**Mitteilung der AEG.**

Durch den wachsenden Anschluß der Industrie und des Großgewerbes an die Elektrizitätswerke mußten die Folgen einer erhöhten Netzphasenverschiebung bei der technischen und finanziellen Betriebsführung dieser Werke in erhöhtem Maße berücksichtigt werden. Die Werke waren gezwungen, sich durch Schaffung besonderer Stromtarife gegen eine Belastung mit einem schlechten Leistungsfaktor zu sichern. So entwickelten sich verschiedene Stromtarife, hauptsächlich gebräuchlich, der kVA- oder Scheinleistungstarif und der Blindverbrauchstarif. Beide Tarifarten haben in ihrer Auswirkung grundsätzlich das gleiche Ziel, dem Abnehmer die Energieeinheit (kWh) in Abhängigkeit vom Leistungsfaktor zu berechnen. Durch die Einführung des cos $\varphi$ in die Stromtarifverträge ist die Frage des Leistungsfaktors jedes einzelnen Abnehmers zu einer Wirtschaftsfrage für ihn geworden. Da der Leistungsfaktor durch die Belastung der vorhandenen Motoren und Transformatoren bedingt wird, so ist man gezwungen, ihn durch Aufstellung besonderer Kompensationseinrichtungen zu verbessern. Neben dem Anschaffungspreis für die Phasenverbesserungsanlage ist es von hoher Bedeutung, daß die Grundbelastung des Betriebes durch diese nicht vergrößert wird. Es muß also der von ihr benötigte Wirkverbrauch äußerst gering sein. Dieser Forderung genügen in idealer Weise die Starkstrom-Kondensatoren, deren Eigenverbrauch so klein ist, daß er praktisch vernachlässigt werden kann.

Auch für die Betriebe mit einer eigenen elektrischen Zentrale ist die Frage des Leistungsfaktors von wirtschaftlicher Bedeutung. Infolge eines schlechten Leistungsfaktors kann der elektrische Teil eines Turbo-Aggregates in bezug auf seine Scheinleistungsabgabe überlastet sein, während der dampftechnische Teil noch nicht voll ausgenützt ist. Durch Aufstellung einer Phasenverbesserungs-Einrichtung kann dieser Nachteil behoben werden. Bei Vergrößerung eines Betriebes mit einer eigenen elektrischen Zentrale kann in sehr vielen Fällen durch die Anschaffung einer Leistungsfaktor-Verbesserungsanlage die Aufstellung eines neuen Turbo-Aggregates umgangen werden. Auch in diesem Falle wird den Kondensatoren als Kompensationseinrichtung der Vorzug zu geben sein, da sie infolge ihres äußerst geringen Eigenverbrauches praktisch keine Mehrbelastung der Zentrale zur Folge haben.

**Abb. 1. Drehstrom-Kondensator Batterie 75BkW, 380 V, 50 Hz**

Die Aufstellung der Kondensatoren wird günstigerweise an einem zentralen Punkt des Betriebes vorgenommen. In manchen Fällen wird es sich empfehlen, die Kondensatoren in den einzelnen Speisepunkten einer verzweigten Anlage unterzubringen. Die Kondensatoren werden von der AEG in Einheiten bis zu 350 BkW zum Anschluß an Drehstrom von 220, 380, 500, 3000, 5000 und 6000 V gebaut. Die einfache, gediegene Ausführung der Kondensatoren ermöglicht ihre Aufstellung in jedem Raume, in dem die in unmittelbarer Nähe der Kondensatoren gemessene Temperatur nicht über 35 ° steigt, und zwar ohne besondere Fundamente. Abb. 1 gibt eine Batterie mit einer Gesamtleistung von 75 BkW wieder, die aus 15 Kondensatoren mit einer Einzelleistung von 5 BkW bei 380 V, 50 Per/s zusammengesetzt ist. Die Kondensatoren der größeren Einheiten über 50 BkW können auch im Freien aufgestellt werden, wie Abb. 2 zeigt. Sie stellt drei Starkstrom-Kondensatoren mit je einer Leistung von 280 BkW bei 400 V, 50 Per/s dar, die zu einer Batterie von 840 BkW parallel geschaltet sind. Die Überdachung der Batterie ist nur deshalb vorgenommen, weil in der Nähe viel Staub von einer Gießerei entwickelt wird. Die erwähnten Eigenschaften gestatten ihre ohne besondere Kosten verbundene Unterbringung in jedem Betriebe. Die Parallelschaltung der Kondensatoren zu Batterien gewährt eine Anpassung an die zu kompensierende Blindleistung. Außerdem kann die Batterie jederzeit durch Aufstellung eines oder mehrerer Kondensatoren erweitert werden, ohne daß die vorhandene Kompensationsanlage geändert zu werden braucht.

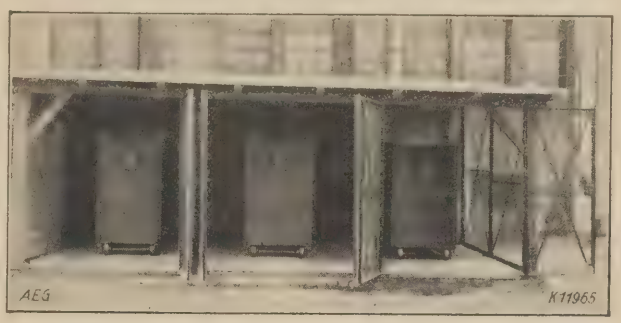



**Abb. 2. Drehstrom-Kondensator Batterie 840 BkW, 400 V, 50 Hz**

Außer durch den geringen Eigenverbrauch der Starkstrom-Kondensatoren, der unter 1 %, bezogen auf die von ihnen aufgenommene Nennleistung, liegt, zeichnen sie sich dadurch aus, daß sie keine Unkosten für Bedienung und Wartung verursachen.

Die einzelnen Phasen der Kondensatoren bestehen aus Wickelelementen, die sich aus abwechselnden Lagen von Metallfolie und Papier zusammensetzen und in einem mit Spezialöl gefüllten Kasten untergebracht werden; mehrere dieser Elemente sind zu einem Drehstrom-Kondensator vereingt. Die einzelnen Zuleitungen werden an drei Klemmen geführt, von denen aus der Anschluß des Kondensators bzw. einer Batterie an das Netz über einen Schaltapparat erfolgt. Zur Schaltung von Batterien bis zu 50 BkW können Luftschalter verwendet werden, während bei den großen Kondensator-Einheiten Ölschalter zu wählen sind. Um eine gefahrenlose Bedienung der Kondensatoren zu gewährleisten, sind zwischen den einzelnen Phasen Entladungswiderstände vorgesehen, über die sich nach erfolgter Abschaltung die auf den einzelnen Belegungen verbleibende elektrostatische Energie ausgleichen und abfließen kann.

Die große Betriebssicherheit der von der AEG hergestellten Starkstrom-Kondensatoren, die sich in jahrelangen Erfahrungen bestätigt hat, wird durch eine scharfe und eingehende Prüfung nach jedem Fabrikationsgang gewährleistet. Diese Prüfungen finden ihren Abschluß in einem längeren Überlastungsversuch, in dem die Kondensatoren an eine bedeutend höhere Betriebsspannung als ihre Nennspannung gelegt werden.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

**ABDAMPF-ENTÖLER**
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

„BÜHRING" D.R.P. mit Ölrückgewinnung

Preßluft-Entöler D.R.P.

Entöler

Vorwärmer

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

**ABDAMPF-ENTÖLER**

Sack & Klesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren

Bopp & Reuther G. m. b. H. Mannheim-Waldhof

**GESCHMIEDETE ARMATUREN**

für höchste Drücke und chemische Werke

Rheinische Armaturen- und Maschinenfabrik vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H. Saarbrücken
Kein Zoll!

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H. Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

CARL **Flohr** A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER

Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G. Karlsruhe-Bulach

**AUFZÜGE**

für Personen, Lasten, Speisen, Akten

Heime & Hans Herzfeld
Maschinen- u. Apparate-Fabrik
Halle (Saale)

**AUFZÜGE**

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale: Berlin NW 7
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

Bei Erteilung

eines Jahresauftrages

(52 Anzeigen)

kostet dieser Raum

(70 mm)

Mk. 35.28 netto

pro Einschaltung

**AUFZÜGE**

Paternoster-Aufzüge
Personen-Aufzüge mit Feineinstellung
Lasten-Aufzüge

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

**AUFZÜGE**

SCHINDLER 1874

jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H. Berlin SW 29, Kopischstr. 1

**AUFZÜGE**

AUFZUGSWERKE

**Schmitt u. Sohn**

Gegründet 1861

MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
HAMBURG · FRANKFURT a. M.
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane
Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge
R. Stahl, A.-G. Stuttgart

**AUFZÜGE**

aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**
**KRANE**
**Transportband-Anlagen**
**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

**BRUNNENBAU**

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H. Mannheim-Waldhof 7


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# Elektrische Schweißung in Gas- und Wasserwerken.

**Mitteilung der AEG.**

Zu den modernen Arbeitsmethoden für den Bau von Behältern und Rohrleitungen in Gas- und Wasserwerken sowie für deren Instandhaltung gehört in erster Reihe die Lichtbogenschweißung und die elektrische Abschmelz-Stumpfschweißung. Insbesondere für die Instandhaltung zeigt sich die Überlegenheit der Schweißung gegenüber den früheren Verfahren durch Verschraubungen und Vernietungen.

Von den verschiedenen Schweißverfahren hat das elektrische den besonderen Vorzug, da die zu verbindenden Teile nur örtlich erwärmt zu werden brauchen. Hierdurch wird vor allen Dingen die Dauer des Schweißens verkürzt und die überflüssige und schädliche Erwärmung der zu verschweißenden Stücke außerhalb der Schweißstelle vermieden. Dieser letztgenannte Nachteil muß bei nichtelektrischem Schweißen in Kauf genommen werden. Durch die außen zugeführte Wärme entstehen Wärmewirkungen und Spannungen, deren Folge ein Verziehen und Reißen der Schweißnähte ist.

Aus alledem ergibt sich die Überlegenheit der elektrischen Schweißung in wirtschaftlicher als auch in technologischer Hinsicht und hat dazu geführt, daß die Gas- und Wasserwerke sich die entsprechenden Schweißeinrichtungen beschaffen.

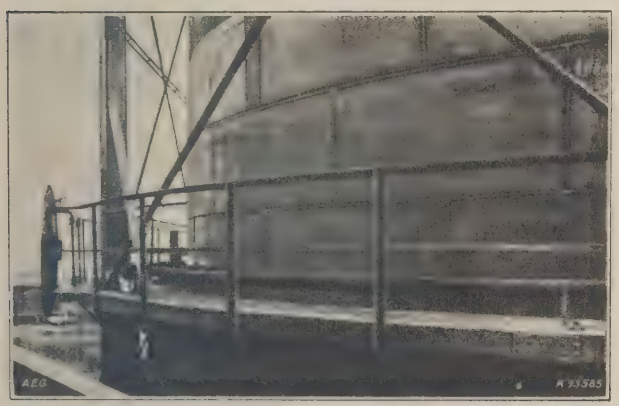



**Abb. 1. Während des Betriebes mittels Lichtbogenschweißung ausgebesserter Gasbehälter.**

Abb. 1 zeigt eine ausgeführte Reparatur eines Gasbehälters, an dem die unteren Rohrschüsse durchgerostet waren. Durch Anwendung der elektrischen Schweißung konnten die erforderlichen Schweißarbeiten ohne Unterbrechung des Betriebes an dem Gasbehälter vorgenommen werden.

Neuerdings kommen schmiedeeiserne Rorleitungen zur Anwendung, die durch elektrische Schweißung miteinander verbunden werden. Die Rohrenden werden ineinander geschoben und in der Rundnaht verschweißt. Da sich elektrische Lichtbogenschweißungen sehr leicht auch von unten nach oben ausführen lassen, ist die erforderliche Rohrschweißverbindung auf elektrischem Wege besonders zu bevorzugen. Die Rohrleitungen brauchen während des Schweißens nicht mehr gedreht zu werden, weil ein geübter Lichtbogenschweißer den unteren Rohrbogen mit der gleichen Sicherheit wie horizontal schweißt.

Abb. 2 zeigt ein transportables Aggregat mit Motorantrieb, das sowohl in der Reparaturwerkstatt als auch auf Montage verwendet werden kann. Es eignet sich zum Verschweißen von Eisenblechen bis etwa 20 mm Wandstärke bei einer Stromstärke von 100 bis 300 A und etwa 20 V Lichtbogenspannung. Der Schweißdraht hat 4 bis 5 mm Stärke.

Abb. 3 zeigt einen Lichtbogen-Schweißgenerator, der mit einem Spezialbenzinmotor gekuppelt ist. Sie kommen auf freien Streken zur Verwendung, um unabhängig von elektrischen Leitungsnetzen arbeiten zu können.

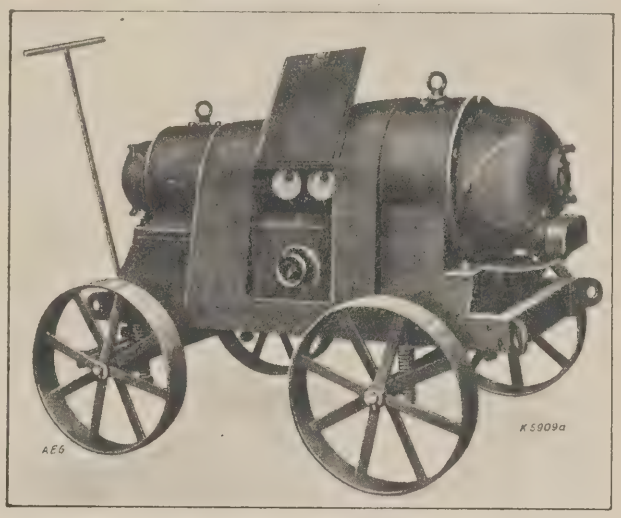



**Abb. 2 Fahrbarer Lichtbogenschweiß-Umformer.**

Sollen an Rohrleitungen bis etwa 150 mm Durchmesser Verschweißungen vorgenommen werden, dann kann die elektrische Abschmelz-Stumpfschweißung zur Anwendung kommen, wobei die zu verschweißenden Rohre als Widerstand in den Niederspannungsstromkreis eines Schweißtransformators eingeschaltet und nach dem Widerstandsprinzip erhitzt und verschweißt werden. Die elektrische Abschmelzschweißung ist in bezug auf Dehnung und Fertigkeit so vollwertig, daß keine Bedenken bestehen, auch kleinere Rohrabschnitte wieder zu normalen Längen zu vereinen und brauchbar zu machen.

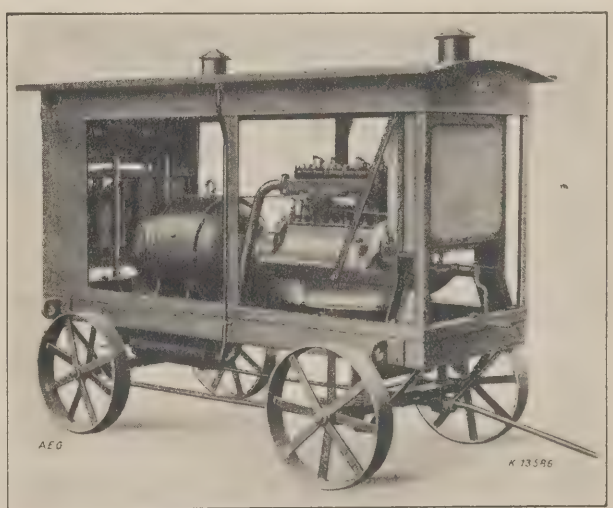



**Abb. 3. Fahrbares benzinelektrisches Schweißaggregat.**

Auch zum Biegen von Rohren kann die elektrische Widerstands-Schweißmaschine sehr gut als Erhitzungsmaschine Verwendung finden. Das Rohr wird hierbei mit entsprechender Länge in den Schweißstromkreis eingeschaltet, erhitzt und gebogen.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


A

ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57

ABDAMPFENTÖLER

Dampftrockner, Reiniger

APPARATEBAU LUFT DAMPF GAS JUWIL Reinigung Entstaubung Desodorisierung Entölung Entwässerung Umformung

Julius Wilisch
Wurzen Sa.

ARMATUREN

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

Bopp & Reuther G.m.b.H. Mannheim-Waldhof

VAG ARMATUREN

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H. Mannheim Verkaufsgesellschaft.

AUFZÜGE

BRACKER

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

G. D. Bracker Söhne Maschinenbau-Aktiengesellschaft Hanau a. M.

AUFZÜGE Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

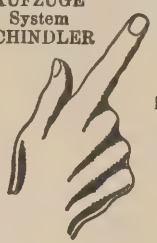
CARL Flohr A-G

Berlin N 4, Chausseestraße 35.

Größte deutsche Aufzugsfabrik. Bisher über 30000 Anlagen geliefert. Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

AUFZÜGE

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE Bremsmotoren Bremsmagnete Komplette Aufzugs-Winden

Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G. Karlsruhe-Bulach

AUFZÜGE

Personen- und Lastenaufzüge mit und ohne Feineinstellung

Paternosteraufzüge für Personen oder Waren

Maschinenfabrik Gustav Ad. Koch Hamburg 39

AUFZÜGE

Aug. Kühnscherf & Söhne

Spezialfabrik für Aufzüge

Dresden A. 1 Gr. Plauensche Str. 20

Filiale: Berlin NW 7 Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

AUFZÜGE

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

Gustav Linse
Spezialfabrik für Aufzüge
Erfurt
Fernruf 2452

SCHINDLER 1874

AUFZÜGE jeder Art und Größe

Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H. Berlin SW 29, Kopischstr. 1

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (40 mm) Mk. 20,16 netto pro Einschaltung

AUFZÜGE

AUFZUGSWERKE Schmitt & Sohn

Gegründet 1861

MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN HAMBURG · FRANKFURT A. M. FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

AUFZÜGE

für Lasten und Personen

Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft

Krane Winden aller Art

Fr. Schüle & Co.
Aufzugs- und Hebezeugfabrik Feldkirchen b. München

Personen- u. Lasten-AUFZÜGE STAHL Paternoster

Elektrozüge

R. Stahl, A.-G. Stuttgart

AUFZÜGE

aller Art — Feineinstellung

Personenpaternoster

KRANE

Transportband-Anlagen

Gebrüder Weismüller
Frankfurt a. M.-West

AUTOGENE

Schweiß- und Schneid-Anlagen mit sämtlichem Zubehör

Gaswerkzeuge für alle Gasarten.

HH Heime & Hans Herzfeld Maschinen- u. Apparate-Fabrik Halle (Saale)

B

BRUNNENBAU

Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

Reuther Tiefbau G. m. b. H. Mannheim-Waldhof 7

D

DAMPF-DRUCKVERMINDERER

Gebr. Poensgen A.-G. Maschinenfabrik Düsseldorf-Rath 71

DAMPFENTÖLER

Sack & Kiesselbach Maschinenfabrik G. m. b. H. Düsseldorf-Rath

DAMPFHÄMMER

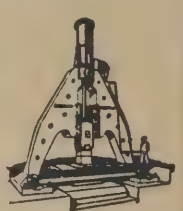
bis 20000 kg Fallgewicht

Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.



J. Banning, A.-G., Hamm i. W.

DAMPFMESSER

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

Bopp & Reuther G.m.b.H. Mannheim-Waldhof

DAMPFMESSER

Wasser-, Gas-, Luft- und Inhaltsmesser mit Schreiber und Zähler Kesselschilder und Kontrollstationen

ELEKTROFLO
Berlin W 35 Tel.: Kurfürst 6919


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

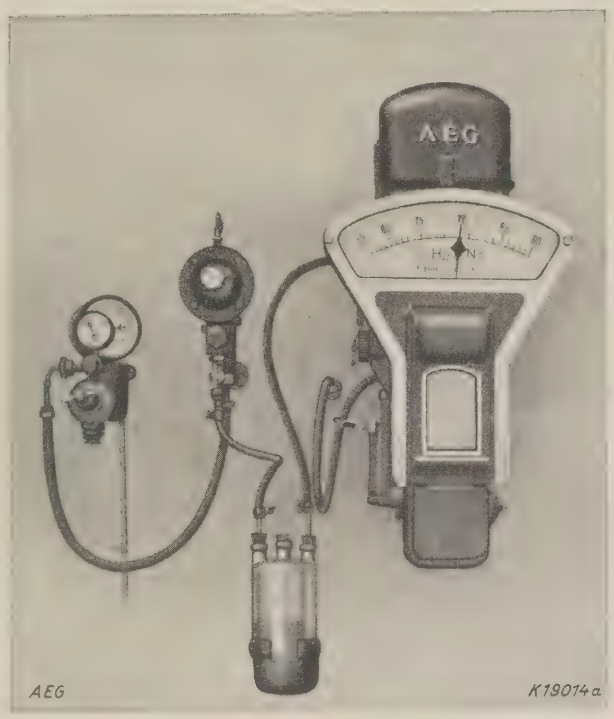
# Der Ranarex-Apparat in der chemischen Industrie.

Mitteilung der AEG.

Der technische und wirtschaftliche Erfolg eines Produktionsvorganges ist wesentlich bestimmt durch die Einhaltung seines vorgeschriebenen Verlaufs, der bei rationellem Betrieb durch geeignete Meßinstrumente überwacht und registriert werden muß. Besonders die chemische Industrie kennt Arbeitsvorgänge, bei denen die Kontrolle durch Meßinstrumente nicht entbehrt werden kann; in vielen Fällen haben jedoch bisher geeignete Meßgeräte, z. B. für die Bestimmung von Gasgemischen, gefehlt. Diese Lücke wird durch den Ranarex-Apparat ausgefüllt, der weit über das ursprüngliche Anwendungsgebiet der Rauchgasanalyse hinaus geeignet ist, die Zusammensetzung vieler Gasgemische durch Vergleichswägung zu bestimmen. Eine große Anzahl von Ranarex-Apparaten in Sonderausführung wurde bereits für die besonderen Verhältnisse in chemischen und verwandten Betrieben durchgebildet und geliefert. Sie haben bisher mit bestem Erfolge gearbeitet.

In der gleichen Weise wie beim Rauchgasprüfer haben diese Spezialapparate zwei Meßkammern; zwei von einem Motor in entgegengesetzter Richtung angetriebene Flügelräder erteilen dem Kammerinhalt eine starke Wirbelbewegung. In diese Wirbel hineingesetzte Meßrädchen erfahren eine Drehkraft, die dem spezifischen Gewicht des ungewirbelten Gases direkt proportional ist und auf einen Zeiger übertragen wird. Das zu untersuchende Gasgemisch wird in die obere Meßkammer eingesaugt, während sich in der unteren Kammer die Vergleichluft befindet.

Die Abbildung zeigt einen Ranarex-Apparat in einer Fabrik für synthetischen Ammoniak; die Erzeugung wird mit 4 Ranarex-Apparaten zur Bestimmung von Wasserstoff-Stickstoff-Gemischen und zwei Apparaten zur Messung des Luftgehaltes im Ammoniak überwacht; andere Werke haben bis zu zehn Ranarex-Apparate für derartige Messungen eingebaut.




Ranarex-Wasserstoffmesser in einem Stickstoffwerk.

Der für die Ammoniakerzeugung erforderliche Wasserstoff wird in der erstgenannten Fabrik aus Koksgas gewonnen, das nach einer Vorreinigung in einem Gasbehälter gespeichert wird; in besonderen Reinigungssäulen wird das Gas weiter von Benzol, Kohlensäure und Schwefelverbindungen befreit; aus dem gereinigten Koksgas, das im wesentlichen aus Wasserstoff, Kohlenoxyd und Methan besteht, wird der Wasserstoff in einer besonderen Apparatur ausgezogen und in einem Gasbehälter gesammelt. Der für die Synthese des Ammoniaks notwendige Stickstoff wird mit Hilfe eines Apparates für Luftverflüssigung und Stickstofferzeugung aus der Luft gewonnen, die verdichtet, von Kohlensäure getrennt und getrocknet wird. Die so erhaltenen Gase werden von einem Hochdruckkompressor auf einen Druck von etwa 200 atü gebracht, wobei ein Mischungsverhältnis von ungefähr einem Raumteil Stickstoff zu drei Raumteilen Wasserstoff eingehalten werden muß, um eine möglichst vollkommene chemische Bindung der Gase zu erreichen. Hinter dem Hochdruckverdichter werden die Meßgase für die Ranarex-Apparate entnommen und das Gasgemisch geprüft; die Apparate sind mit einer Skala von 60 bis 85 % $H_2/N_2$ ausgerüstet und das Meßsystem dementsprechend geeicht; das richtige Mischungsverhältnis ist vorhanden, wenn der Apparat einen Wasserstoffgehalt von 70 % anzeigt. Bei Abweichungen von diesem Wert muß das Mischungsverhältnis entsprechend geändert werden.

Die den Ranarex-Apparaten zugeführten Meßgase dürfen in die Meßkammern nur mit einem Überdruck von wenigen Millimetern Wassersäule eintreten, der möglichst konstant gehalten werden muß; der Druck der Meßgase von etwa 200 atü wird daher mit einer besonderen Reduziervorrichtung auf den erforderlichen Druck herunter gemindert. Zu diesem Zweck sind zwei hintereinander geschaltete Regelventile vorgesehen, durch welche die für die Messung erforderliche Gasmenge von etwa 250 l/h auf einen Druck von 5 mm Wassersäule entspannt wird. Die aus dem Apparat austretenden Meßgase werden ins Freie geleitet.

Gleichzeitig mit der Anzeige wird das Mischungsverhältnis fortlaufend registriert; die mit dem Apparat zusammengebaute Registriervorrichtung zeichnet die Meßwerte durch eine in jeder Minute einmal erfolgende Lochung auf einem Papierstreifen auf, dessen stündlicher Vorschub etwa 40 mm beträgt. Diese Art der Aufzeichnung vermeidet die oft umständliche Verwendung von Tinte und Feder und erfordert daher keine Wartung. Die Registrierstreifen geben einen vorzüglichen Überblick über die Zusammensetzung des Gasgemisches während eines beliebigen Zeitabschnittes und gestatten eine nachträgliche Kontrolle des Betriebes.

In ähnlicher Weise arbeiten die in den Produktionsgang eingeschalteten Ranarex-Ammoniakmesser. Diese Apparate messen den Reinheitsgrad des erzeugten Ammoniakgases und geben die Luftbeimengungen in Hundertteilen des Volumens an; sie sind für einen Meßbereich von 0 bis 10% Luft in Ammoniak geeicht und haben eine entsprechende Skala. Die Meßwerte werden ebenfalls fortlaufend aufgezeichnet. Alle mit den Meßgasen in Berührung kommenden Apparatteile sind aus Aluminium, nichtrostendem Stahl oder Nickel hergestellt; diese Werkstoffe werden von den Ammoniakgasen nicht angegriffen und gewährleisten daher einen einwandfreien Dauerbetrieb.

Die Anwendungsmöglichkeiten des Ranarex-Apparates insbesondere in der chemischen Industrie sind sehr vielseitig. Durch Einbau des Apparates an geeigneter Stelle können wertvolle Anhaltspunkte für die wirtschaftliche Durchführung von Betriebsvorgängen gewonnen werden. Die Ausgaben für die Beschaffung eines Ranarex-Spezialapparates sind gering im Verhältnis zu den Ersparnissen und werden durch diese schon in kurzer Zeit wieder eingebracht.

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## A

**ABAS ABDAMPF-AUSNUTZUNG**

Abdampf-Lufterhitzer :: Abgas-Saugzug-Anlagen :: Abgas-Economiser Abgas-Lufterhitzer ::

**Abwärme-Ausnutzung u. Saugzug G. m. b. H. „ABAS", Berlin W 57**

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**
PRESSLUFT-ENTÖLER D.R.P.

**Bühring A.-G.**
Landsberg (Bz. Halle)

---

**ABDAMPF-ENTÖLER**

**Sack & Kiesselbach**
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

---

**ARMATUREN**

für Wasser-, Gas-, Dampf-, Säure- u. sonstige Rohrleitungen, Patentventile für Hoch- und Niederdruckleitungen, Kondenswasserabscheider und Kondenstöpfe.

Spezialfabrikation seit mehr als 50 Jahren.

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**VAG ARMATUREN**

für Wasser-, Gas- und sonstige Rohrleitungen, wie Absperrschieber, Hydranten, Ventilbrunnen, Ventilrohrschellen, Dampfabsperrschieber, Heißgasschieber.

**Vereinigte Armaturen-Gesellschaft m. b. H.**
Mannheim
Verkaufsgesellschaft.

---

**AUFZÜGE**

**BRACKER**

Aufzüge jeder Betriebsart und Größe
Patentsteuerung für hydraulische Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

---

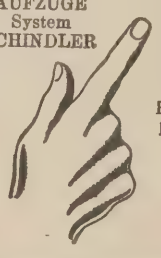
**AUFZÜGE** Hebezeuge, Fahrtreppen, Elektromotoren

**CARL Flohr A.-G.**
Berlin N 4, Chausseestraße 35.
Größte deutsche Aufzugsfabrik.
Bisher über 30000 Anlagen geliefert.
Reparaturen und Revisionen aller Systeme im Abonnement.

---

**AUFZÜGE**

Elektrische AUFZÜGE System SCHINDLER



Elektrische Steuerungen und Apparate für AUFZÜGE
Bremsmotoren
Bremsmagnete
Komplette Aufzugs-Winden

**Hebezeug- u. Motorenfabrik A.-G.**
Karlsruhe-Bulach

---

**AUFZÜGE**

**Aug. Kühnscherf & Söhne**

Spezialfabrik für Aufzüge

**Dresden A. 1**
Gr. Plauensche Str. 20

Filiale:
**Berlin NW 7**
Universitäts-Str. 3b

Über ½ Jahrhundert Aufzugbau

---

**AUFZÜGE**

für alle Zwecke und jeder Größe mit und ohne Treibscheiben sowie Feineinstellung

**Gustav Linse**
Spezialfabrik für Aufzüge
**Erfurt**
Fernruf 2452

---

**SCHINDLER 1874 AUFZÜGE**
jeder Art und Größe

**Schindler Aufzügefabrik G. m. b. H.**
Berlin SW 29, Kopischstr. 1

---

Der
Bezugsquellen-Nachweis
die
Zentralstelle
technischer Angebote

---

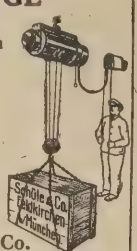
**AUFZÜGE**

AUFZUGSWERKE
**M. Schmitt u. Sohn**
Gegründet 1861
MÜNCHEN · NÜRNBERG · ESSEN
HAMBURG · FRANKFURT A. M.
FACHFABRIKEN FÜR AUFZÜGE.

---

**AUFZÜGE**

für Lasten und Personen
Elektro-Züge 150–5000 kg Tragkraft
Krane
Winden aller Art




**Fr. Schüle & Co.**
Aufzugs- und Hebezeugfabrik
Feldkirchen b. München

---

Personen- u. Lasten-
**AUFZÜGE**
**STAHL**
Paternoster

Elektrozüge
**R. Stahl, A.-G.**
Stuttgart

---

**AUFZÜGE**
aller Art — Feineinstellung
**Personenpaternoster**

**KRANE**
**Transportband-Anlagen**

**Gebrüder Weismüller**
Frankfurt a. M.-West

---

## B

**BRUNNENBAU**
Tiefbohrungen, Rohrfilterbrunnen, Wasserwerksbau

**Reuther Tiefbau G. m. b. H.**
Mannheim-Waldhof 7

---

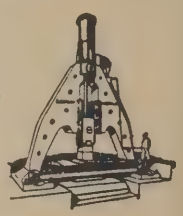
## D

**DAMPFHÄMMER**
bis 20000 kg Fallgewicht
Lufthämmer,

Rein- u. dampfhydr. Schmiedepressen, Akkumulatoren usw.

Ganze Walzwerkseinrichtungen

Adjustagemaschinen usw.



**J. Banning, A.-G., Hamm i. W.**

---

**DAMPFMESSER**

Reuther Dampfuhren, Venturi-Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., elektrische Fernübertragungen, Kesselspeise-Heißwassermesser u. Preßluftmesser

**Bopp & Reuther**
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

---

**DAMPFMESSER**

Wasser-, Gas-, Luft- und Inhaltsmesser mit Schreiber und Zähler
Kesselschilder und Kontrollstationen

ELEKTROFLO
Berlin W 35 Tel.: Kurfürst 6919

---

**DAMPFMESSER**
**Wassermesser**
**Luftmesser**
System „Klinkhoff-Zelenka" mit dem patentierten Wälzhebelpaar
**Rauchgasprüfer**
Temperatur-Kontrollgeräte
Wasserstandsanzeiger
Kesselschilder

**Klinkhoff Apparatebau-G. m. b. H.**
Berlin SW 48, Wilhelmstr. 30-31
Prag — **Wien** — Mailand

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

LE

# V·D·I

# ZEITSCHRIFT DES VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE

**Bd. 73** **Berlin, 28. Dezember 1929** **Nr. 52**

**Aus dem Inhalt** ★ Hafenanlagen in Bremen / Dornier-Flugschiff Do X / Kabelwerk / Rahmentafeln für Wasserdampf / Vorspannungen in Zylinderdeckeln / Ultrarote Strahlen / Schnelldampferantrieb / Gestaltung des Flugmotors / Wärmetechnische Prüfung / Großküchenbetrieb ★ **Seite 1837 bis 1868**

(Vollständiges Inhaltverzeichnis S. 1868 des Textteils)

Sulzer

ZWEITAKT-DIESELMOTOREN

FÜR ÜBERLANDZENTRALEN, BAHNKRAFTWERKE ETC.

GEBRÜDER SULZER
Aktiengesellschaft, Winterthur (Schweiz)

GEBRÜDER SULZER
Aktiengesellschaft, Ludwigshafen a. Rh.

**Bezugsbedingungen, Anzeigenpreise, Anschriften, Nachweis der angekündigten Erzeugnisse und Beilagenverzeichnis siehe Seite 46 und 47.**

**Die Bezugsgebühr für das 1. Vierteljahr 1930 ist am 1. Januar 1930 fällig.**

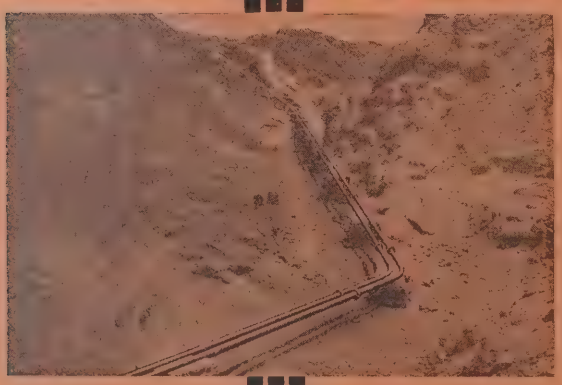
# Steinmüller Rohrleitungen

**Vollständige** Rohrleitungsanlagen bis zu größtem Lieferungsumfang erstellt, u. a. für eine Kraftanlage, die aus über 50 Kesseln, 11 Turbinen und den dazugehörigen Speisepumpen besteht. Weitere Nachbestellungen für dieselbe Anlage in Ausführung.

**Ausführung** erfolgt in unseren mit den modernsten Einrichtungen ausgestatteten **Werkstätten für Rohrleitungsbau** bis zu den

**höchsten Drücken.**

**Dem neuesten Stande der Technik** entsprechend erfolgt die Herstellung der Rohrleitungen durch **Zusammenschweißen von Rohren** mit **erhöhter Sicherheit durch Laschen** (D.R.P.)



Allgemein Wegfall der früher benutzten Flanschen

daher
keine Undichtigkeiten,
bedeutende Wärmeersparnis,
billig in der Anschaffung,
geringe Unterhaltungskosten.

Besonders geeignet für Fern-Leitungen.

Wo Flansche sich nicht vermeiden lassen, benutzen wir unsere

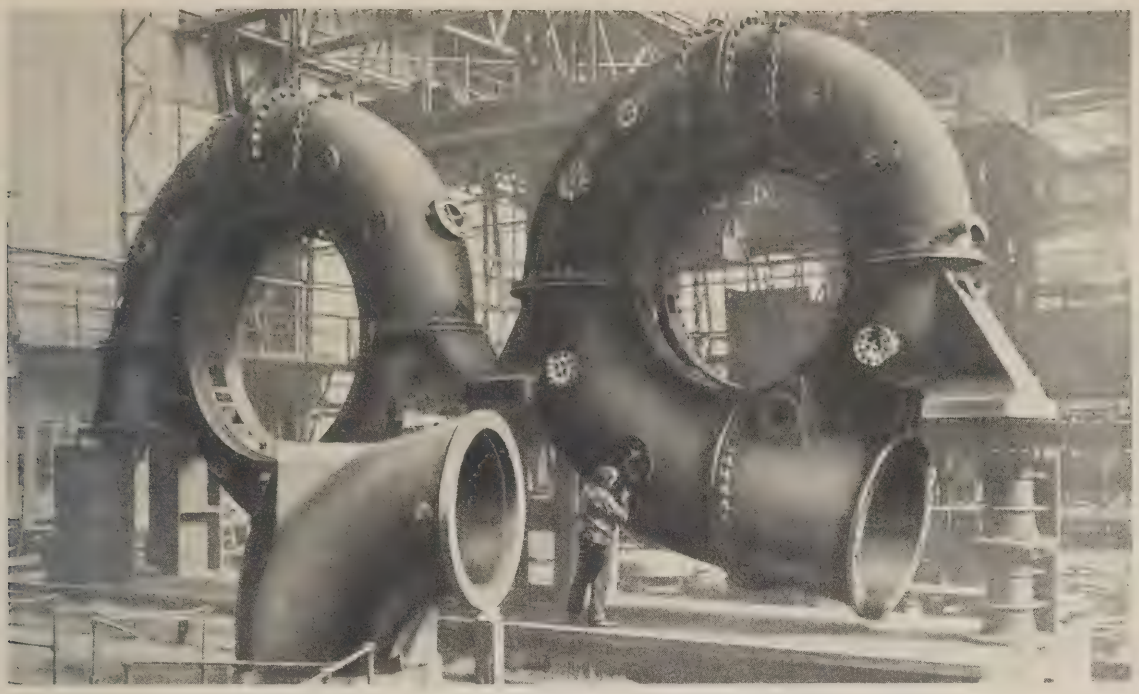
**nietlosen Sicherheitsflansche.**

Anstelle von Nieten kommen elektr. geschweißte Pfropfen zur Anwendung. Sie verhindern Undichtwerden der Flansche bei größter Schonung des Werkstoffs.

Man verlange Prospekt Ro 30

**L. & C. STEINMÜLLER**

**GUMMERSBACH**



Spiralgehäuse für Turbinen / Geliefert für die Anlage Niederwartha

# Stahlguss

## bis zu 130 t Stückgewicht

**nach den Güteklassen DIN 1681 des „Deutschen Normenausschusses" sowie in Sondergüten,**

roh, vorgearbeitet und fertig bearbeitet, für den Schiff- und Schiffsmaschinenbau, für den Lokomotiv- und Wagenbau, für den Dynamo-, Motoren-, Turbinen- u. allgemeinen Maschinenbau, und zwar Vordersteven, Hintersteven, Ruder, Wellenböcke, Wellenaustrittsrohre, Fundamentrahmen, Kurbelachsen, Radsterne, Radscheiben, Motorgehäuse, Pole, Turbinentrommeln, Hohlwellen, Ständer für hydraulische Pressen, für Dampfhämmer u. Walzwerke, Schwungräder, Seilscheiben, Brückenauflager, Konverterringe, Autoklaven, Pilgerwalzen (aus Spezial-Stahlguß), dünnwandige Hohlkörper, Glühkisten u. Glühtöpfe (aus Sonder-Stahlguß) usw.

*Anfragen erbeten an:*

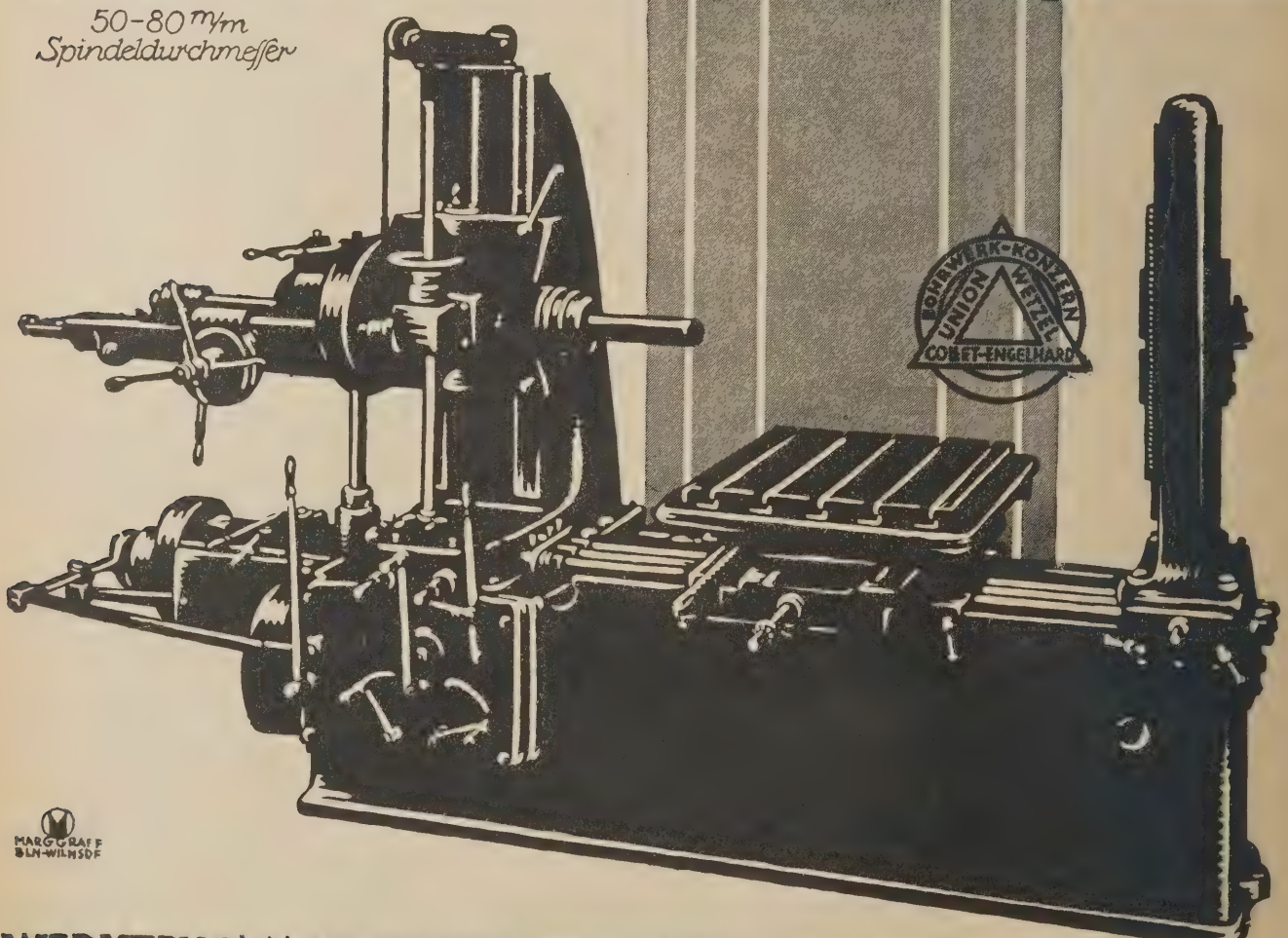
**KRUPP** 832

Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen

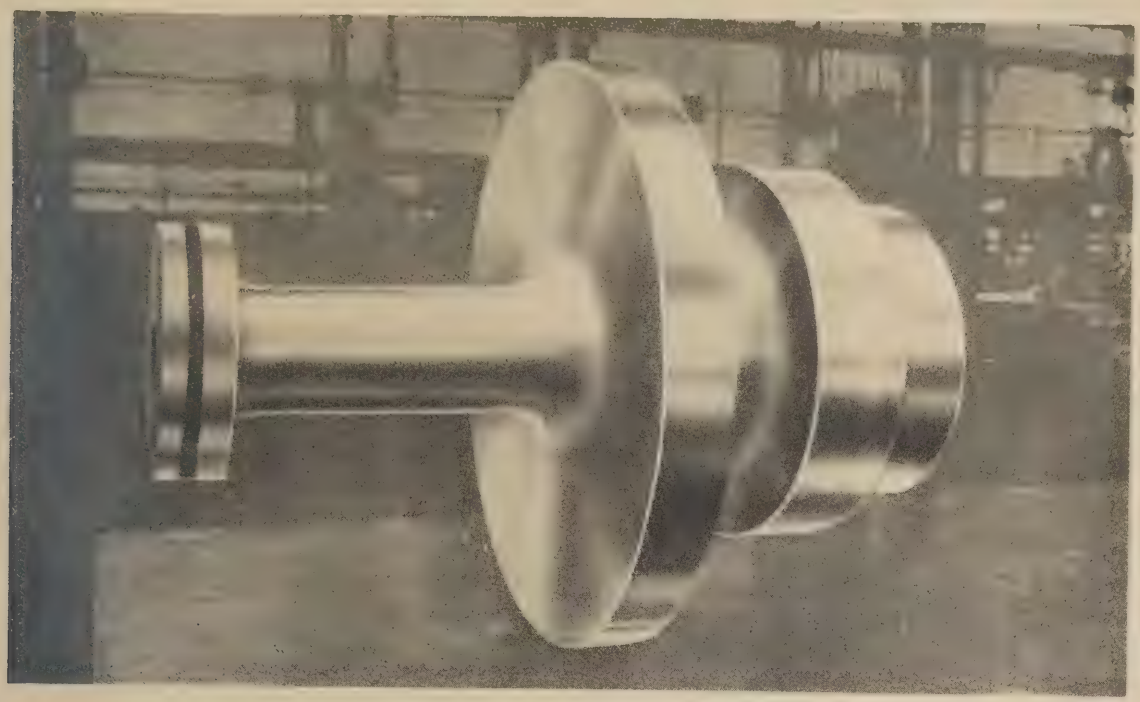
# UNION

## Wagrecht-Bohr- und Fräsmaschinen

50–80 m/m
Spindeldurchmesser




WERKZEUGMASCHINENFABRIK UNION VORM. DIEHL CHEMNITZ



Wellenende aus 1%igem Nickelstahl, Fertiggewicht 6200 kg

# Schmiedestücke in allen Größen

unlegiert und legiert, roh, vorgearbeitet und fertig bearbeitet, für den Schiff- und Schiffsmaschinenbau, für den Lokomotiv- und Wagenbau, für den Dynamo-, Motoren-, Turbinen- und allgemeinen Maschinenbau, und zwar Vordersteven, Hintersteven, Ruder, vollständige Wellenleitungen, Wellenböcke, Kolbenstangen, Kurbelachsen, Rotorkörper, Turbinenscheiben, Rotorscheiben, Polschuhe, hohlgeschmiedete Zahnkränze usw. Unsere langjährigen Erfahrungen und unsere hochmodernen Anlagen und Einrichtungen bürgen für die bestmögliche Ausführung der uns übertragenen Arbeiten.

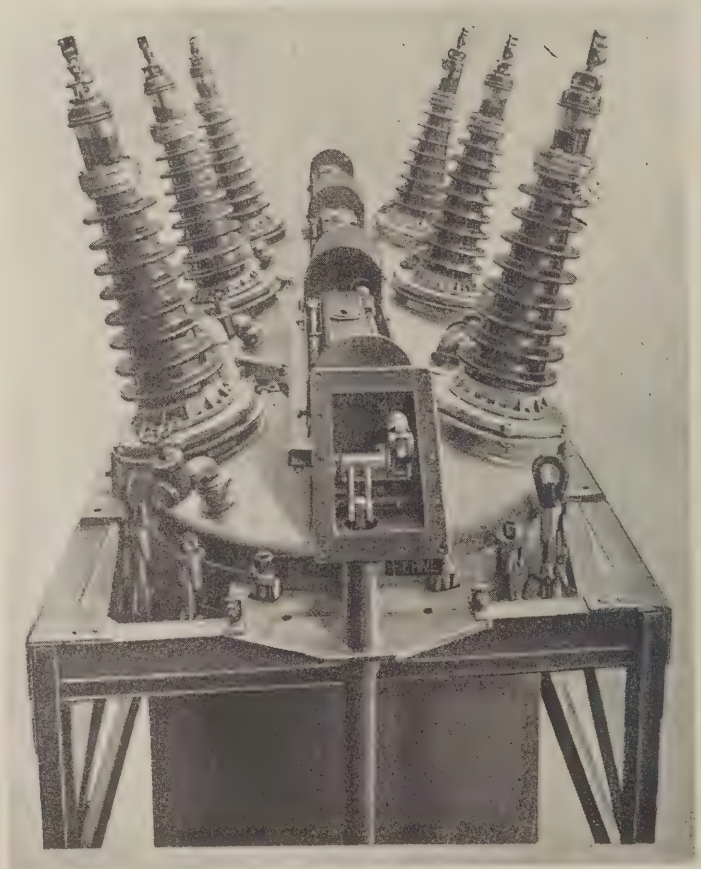
*Anfragen erbeten an:*

KRUPP

831a

Fried. Krupp Aktiengesellschaft, Essen

# ALSTHOM



75 000 Volt-Hochleistungs-Öl-Schalter Deckelansicht mit Antrieb.

Dampfgeneratoren
Dampfturbinen
Elektrische Generatoren
Transformatoren
Umformer
Walzwerksmotoren
Schaltanlagen
Fördermaschinen
Bahnanlagen
Installationsmaterial
Heiz-und Kochapparate

## DEUTSCHE ALSTHOM
G. M. B. H.

BERLIN N. W. 7
Unter den Linden 57/58
TELEFON : A 4 ZENTRUM 1911 - 1912
TELEGR. : DEUTSCHALSTHOM - BERLIN

# Automatische Messerkopf-Schleifmaschinen

DRP.

zum Schleifen und Nachschärfen von Messerköpfen mit 150 bis 800, bzw. 300 bis 1400 mm ⌀.



5004

## Unerläßliche Bedingung

für ein wirtschaftliches Arbeiten der Messerköpfe ist, daß alle Stähle gleichmäßig an der Verspanung teilnehmen. Sie müssen daher gleichmäßig geschliffen sein und genau plan- und rundlaufen. Die auf unseren Messerkopfschleifmaschinen geschliffenen Messerköpfe erfüllen diese Bedingungen vollkommen. Die Maschinen arbeiten so, daß Ungleichheiten in der Messerkopfteilung keinen Einfluß auf die Genauigkeit der Schleifarbeit haben. Zum Teilen des Messerkopfes beim Schleifen werden die Stähle selbst benutzt, indem jeweils der zu schleifende Stahl als Anschlag dient. Es können sowohl Stähle mit rechtwinklig zueinanderliegenden wie auch solche mit beliebig schräggerichteten Schneidkanten geschliffen werden.

Verlangen Sie Prospekt Nr. 606

**Schiess-Defries A.G. Düsseldorf**

# Eine Revolution in der Förder-Technik

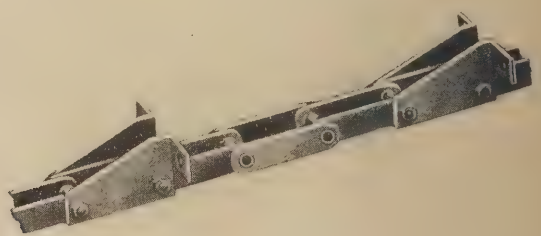
# RENOLD

## PRÄZISIONS-STAHLKETTEN

Genau in der Teilung, leicht, mit garantierter Bruchfestigkeit, an allen der Abnutzung unterworfenen Teilen gehärtet und geschliffen und mit besonderen Einrichtungen versehen, die die leichte Anbringung von Befestigungsstücken gestattet, bringen diese Ketten dem Techniker ein neues Element für die moderne Fördertechnik.

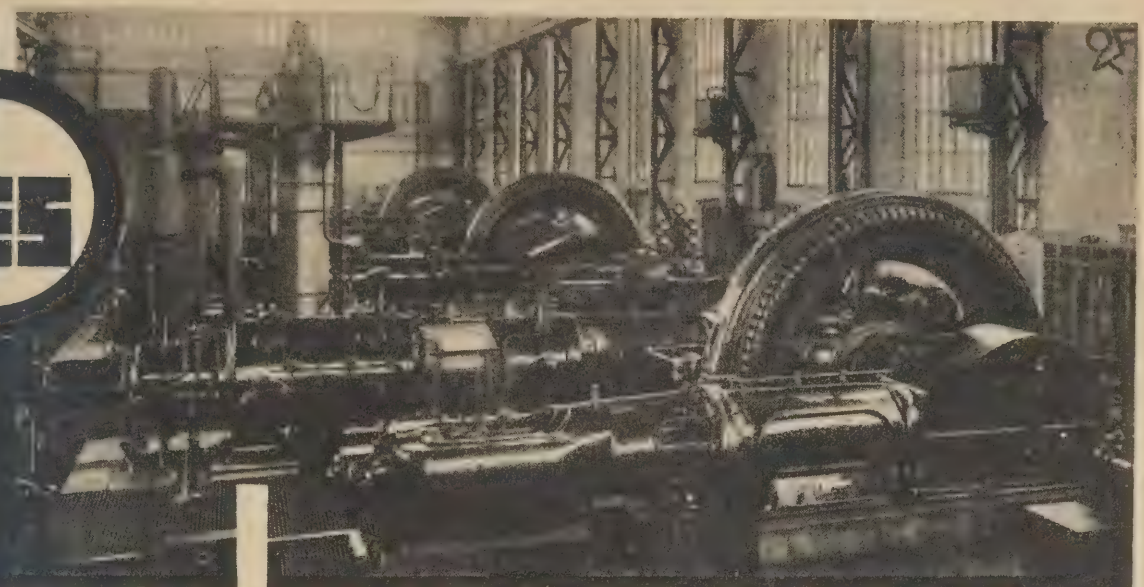
Renold-Präzisions-Stahlketten bieten dem Konstrukteur fast unbegrenzte Möglichkeiten mit Bezug auf geringen Kraftbedarf, Kettengeschwindigkeit, Anwendung von mehreren, nebeneinander laufenden Kettensträngen usw. usw.

Renold-Transportketten sind in zahlreichen verschiedenen Teilungen u. Bruchfestigkeiten lieferbar. Jeder Ingenieur sollte unbedingt unseren Katalog Nr. 020/04 verlangen.



## RENOLD INDUSTRIE-KETTEN G.M.B.H.

BERLIN SW 68 · KOCHSTRASSE 67
TELEFON: ZENTRUM 2532
**Noch einige Vertreter-Bezirke zu vergeben.**



# Hyperkompressoren für 1000 at DRUCK

Unsere Hyperkompressoren sind das Ergebnis mehrjähriger Erfahrungen an vielen Anlagen. Durch uns und unsere Lizenznehmer im Ausland sind bis heute

**38 Hyperkompressoren** mit denen insgesamt **täglich 400 Tonnen Ammoniak**

gewonnen werden, ausgeführt und im Bau. Die vorliegenden Betriebserfahrungen erlaubten die Einheitsleistungen immer mehr zu steigern. Bis jetzt sind folgende Größen bearbeitet:

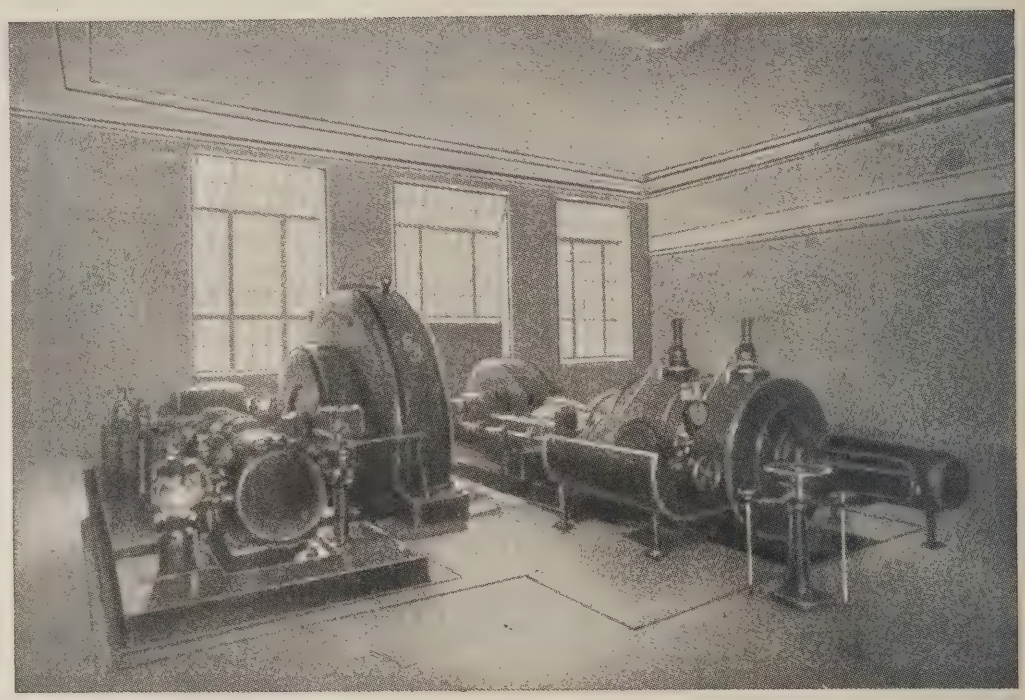
5 t — 8 KOMPRESSOREN je für 5 TONNEN AMMONIAK/TAG
7 t — 22 KOMPRESSOREN je für 7 TONNEN AMMONIAK/TAG
20 t — 5 KOMPRESSOREN je für 20 t AMMONIAK/TAG
30 t — 2 KOMPRESS. je für 30 t AMMON./TAG
50 t — 1 KOMPRESSOR für 50 TONNEN AMMONIAK/TAG

**MASCHINENBAU-AKTIENGESELLSCHAFT** VORMALS
**EHRHARDT & SEHMER**
**SAARBRÜCKEN**

Linde

# EIS- UND KÜHLMASCHINEN

**jeder Größe für alle Verwendungszwecke**



## Über 10900 Großkältemaschinen jeder Art geliefert

**Insbesondere für:**

**Brauereien, Eisfabriken, Chemische Werke, Schlachthöfe, Kühl- und Gefrierhäuser, Margarine- und Schokoladefabriken, Sauerstoff-, Stickstoff- und Wasserstoffwerke usw.**

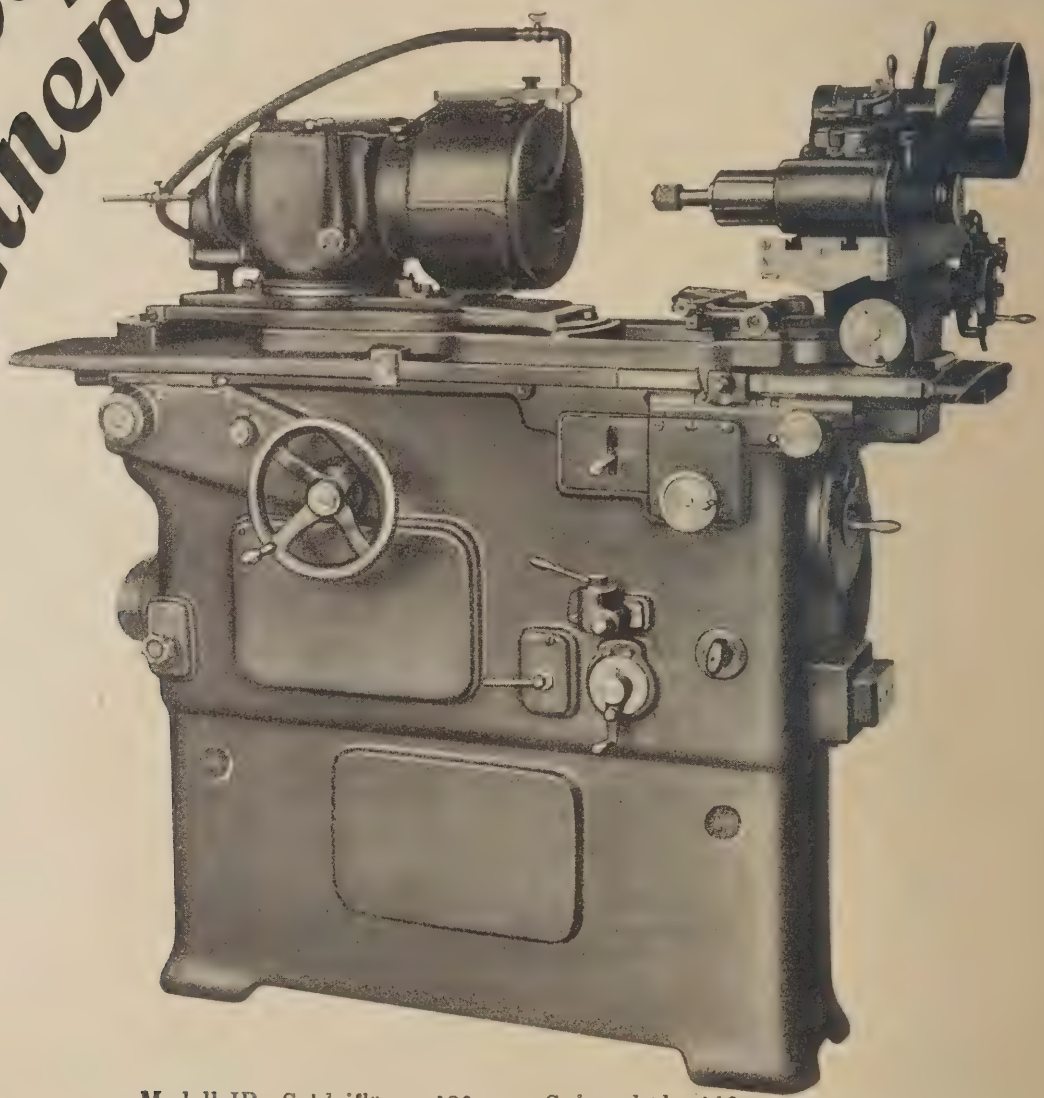
## Gesellschaft für Linde's Eismaschinen A.G.

**Wiesbaden**

M·A·N
MASCHINENFABRIK AUGSBURG-NÜRNBERG AG
KRANE
vielfach bewährt
Wir bauen Lauf-u. Drehkrane, Verlade-brücken, Förderanlagen, Aufzüge, Kipper u.s.w. Bild zeigt 30 Tonnen M·A·N-Schwimmkran mit 10 t Hilfshubwerk. Näh. Drucks. 656 von Werk Nürnberg.

# Eine erprobte Innenschleifmaschine

brauchen Sie, wenn Sie Wert darauf legen, Bohrungen so vorteilhaft wie möglich auszuschleifen.



Modell JB: Schleiflänge 130 mm, Spitzenhöhe 140 mm

Die „Jung"-Innenschleifmaschine Modell JB ist in ihrem Arbeitsbereich vielseitig verwendbar. Sie ist leicht einzustellen und in der Bedienung besonders handlich.

Eine ölgetriebene selbsttätige Zustellung und ein fein einstellbarer und abklappbarer Abdrehdiamant ergeben nicht nur bei großen, sondern auch bei kleinen Mengen höchste Leistungen.

**K. JUNG, Maschinenfabrik, BERLIN SO 16**

Leicht bewegliche Drucklufterzeuger sind die

**DEMAG / Motorkompressoren**

Äußerst widerstandsfähige, störungsfrei arbeitende Motoren mit reichlicher Kraftreserve gewährleisten einen einwandfreien ununterbrochenen Dauerbetrieb. Beliebiger, für Vergaser-Maschinen geeigneter Brennstoff kann verwendet werden. Ein Bedienungsmann ist nur zum Ingangsetzen erforderlich, da die Maschinen selbsttätig reguliert werden. Infolge der sehr gedrängten Bauart kann die Anlage überallhin verfahren werden. Ausführung einachsig mit großen Stahlblechscheibenrädern, zweiachsig mit Stahlgußrädern.

**DEMAG DUISBURG**

# Lauchhammer

## Hochwertiger Baustahl St 52

VON DER DEUTSCHEN REICHSBAHN ZUGELASSEN

Stab- u. Formeisen * Bleche u. Universaleisen * in gleicher Qualität für Stahlformguß u. Schmiedestücke.

## Wirtschaftlichstes Material

für Eisenkonstruktionen aller Art, z.B.: Schwere Krane und Verladebrücken
Hoch- und Brückenbauten
Schiff- und Waggonbau
Nietenfabrikation

## Deshalb nur Lauchhammer Baustahl

**Gegenüber St 37 Verbilligung der Bauwerke**

**Höhere zulässige Beanspruchung b. Konstruktionen**

**Geringeres Eigengewicht bei Eisenbauten**

**Kleineres totes Gewicht bei Fahrzeugen**

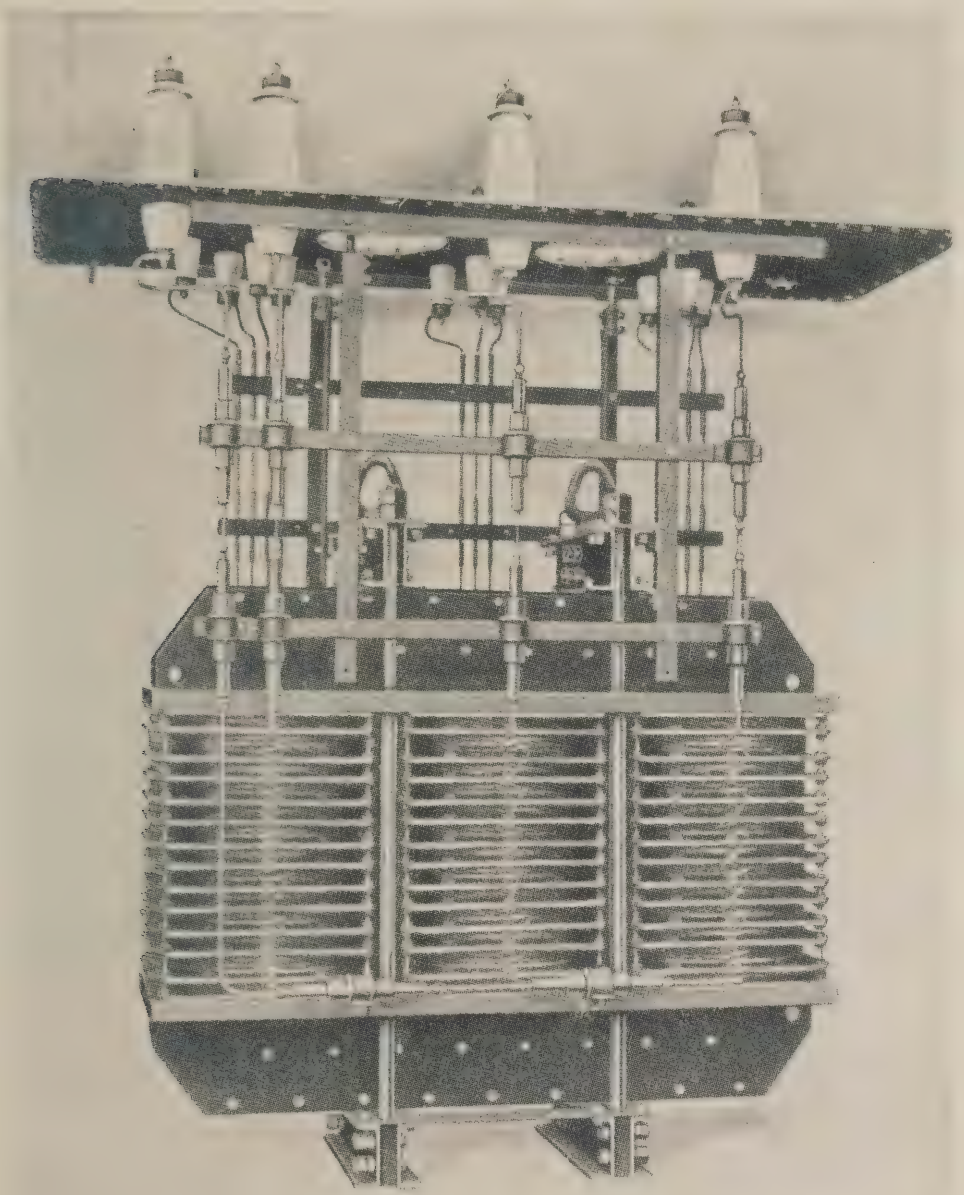
**Chemische Zusammensetzung nach Verwendungszweck:**
Normaler Si-Stahl * Gekupferter Si-Stahl
Gekupfert. Si-Mn-Stahl * Legiert. Sonderstahl

**Charakteristik:** Streckgrenze mind. 36 bzw. 38 kg/mm²
Bruchfestigkeit 52/64 kg/mm²
Dehnung über 20% · Ausgez. durch Rostwiderstandsfähigkeit, Schweißbarkeit und Alterungsunempfindlichkeit.
Hohe Schwingungsfestigkeit.

OF GRAFE

LANGJÄHRIGE ERFAHRUNGEN

**MITTELDEUTSCHE STAHLWERKE A.-G.**
Lauchhammerwerke Riesa + Gröditz + Lauchhammer + Weberwerk Brandenburg a/Ha.
Stahl- u. Walzwerke * Stahlformgießerei * Preß- u. Hammerwerke * Eisenbau

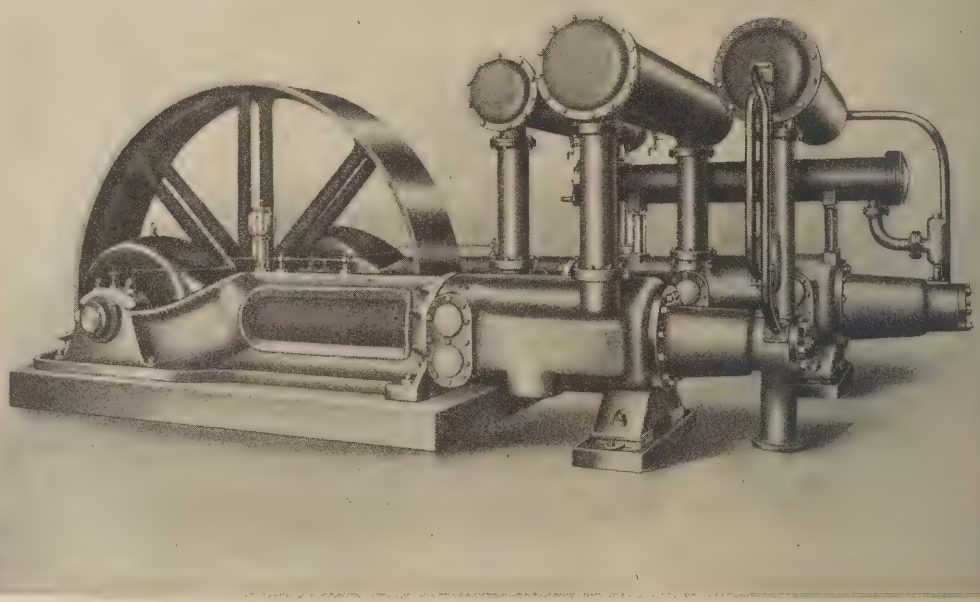


# TRANSFORMATOREN

in stoßkurzschlußfester Ausführung

KOCH & STERZEL
Aktiengesellschaft-Dresden

# FMA



FMA-Auffüll-Kompressor in der Ammoniaksynthese.

## Auffüll-Kompressor

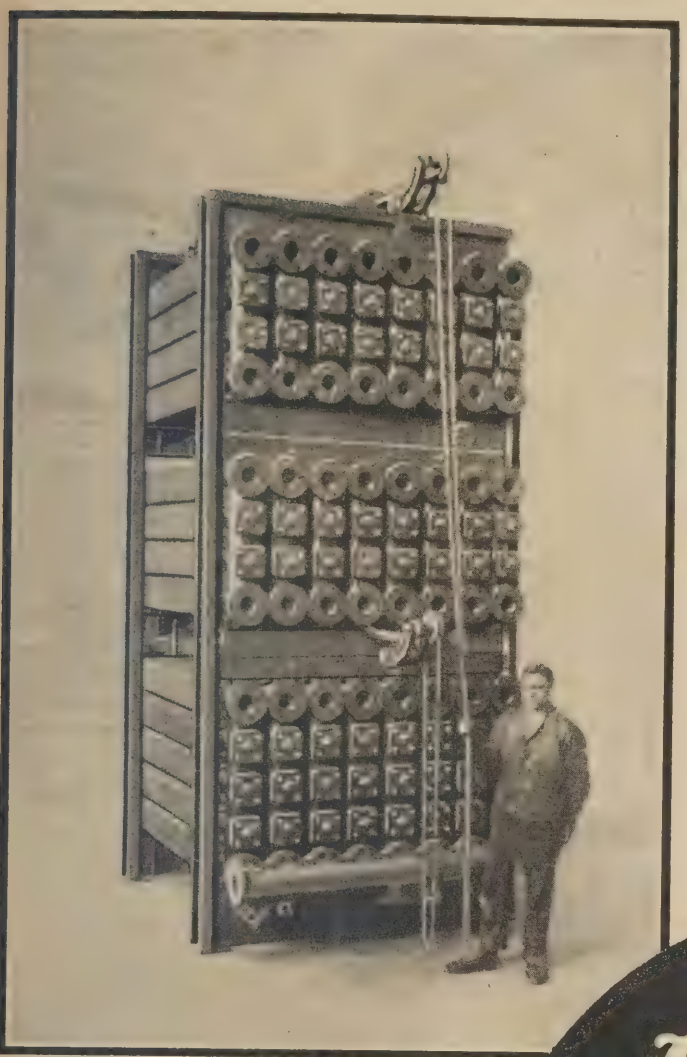
### mit obenliegenden Zwischenkühlern für Stickstoff-Wasserstoffgemisch

**Saugleistung = 1200 cbm/st.**
**n = 122/min.**
**Enddruck = 150-200 atü.**

**Für die verschiedenen Verfahren der Ammoniaksynthese haben wir alle vorkommenden Kolbenkompressoren, Turbokompressoren und Vacuumpumpen geliefert.**

## FRANKFURTER MASCHINENBAU-A.G.

VORM. POKORNY & WITTEKIND · FRANKFURT A.M.



Die nötige Ergänzung zum Kessel

**VEW-RIPPENROHR-ECONOMISER**

für Kesselstücke bis 60 atü

**Krümmer- oder Register-Bauart**

Eine bewährte und bis in alle Einzelheiten durchgebildete Konstruktion. Verwendung von Material höchster Güteklasse nach den Vorschriften der Vereinigung der Grosskesselbesitzer und den VDI-Richtlinien. Dauer-Wasserdruckprobe u. Materialprüfung für jedes Stück.

**GLATTROHR-ECONOMISER**

**LUFTERHITZER**

ERSATZTEILE FÜR ENGL. ECONOMISER

Vereinigte -ECONOMISER- Werke G.m.b.H.

DEUTSCHE ECONOMISER-WERKE G.m.b.H. DÜSSELDORF
MAX U. ERNST HARTMANN MASCHINENFABRIK FREITAL/S
MÄRKISCHE ROHRLEITUNGSBAU G.m.b.H. DÜSSELDORF

Verkaufsbüros in:
DÜSSELDORF
UND FREITAL

EW

SIEBER

# Den Anstoß

zu der neuzeitlichen **Umwälzung auf dem Feuerungsgebiete,** die jetzt allenthalben Platz greift, gab die

# Walther-Universal-Wanderrostfeuerung

die vor zwei Jahren entwickelt worden ist

(Versuche des Vereines zur Überwachung der Kraftwirtschaft der Ruhrzechen in Essen im Jahre 1927)

**Früher nicht für möglich gehaltene Vorteile werden damit erzielt:**

**Universalität:**
Geeignet und jederzeit betriebsbereit zur wirtschaftlichen Verfeuerung sämtlicher Brennstoffe vom Koks bis zur Gaskohle (Kleinstückiger Koks und Koksgrus, Anthrazit, Magerkohle, Eßkohle, Fett- und Gasflammkohle als gebrochene Förderkohle, Nußkohle, Fein- oder Staubkohle), Schwelkoks von Stein- und Braunkohle, Rohbraunkohle, Abfälle, wie Mittelprodukte, Waschberge, Schlammkohlen, Rauchkammerlösche. Nichtbackende Feinkohlen werden natürlich stets, um Flugkoksbildung gering zu halten, angefeuchtet verfeuert!

**Leistungsfähigkeit:**
Grobkörnige Brennstoffe und backende Feinkohlen können mit Rostleistungen bis über zwei Millionen Wärmeeinheiten je Quadratmeter Rostfläche und Stunde wirtschaftlich verfeuert werden.

**Regelbarkeit:**
Die früher bekannte Trägheit der Wanderroste ist vollkommen beseitigt. Es können jetzt mit Walther-Universal-Feuerungen alle in den Betrieben praktisch vorkommenden Belastungsschwankungen innerhalb weniger Minuten durchgeführt werden, so daß damit sogar die Kohlenstaubfeuerungen übertroffen sind.

**Betriebsbereitschaft:**
Die Walther-Universalfeuerung läßt sich jederzeit ohne weiteres aus dem Vollbetrieb plötzlich abstellen und nach Stillständen bis zu 30 Stunden und mehr innerhalb weniger Minuten ohne Anheizkohlen oder Zündvorrichtungen bis zur vollen Leistung hochheizen!

**Geringer Verschleiß an Mauerwerk und Roststäben:**
Ersterer ist bedingt durch das fehlende Zündgewölbe und den geräumigen Feuerraum, sowie das Fehlen von Stichflammen; ein Roststabverschleiß ist bei den Walther-Universalfeuerungen infolge der vorzüglichen Kühlung der Roststäbe und der eigenartigen Luftzuführung bis heute noch nicht feststellbar.

**Anwendbarkeit für Hochleistungs-Großkessel von über 1000 qm Heizfläche:**
Infolge der Baubreite bis über 8 m für den einzelnen Rostwagen und der hohen Belastungsfähigkeit kann allen Anforderungen entsprochen werden. Walther-Wanderroste mit über 40 qm ungeteilter Feuerfläche, mit Heißluftbetrieben, sind seit zwei Jahren in Betrieb.

**Erhöhung der Leistungsfähigkeit und Wirtschaftlichkeit bestehender Kesselanlagen durch erfolgreich durchgeführte Umbauten mit WALTHER-UNIVERSAL-FEUERUNGEN kann nachgewiesen werden.**

**WALTHER-SEKTIONAL-HOCHDRUCK-STEILROHR-HOCHLEISTUNGS-KESSEL**

**auf Grund über fünfzigjähriger Erfahrungen im Wasserrohrkesselbau**

# WALTHER & CIE.

Dampfkesselwerke und Maschinenfabrik
**AKTIENGESELLSCHAFT, KÖLN-DELLBRÜCK 62**

# Thyssen-Hochsicherheitstrommeln

aus SM-Stahl mit 35 ÷ 44 kg/mm² Festigkeit oder Thyssen-Sonderflußstahl mit 41 ÷ 50 kg/mm² Festigkeit. Diese Trommeln werden nach mehrfach patentiertem Verfahren hergestellt und erprobt und sind

**hochsicher spannungslos alterungsfrei**

**Dampfkesselmäntel** mit eingepaßten Böden

**Dampfkesselböden,** darunter

**Thyssen-Tiefwölbböden** $R = 0{,}8\,D$; $r = \frac{1}{6{,}5}\,D$;

günstigste Form für die Spannungsverteilung bei leichtem Anpassen der Armaturen

**Spezialböden für Flammrohrkessel**

**Wellrohre, Systeme Fox und Morison, glatte Rohre**

**Schiffskesselböden**

mit Rohrhalsungen bis zu den größten Abmessungen

**Schiffskesselwellrohre** mit Flanschen in jeder Ausführung

**Sektional-Wasserkammern**

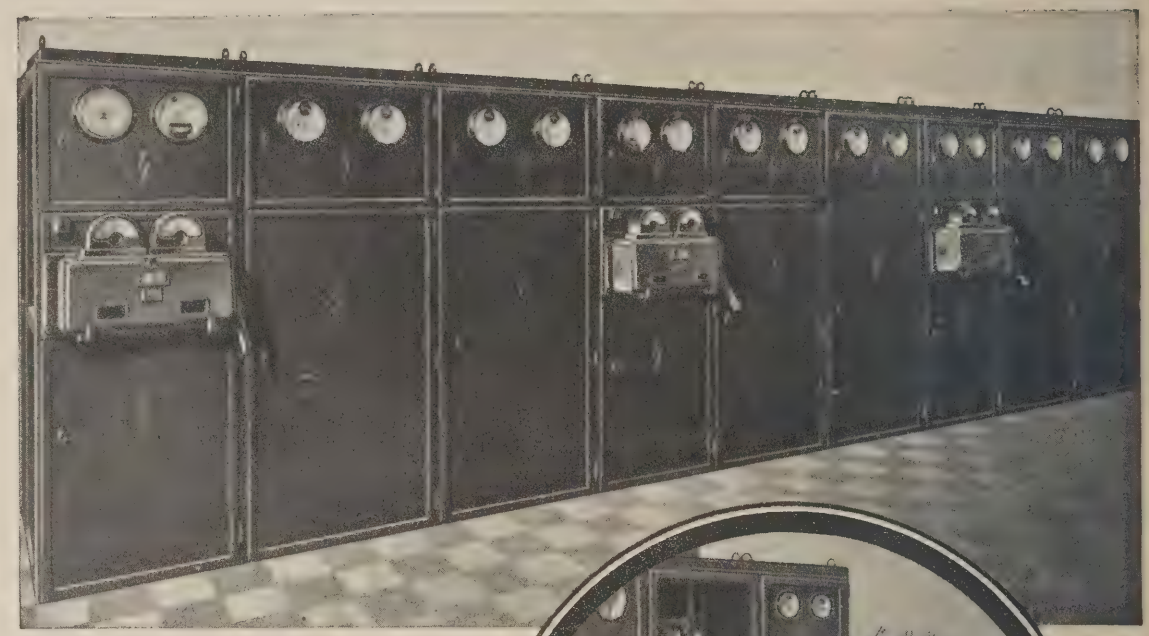
**Anschlußstutzen, Garbeplatten**

usw.

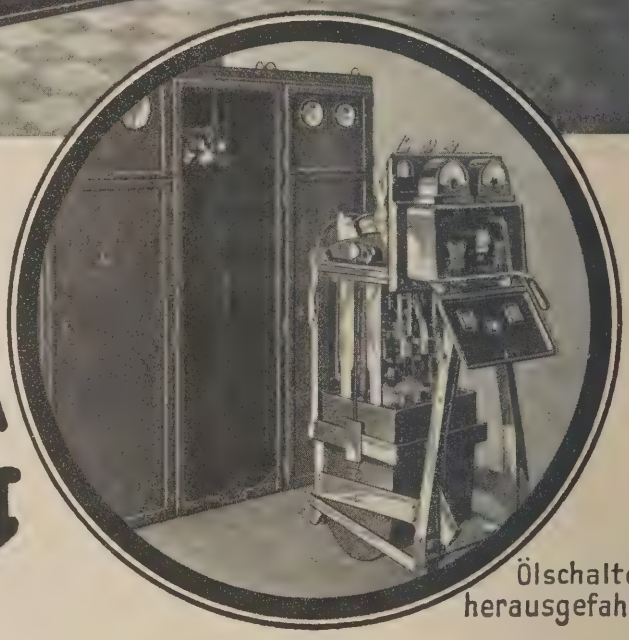
VEREINIGTE STAHLWERKE

AKTIENGESELLSCHAFT

**VERKAUF BLECHSCHWEISSEREI, DÜSSELDORF**



Verteilungsanlage mit
Hochspannungs-Ölschaltkästen
6000 V, 600 A mit Sammelschienen



Ölschalter
herausgefahren

# AEG

## HOCHSPANNUNGS-ÖLSCHALTKÄSTEN
## für INDUSTRIELLE BETRIEBE

ALLGEMEINE ELEKTRICITÄTS-GESELLSCHAFT

# BORSIG baut die größten Kessel des Kontinents

für Berliner Städtische Elektrizitätswerke, Kraftwerk West. Stundenleistung 150 t Dampf je Kesseleinheit

BORSIG

A·BORSIG GMBH
BERLIN-TEGEL

BORSIG
HALL
PUMPEN

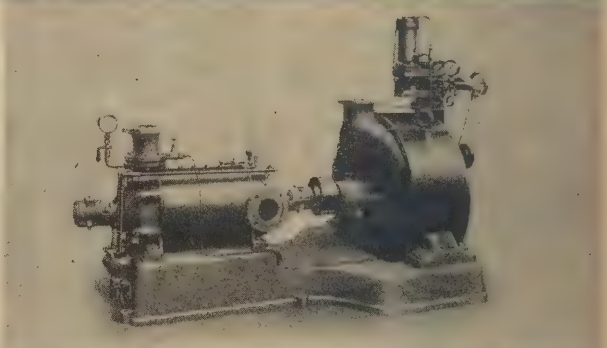
Das Produkt wissenschaftlicher Versuche und praktischer Auswertung von über 60jährigen Erfahrungen unserer Werke.

HOCHLEISTUNGS-PLUNGERPUMPE
Bauart HL (D.R.P.)

als Ein-, Zwei- und Drei-Plungerpumpe für Leistungen von 1 bis 600 cbm/stdl. und Förderhöhe bis 160 u. 700 m, für Wasserwerke, Kesselspeisung, Industrie und Bergwerke.

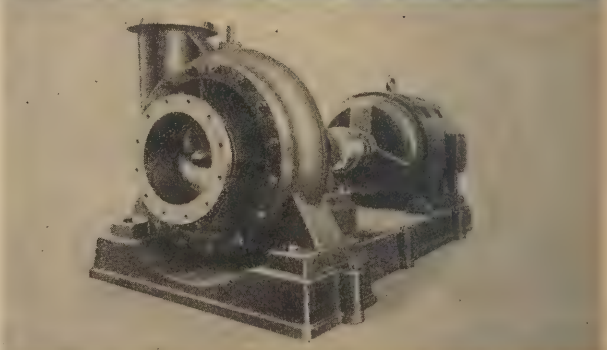
MEHRSTUFIGE KREISELPUMPE
(D.R.P.)

mit vollständiger Entlastung für Achsialschub für jede Wassermenge, Förderhöhe und Antriebsart.



SCHRAUBENPUMPE
Bauart „Velox"

mit großer Schnelläufigkeit und hohem Wirkungsgrad bei niedrigen Förderhöhen und größter Verunreinigung der Förderflüssigkeit.



VEREINIGUNG DEUTSCHER PUMPENFABRIKEN
BORSIG-HALL
G . M . B . H
BERLIN W 9 . „HAUS HALL" . LINKSTRASSE 19

# Flender für Antriebsfragen

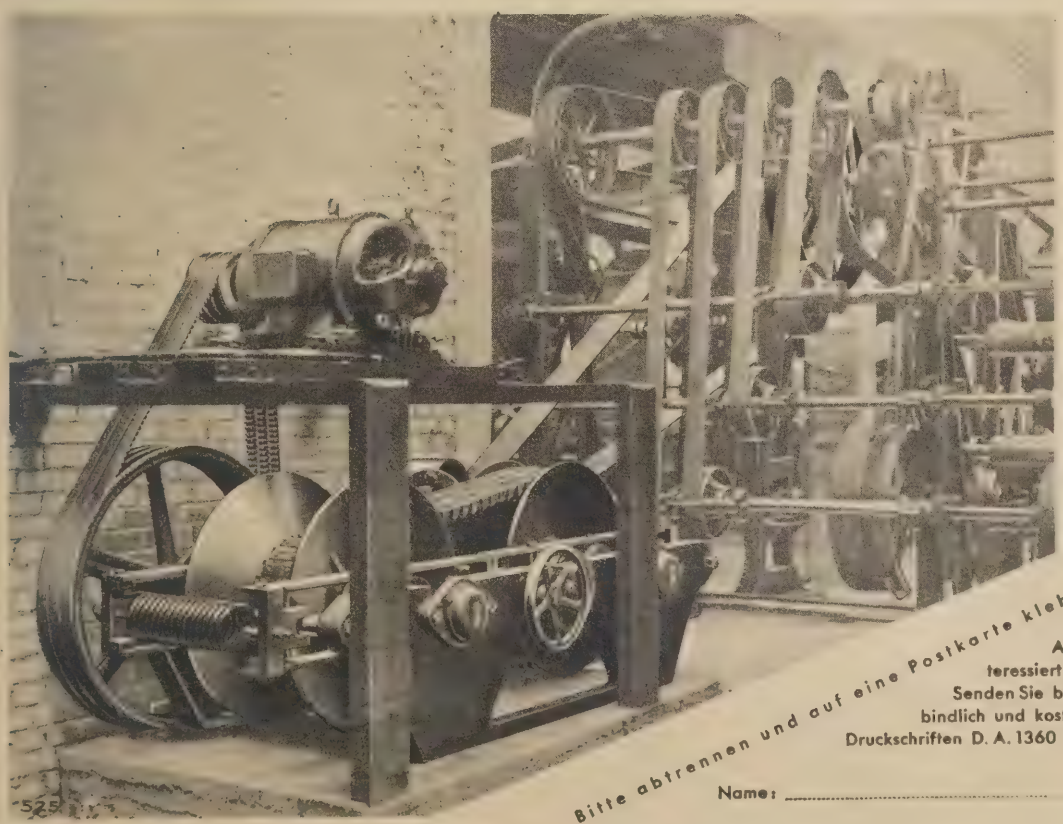
## Einen Papiermaschinenantrieb trotz enger räumlicher Verhältnisse in weiten Grenzen regelbar zu gestalten!

Vor kurzem wurden wir vor diese Antriebsfrage gestellt, und unten zeigen wir die ausgeführte Lösung. Durch Verwendung unseres Flender-Variators wird die Papiergeschwindigkeit nach Bedarf geändert. Die Platzschwierigkeiten überwanden wir durch Verwendung unseres Flender-Roderwald - Hochleistungs - Antriebes, der bei kürzestem Achsenabstand senkrechten Antrieb ermöglicht. Deshalb konnten wir den Elektromotor kurz oberhalb des Variators anordnen.

Unsere Fachingenieure lösen gerne jede derartige Antriebsfrage und stehen zur kostenlosen Beratung jederzeit zur Verfügung.

Falls Sie sich über die hier zur Verwendung gelangten Antriebsorgane unterrichten wollen, so fordern Sie noch heute durch den unten angefügten Gutschein unsere Druckschriften D. A. 1360 und D. A. 1342 an.

**A. Friedr. Flender & Co., Düsseldorf**



Bitte abtrennen und auf eine Postkarte kleben

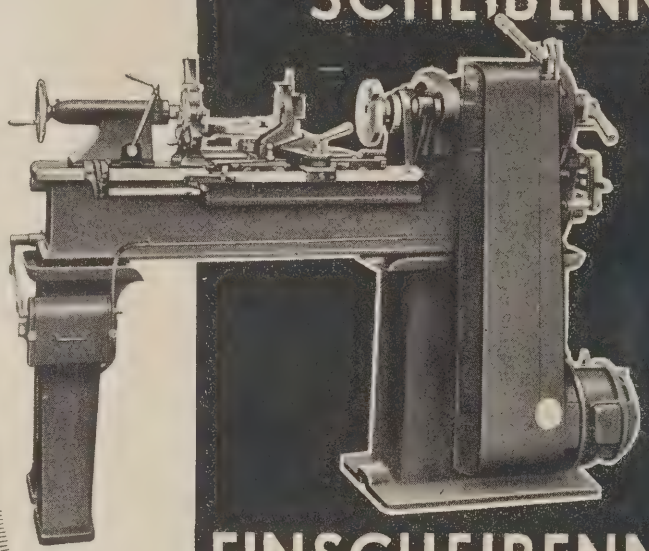
Ihre Anzeige interessiert uns/mich. Senden Sie bitte unverbindlich und kostenlos Ihre Druckschriften D. A. 1360 und 1342.

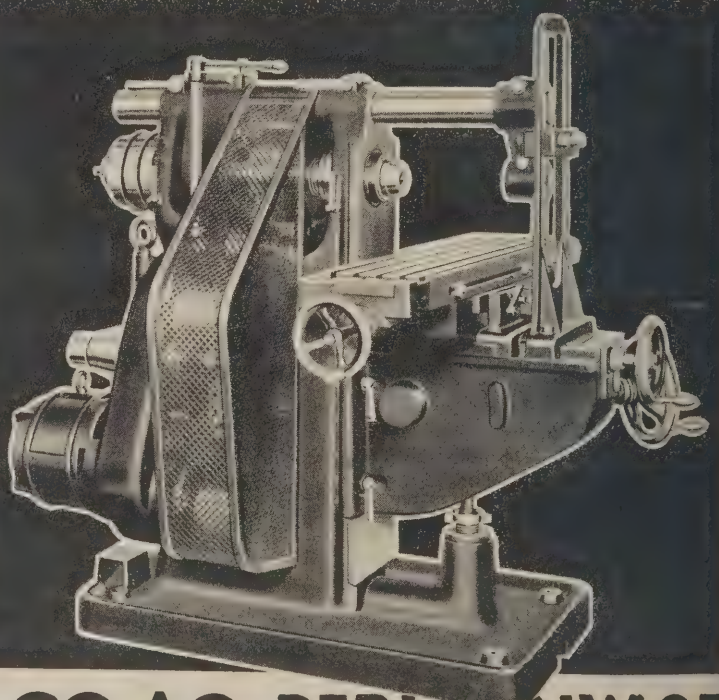
Name: .....

Anschrift: .....

A. Friedr. Flender & Co., Düsseldorf, Postfach 606

DER LOEWE
ELEKTRISCHE
EINZELANTRIEB
gibt jeder STUFEN-
SCHEIBENMASCHINE
erhöhte
DURCH-
ZUGS-
KRAFT
und die
VORTEILE
einer
EINSCHEIBENMASCHINE



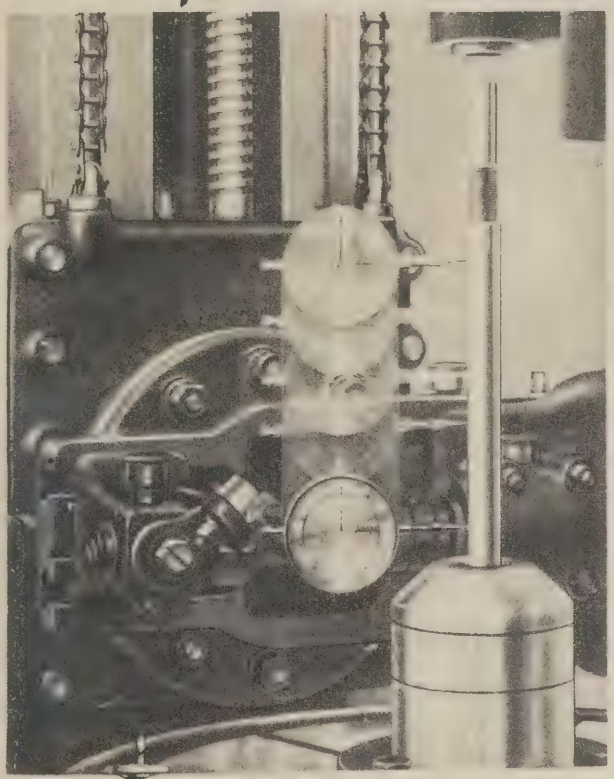


LUDW. LOEWE & CO. AG · BERLIN NW 87

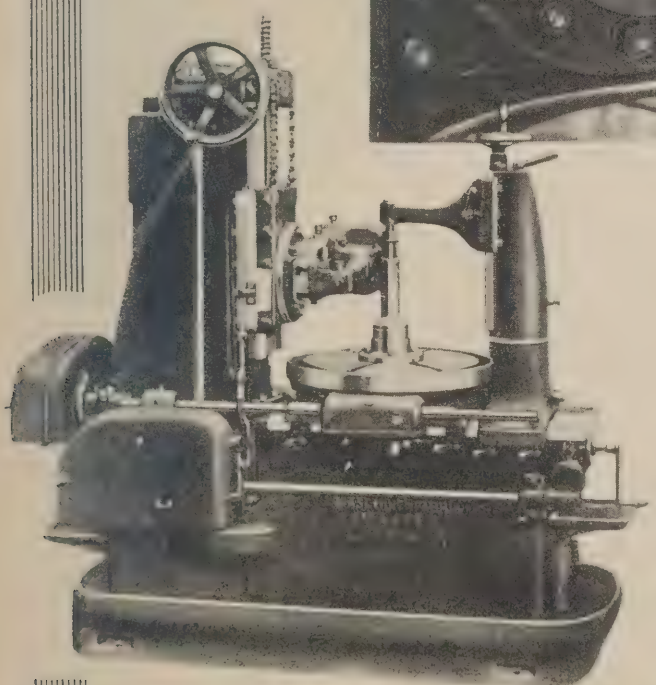
WOTZKOW

# PFAUTER

## Räderfräsautomaten



R 1 fräst bis
750 mm ø
und Modul 8



Unübertroffene
**Genauigkeit**
kennzeichnet die
Fabrikate von
**Pfauter**

# CHEMNITZ

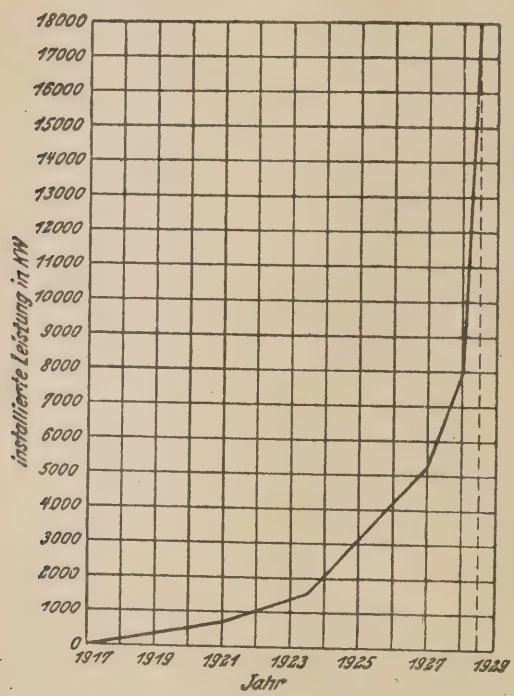
**150-KW-Hochfrequenzanlage**
*(mit Genehmigung der Annener Gußstahlwerke Annen i. Westf.)*

# Eine Umwälzung

## auf dem Gebiete der Edelstahlerzeugung:

# Der Hochfrequenz-ofen

*Nach den Patenten von Dr. Ed. F. Northrup, Trenton*




**Verbreitung des Hochfrequenzofens seit 1917**

*Das Schmelzen von legiertem Edel- und Sonderstahl jeglichen Verwendungszweckes erfolgt im Hochfrequenzofen mit anerkannter Betriebssicherheit. Die Gründe hierfür sind:*

1. **Der Hochfrequenzofen** *erzeugt stets* **einen Guß von überausgleichmäßiger Zusammensetzung.** *Infolge der durch elektrodynamische Wirkungen hervorgerufenen Badbewegungen mischt sich das Schmelzgut selbsttätig, so daß außerdem Schlacke- und Legierungszusätze auf das Schmelzbad schnellstens einwirken.*

2. **Der Hochfrequenzofen** *gestattet die* **genaue Regelung der Temperaturen** *während sämtlicher Phasen des Schmelzvorganges. Schädliche Überhitzung, hoher Abbrandverlust, Gaseinschlüsse und andere Nachteile jeder unkontrollierbaren Erhitzungsart werden somit vermieden.*

3. **Der Hochfrequenzofen** *hat* **keine qualitätsschädlichen Heizgase,** *die vom Schmelzbad aufgenommen werden könnten. Vielmehr ist des Schmelzen unter Luftabschluß, Vacuum, oder in Gegenwart beliebiger neutraler Atmosphären, und zwar bei den höchsten Temperaturen, möglich.*

4. **Der Hochfrequenzofen braucht keine Elektroden.**
5. **Der Hochfrequenzofen** *hat einen* **geringeren Kraftverbrauch** *als der große Hochleistungs-Lichtbogenofen.*
6. **Der Hochfrequenzofen braucht keine Schmelztiegel;** *der Schmelzherd wird im Ofen selbst durch Induktionserhitzung hergestellt, und sind dessen Kosten je Tonnen Stahl nicht höher als bei Lichtbogenöfen.*

**Die elektrische Ausrüstung**
*für unsere Hochfrequenzöfen wird von der AEG., Berlin, geliefert.*

# Hirsch, Kupfer- u. Messingwerke

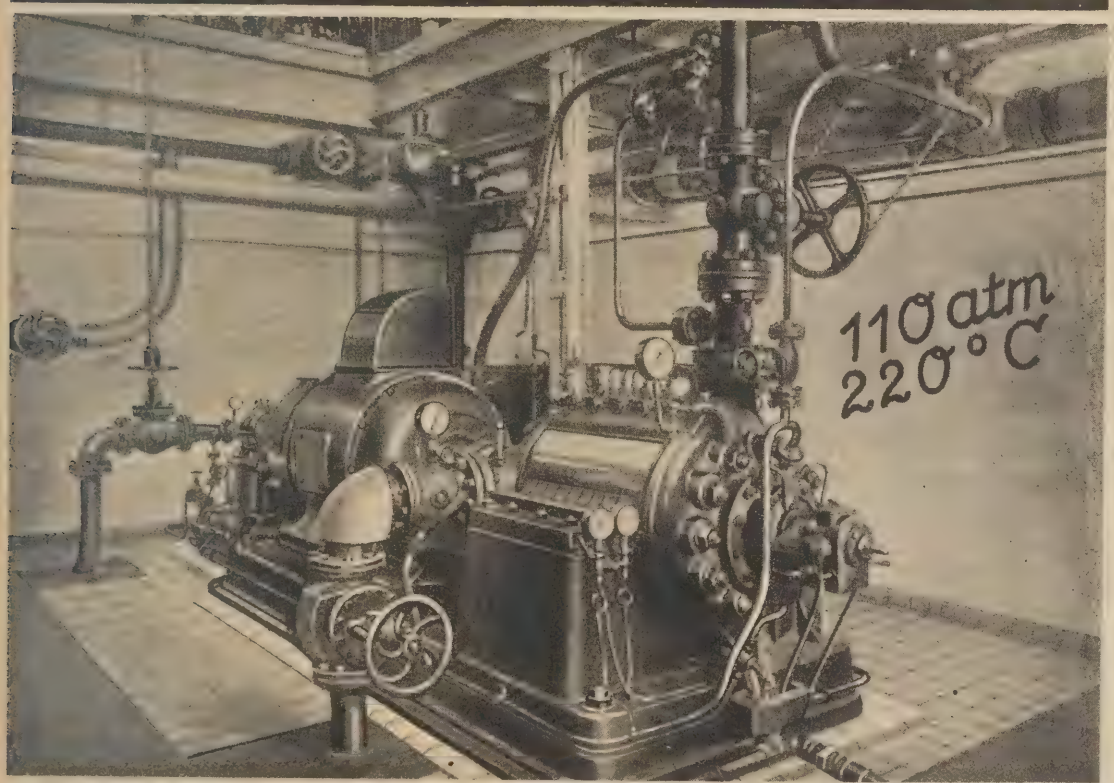
**Abteilung Elektroofenbau** **A.G.**

# Finow (Mark)

# Hochdruck Heisswasser Kesselspeisung

Wir gewährleisten mit unseren Hochdruck-Heißwasser-Speisepumpen — Sondermodelle mit wassergekühlten Stopfbüchsen D.R.P., Lager mit Preßölschmierung u. Wasserkühlung — im strengsten Dauerbetrieb vollkommene

## Betriebs-Sicherheit



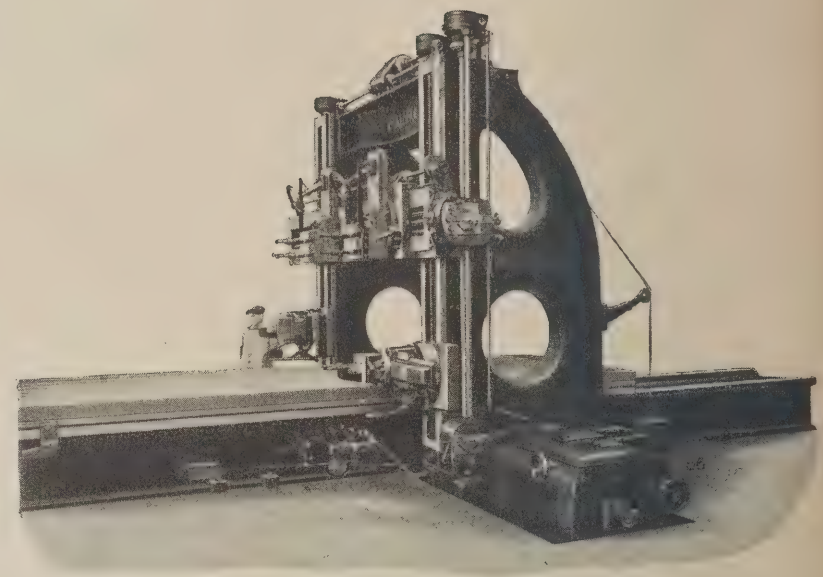

Hochdruck-Kesselspeisepumpe für 110 atm. Pumpendruck, 30 cbm. Stundenleistung, 220° C. Speisewassertemperatur. Drehzahl n=2960.

# Weise Söhne Halle, S

Telegr.: Weisesöhne Hallesaale Fernruf: 27761 Postschließfach 141

# H A WALDRICH

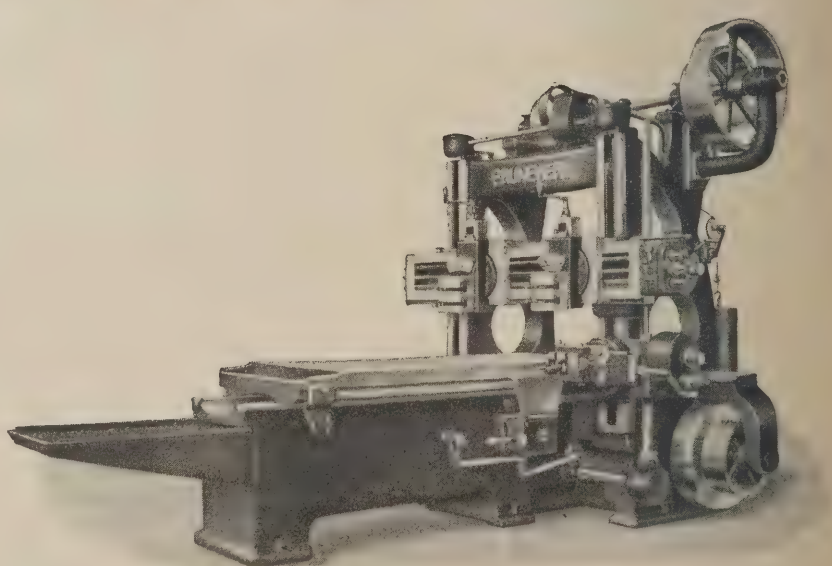
**Siegen in Westfalen**



Ein- und Zweiständer-Ausführung
von 1250 mm aufwärts bis zu den größten Abmessungen

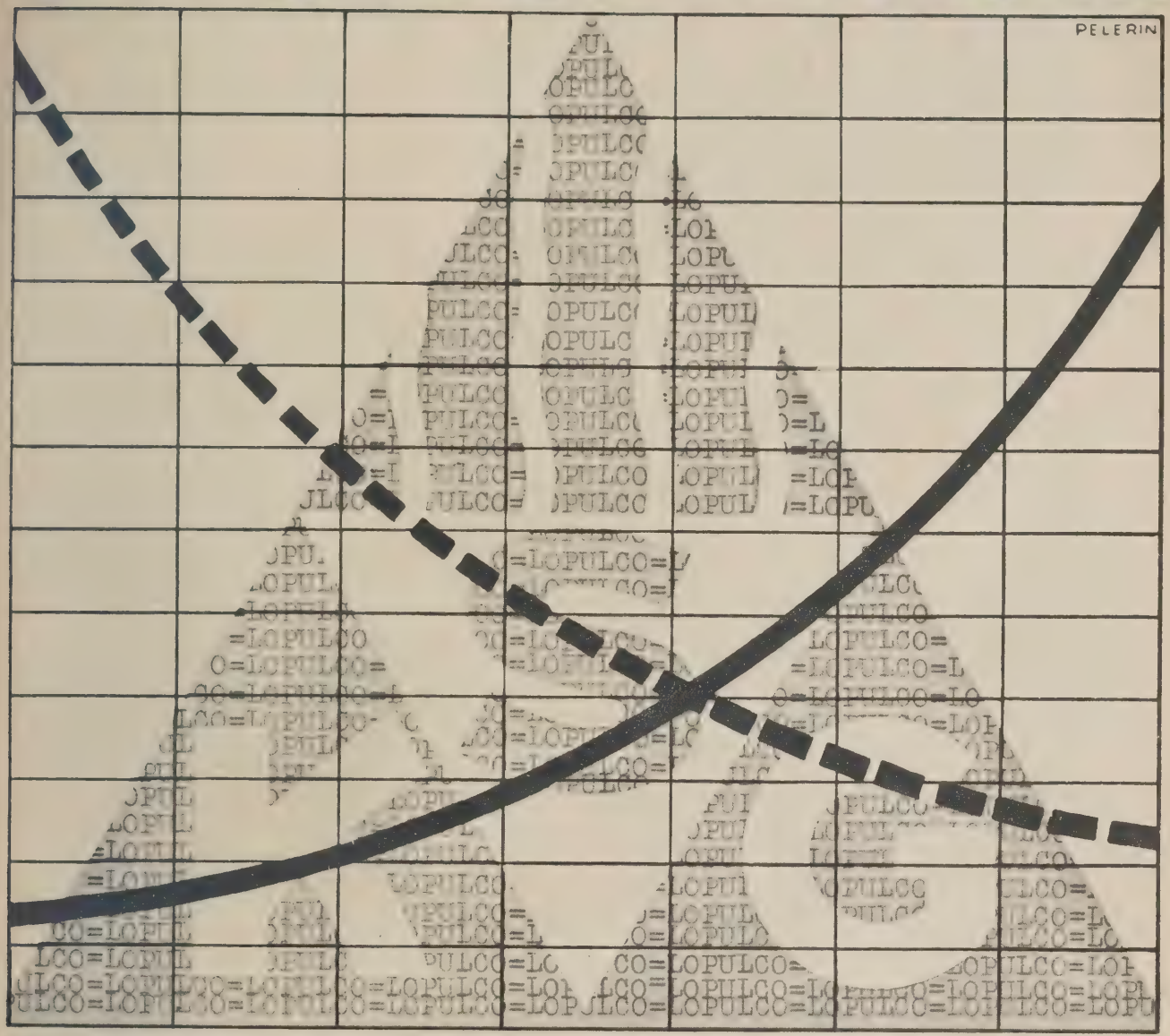
# BRUNE

**Ernst Krause & Co, A.-G.,**
**Berlin W 8 - Köln - Prag**
**Wien XX/2 - Warschau**
**Budapest**



Zweiständer-Ausführung bis 1200 mm Hobelbreite

# Steigende Leistung




# Fallende Kosten - -

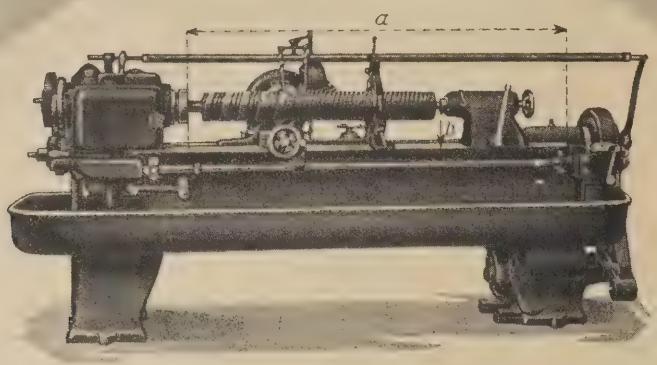
— das Wertergebnis des „LOPULCO"-Strahlungskessels mit Kohlenstaubfeuerung. Dieser Spezialkessel nützt die strahlende Wärme der Staubflamme aus. Seine Heizfläche umgibt allseitig die Flamme, so daß Brennkammer und Kessel ein einheitliches Ganzes bilden ● Auf kleinster Grundfläche und mit geringstem umbauten Raum wird somit die größte Dampfleistung erzielt.

„LOPULCO"-Strahlungskessel wurden für alle Dampfdrücke, bis zu 110 atm, ausgeführt ● Ein Kessel für 40 t/std. und zwei Kessel für je 90 t/std. Dampferzeugung sind gegenwärtig im Ruhrgebiet im Bau.

**Legen Sie die Gesamtausführung in unsere Hand! Wir liefern Ihnen eine betriebsfertige Anlage.**

**KOHLEN SCHEIDUNGS-GESELLSCHAFT MBH**
**BERLIN-NW 7 FRIEDRICHSTR. 100**

Fordern Sie Druckschrift Nr. 50 L.




Universal-Gewindefräsmaschine Modell B 2
175x1200mm, mit direktem elektrischen Antrieb.

SCHUTTOFF
AKTIENGESELLSCHAFT
CHEMNITZ

**Stahl- und Walzwerk Hennigsdorf**
Aktiengesellschaft · Hennigsdorf bei Berlin

SWH

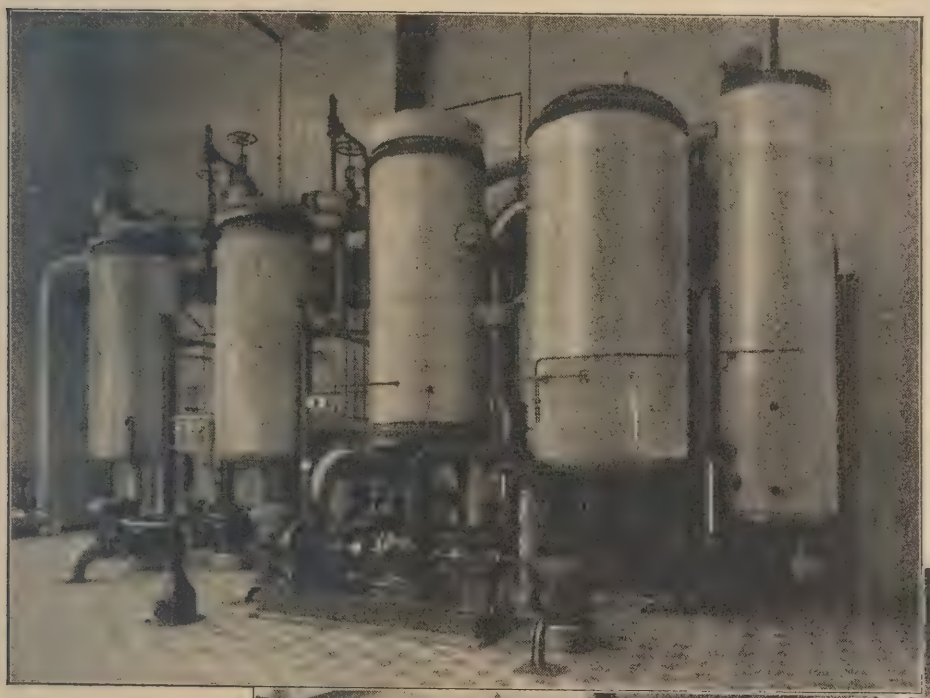
**STAHLGUSS**

aus Siemens-Martin- und Elektroöfen in Stücken von 50 t bis herab zu 0,1 kg Einzelgewicht für alle Zweige des Maschinen-, Elektromaschinen-, Schiff- und Baggerbaues, Massenartikel für den Waggon- u. Bahnbau, dünnwandiger Guß, Ventilguß, legierter Guß für hohe Dampfdrücke und hohe Temperaturen

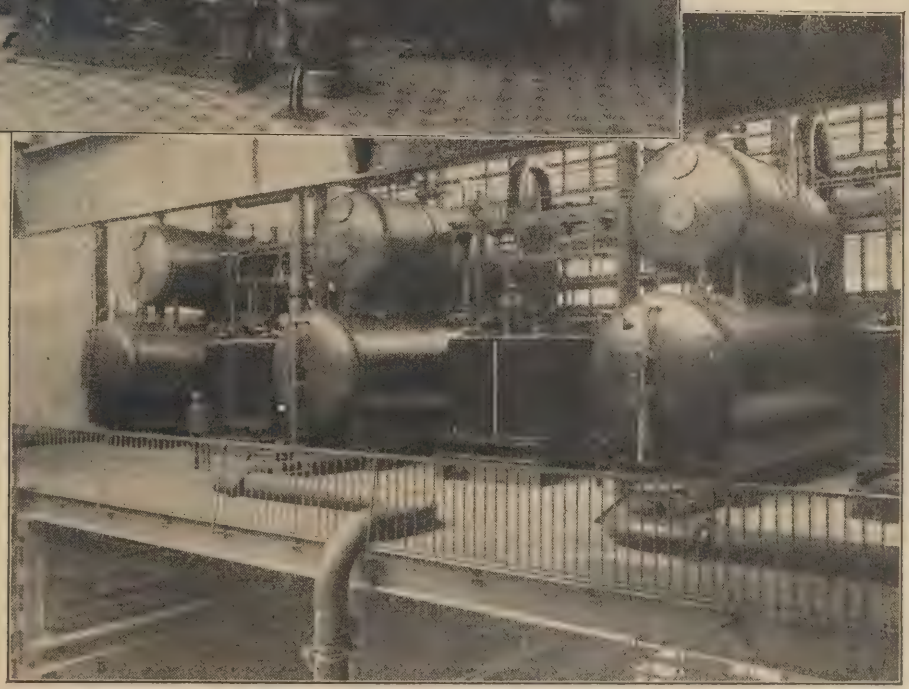
**FEINBLECHE**

Handelsbleche, kastengeglühte Bleche, Faßbleche, Festigkeitsbleche, Stanzbleche, 1 x und 2 x dekapiert, Tiefziehbleche für höchste Beanspruchung, Bekleidungsbleche — warm oder kaltgewalzt — für Waggon- und Karosseriebau, Dynamo- und Transformatorenbleche mit günstigstem Wattverlust.

# Balcke-Kessel-Speisewasser-Anlagen



**Verdampfer-Anlage**
für 120 to Destillat täglich mit Hochdruck-Vorwärmern für 30 at Betriebsdruck



**Großraum-Misch-Vorwärmer-Anlage**
für 21 600 to Speisewasser täglich mit Balcke-Gasschutz

MASCHINENBAU-AKTIENGESELLSCHAFT
**BALCKE, BOCHUM**
FERNRUF: 60141 DRAHTANSCHRIFT: CONDENSATION

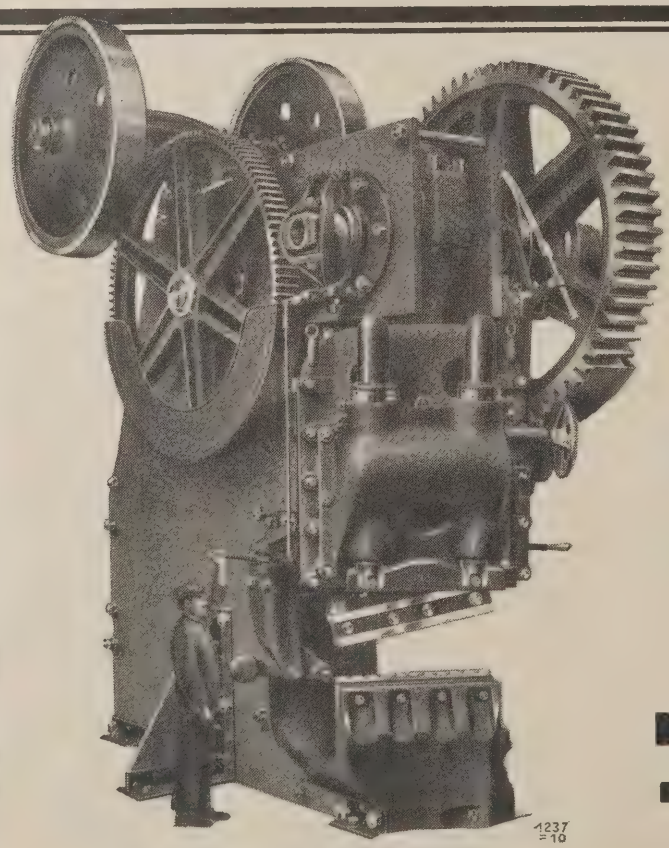
**Unsere neue**

# zweistufige Zweidruck-Entnahme-Dampfmaschine

**ermöglicht die Entnahme von Nutzdampf zweierlei Spannung**

# Erste Brünner

**Maschinen-Fabriks-Gesellschaft, Brünn, Č. S. R.**



Patent-Schrotschere Typ Ss 55
zum Verschroten schwersten Materials

Schutz PELS Marke

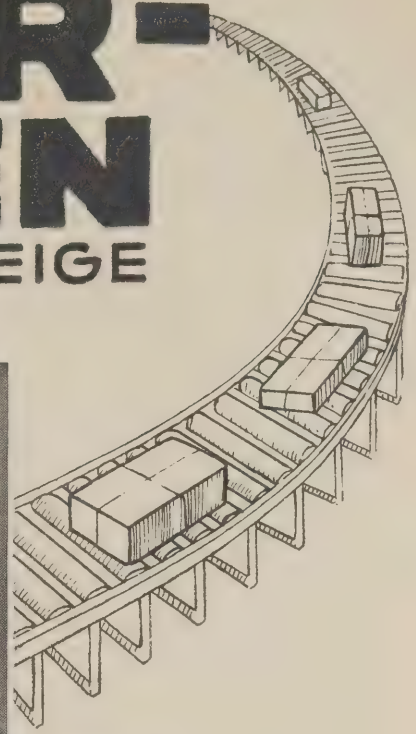
**PRESSEN**
**SCHEREN**
**LOCHSTANZEN**

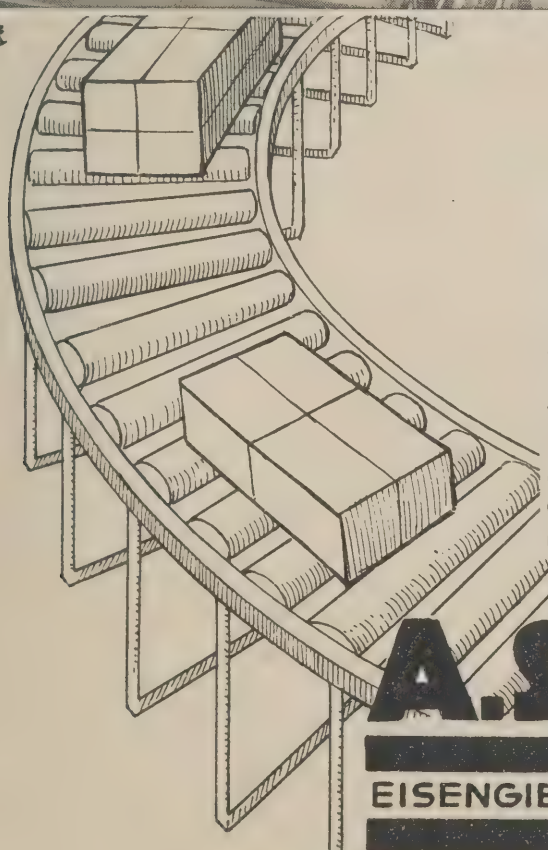
mit
garantiert bruchsicherem Körper
aus gewalzten S.-M.-Stahlplatten

**BERLIN - ERFURTER MASCHINENFABRIK**
**HENRY PELS & CO.**
Aktiengesellschaft
**Berlin - Charlottenburg 2**
Neue Grolmanstr. 5 d
Düsseldorf, Wilhelmplatz 3-8 d — Fabrik in Erfurt

# FÖRDER-ANLAGEN

## FÜR ALLE JNDUSTRIEZWEIGE





Um die Gestehungskosten in allen Industriezweigen herabzudrücken, müssen vor allen Dingen die unproduktiven Arbeiten auf ein Mindestmaß herabgesetzt werden. Dies wird am besten durch Einführung der Fließarbeit erreicht. Hierfür bauen wir unsere Förderanlagen, die viel Personal ersparen und für jeden nur denkbaren Zweck geliefert werden. Geben Sie uns Ihre Wünsche bekannt u. fordern Sie unsere Drucksachen an!

## A. STOTZ A.G.

GEGRÜNDET 1860

EISENGIESSEREI U. MASCHINENFABRIK

1000 ARBEITER

## STUTTGART

# JAEGER

## Turbinenpumpe

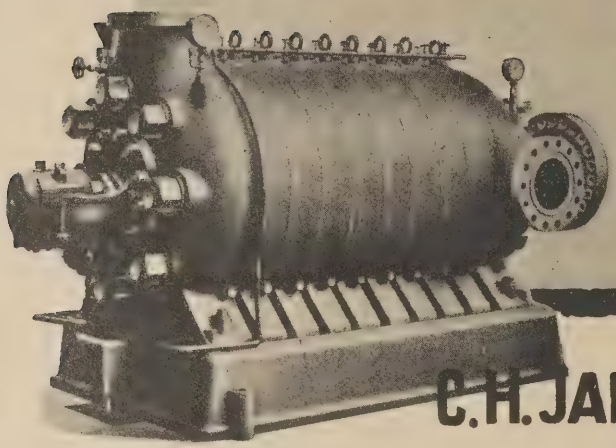
mit wagrechter oder senkrechter Welle

als **Bergwerkswasserhaltung, Abteufpumpe, Bohrlochpumpe, Wasserwerkspumpe, Kesselspeisepumpe u.s.w.**

Vollendete, bewährte Bauart. Bequemste Zugängigkeit zu allen inneren Teilen. Alle verschleissbaren Teile auswechselbar. Vollkommener Ausgleich des Achsschubes.

**Höchste Wirtschaftlichkeit und Betriebssicherheit.**

Unübertreffliche Lebensdauer.



**C. H. JAEGER & Co., LEIPZIG W. 31.**

# Rohrleitungen

für

Wasserkraftanlagen,

Dampfkraftanlagen

und

Gas- und Wasserversorgung

## E. Otto Dietrich

**Rohrleitungsbau A.-G.**

**BITTERFELD**
Postfach 89

**DÜSSELDORF**
Postfach 716

c 3533

# HECKEL

Gesellschaft für Förderanlagen Ernst Heckel m.b.H., Hauptverwaltung Saarbrücken. Techn. Büros: Essen, Berlin, Paris, London, Charleroi, Madrid

Verladeanlage „Heckel" eines Zementwerkes in Cairo mit 325 m langer Fahrbahn, sowie fahrbarer Verladebrücke von 40 m Spannweite.

## Heckel-Anlagen gewährleisten bedeutende Betriebsersparnisse

beim Fördern und Verladen von Massengütern infolge ihrer zweckentsprechenden Anordnung und soliden Ausführung. Millionen Tonnen Kohlen, Erze, Kali, Kalksteine, synthetische Düngemittel usw. werden täglich von mehreren 1000 Transportanlagen „Heckel" gefördert und verladen. In mehr als 30 Ländern von Europa, Afrika, Amerika und Asien arbeiten Heckel-Anlagen zur Zufriedenheit ihrer Besitzer. Wir bauten u. a. Drahtseilbahnen bis zu 27 km Länge: Schwerlast-Kettenbahnen für Stundenleistungen bis zu 750 to; die längste Seilförderung von Europa (noch heute nach ca. 30 Jahren in Betrieb). Verladeanlagen für Stundenleistungen bis zu 900 to usw.

## Groß-Anlagen „Heckel" zum Güter-Umschlag

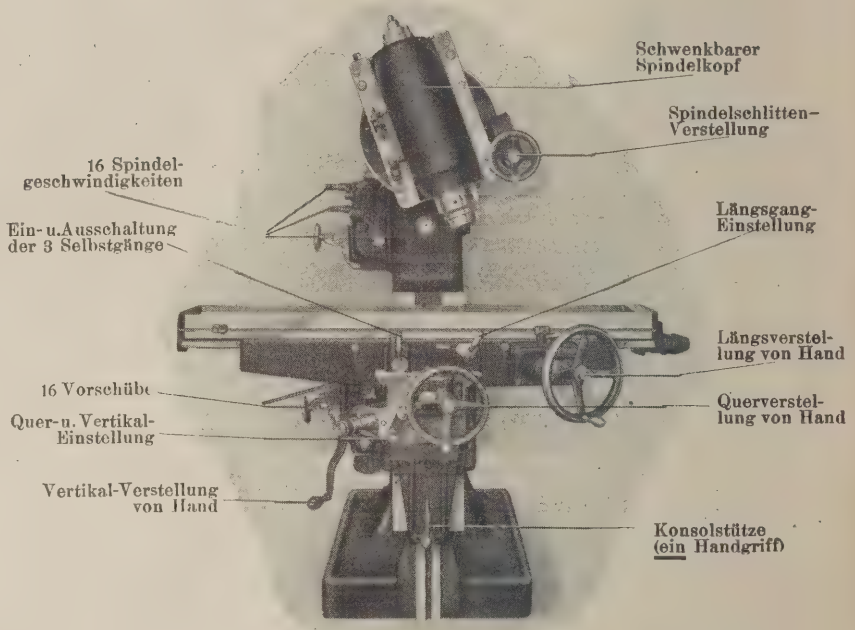
sind bahnbrechend für das Speichern und Verladen von Schüttgütern. Z. Z. bauen wir beispielsweise u. a. in Holland und Belgien für einen chemischen Konzern und zwei Stickstoff-Fabriken bedeutende Speicher-, Absack- und Verladeanlagen für synthetische Düngemittel.

**Wir beschäftigen 350 Spezialingenieure und Beamte und besitzen neuzeitliche Fabriken im Saargebiet und in Baden.**

# Biernatzki & Co. Chemnitz

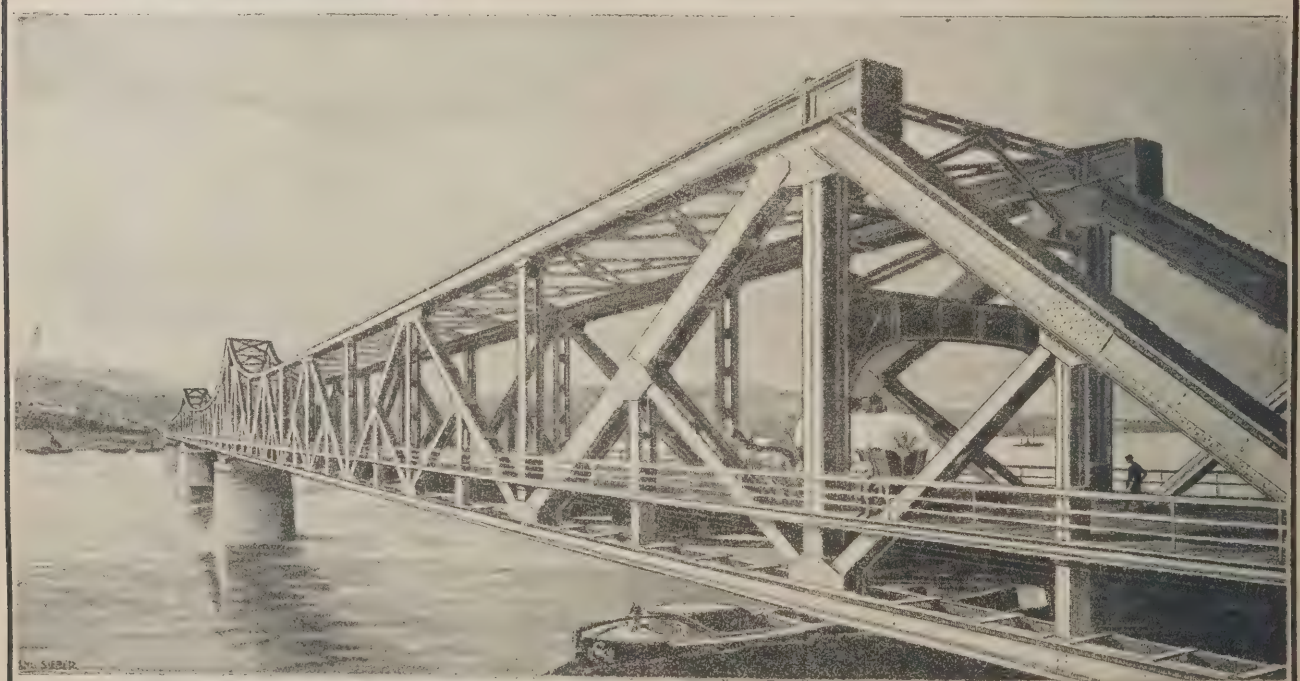
## Vertikal-Fräsmaschine VPII Da

Aufspannfläche 1465×350 mm
Drehbarer Spindelkopf – Automatischer Schnellgang des Tisches – Durch einen Handgriff feststellbare Konsolstütze.




# HILGERS
## RHEINBROHL

Brücken / Eisenhochbau
Transport-Anlagen / Wellblechbauten
Behälter / Rohrleitungen / Verzinkerei



HILGERS A.-G., RHEINBROHL

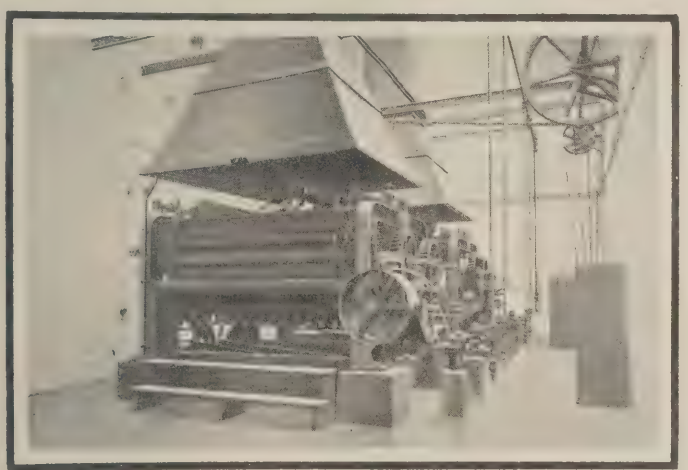
FABRIKZEICHEN 222282

Original

HAMBURGER ROHRBOGEN

Gleichmäßige Wandstärke
Faltenlose Ausführung

ROHRBOGENWERK GMBH. HAMBURG 23



Imperial

Trockenapparate

Trommeltrockner
Dampftrockner
Walzentrockner
Saugzellenfilter

in der chemischen Industrie

Walzentrockner

mit 1 oder 2 dampfbeheizten Walzen, Normaltypen von 3 bis 18 qm nutzbarer Walzenfläche, in Eisen oder sonstigem dem zu verarbeitenden Gute angepaßten Material. — Versuchsapparat steht zur Verfügung. Kostenanschläge, Ingenieurbesuch kostenlos und unverbindlich.

Maschinenfabrik Imperial GmbH, Meissen/Sa.

**Metallschläuche und biegsame Metallrohre**

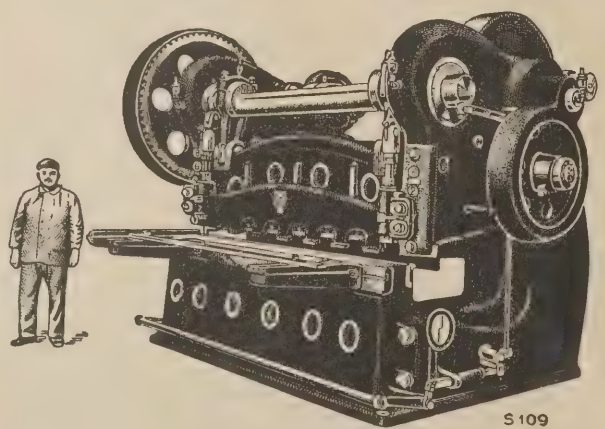
**für alle Zweige der Industrie bis zu den größten Abmessungen**

**CHR. BERGHÖFER & CO., NIEDERZWEHREN, KASSEL**

# Maschinenfabrik Weingarten

vorm. Hch. Schatz, A.-G.

**Weingarten, Württbg.**



S 109

Kurbelblechtafelschere

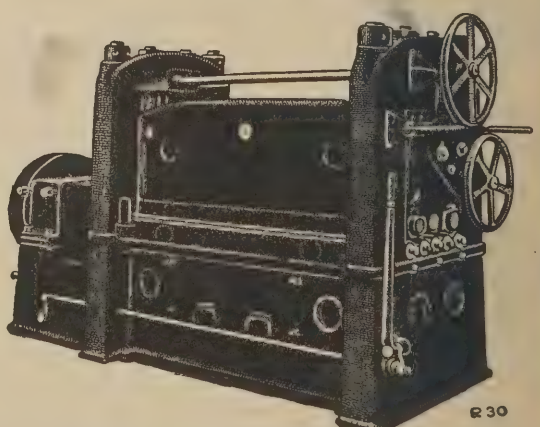
**Scheren, Stanzen, Pressen**
**Abkant-, Bieg- und Richtmaschinen**

**Hochleistungs-Stanzautomaten**
**für Bandfabrikation von Stator- und Rotorscheiben**

**Spezialmaschinen für den Automobil- und Karosseriebau**

Spezialität:

**Eisen- und Blechbearbeitungsmaschinen**
**jeder Art und Größe**



B 30

Hochleistungs-Blechricht- und Spannmaschine

# PERLIT-GUSS

LANZ PERLIT

Deutsche Reichs-Patente
Auslandspatente

**ist Gußeisen höchster Vollendung**

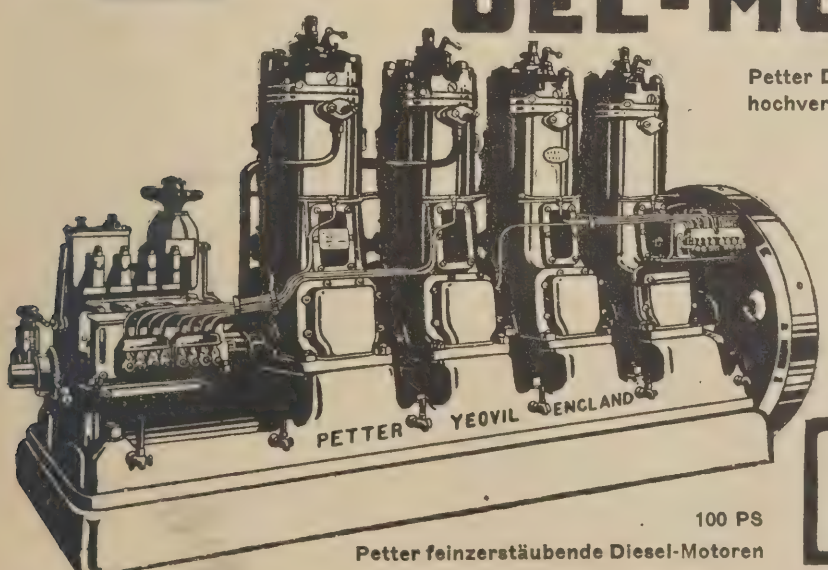
**PERLIT-GUSS**

besitzt höchsterreichbare Festigkeit, Dichtigkeit, Zähigkeit, ist verschleißfest, spannungsfrei, gefügebeständig bei hohen Betriebstemperaturen u. lunkerfrei, ermöglicht die Herstellung schwierigster Gußstücke bei niedrigstem Baugewicht. Ersetzt in vielen Fällen Stahl- und Temperguß

Heinrich LANZ Mannheim
Aktiengesellschaft
Maschinenfabrik und Eisengießerei

J 1115

# PETTER
## OEL-MOTOREN




100 PS
Petter feinzerstäubende Diesel-Motoren

Petter Diesel-Motoren, äußerst fein zerstäubend, hochverdichtend, kalt anlaufend.

Leistungsgrößen: 25 bis 260 PS

Zweitakt, ventillose Bauart. Luftlose Einspritzung mit offener Düse; ohne besondere Luftspülpumpe; ohne Hochdruck-Luftverdichter. Äußerst geringer Brennstoffverbrauch.

Die einfache Bauart und die geringe Anzahl arbeitender Teile setzen die Betriebs- und Unterhaltungskosten auf ein Mindestmaß herab.

Zu den Petter Bauarten gehören auch kleine Benzin- oder Petroleummotoren mit Magnetzündung, sowie Ölmotoren mit Glühkopfzündung für Brennölbetrieb in Leistungsgrößen bis zu 36 PS.

**PETTERS**
**LIMITED, YEOVIL, ENGLAND**

Vertrieb gesucht in Ländern, in denen noch keine Vertretungen eingerichtet sind.

# WESSELMANN

Unsere
WERKZEUGE
verbürgen
außergewöhnliche
**LEISTUNGEN U. LEBENSDAUER**

Eingetragenes Warenzeichen

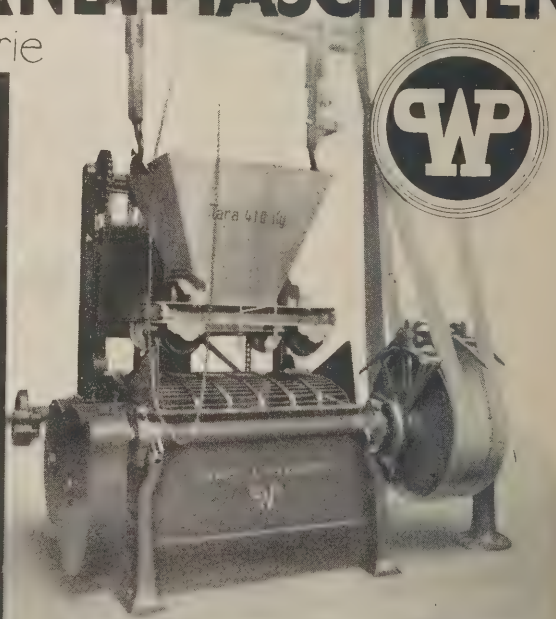
Wir fabrizieren:
SPIRALBOHRER
WERKZEUGE für die METALL-BEARBEITUNG nach DIN
SPEZIALWERKZEUGE für LEICHTMETALLE und sonstige Werkstoffe
DREHBANKFUTTER

**HOCHLEISTUNGS-BOHRMASCHINEN**
**BOHRPRESSE „WESSELMANN"**

WESSELMANN-BOHRER-CO., A.-G. GERA-ZWÖTZEN

# UNIVERSAL MISCH- u. KNETMASCHINEN

für alle Zwecke der chemischen Industrie



Universal Misch-und Knetmaschine
Sonderausführung zur Aufbereitung
von Kernsand und Lehm

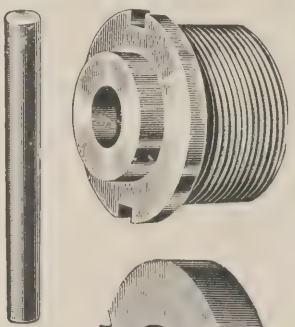
# WERNER & PFLEIDERER · CANNSTATT-STUTTGART

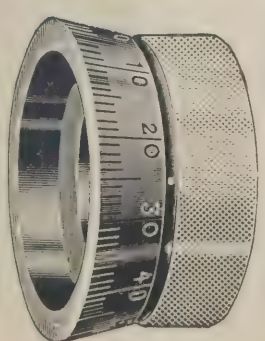
# WASSERAUFBEREITUNG

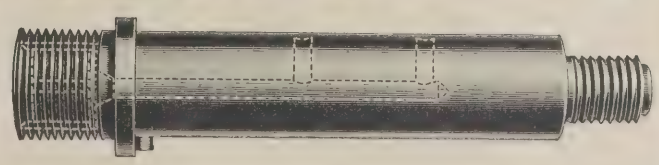
REUSCH

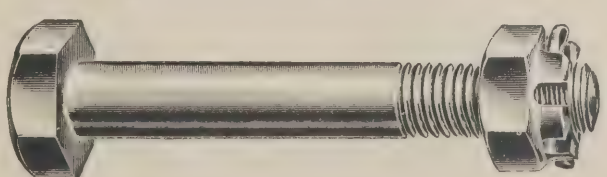
## FRANZ SEIFFERT u. Co. A. G. BERLIN C 19

**Reichelt-**
**Metallschrauben-**
**Aktiengesellschaft**
**Finsterwalde N.-L.**







**Schrauben, Muttern, Formteile nach den DINormen**

# EISENWERK THEODOR LOOS

## GUNZENHAUSEN, BAYERN

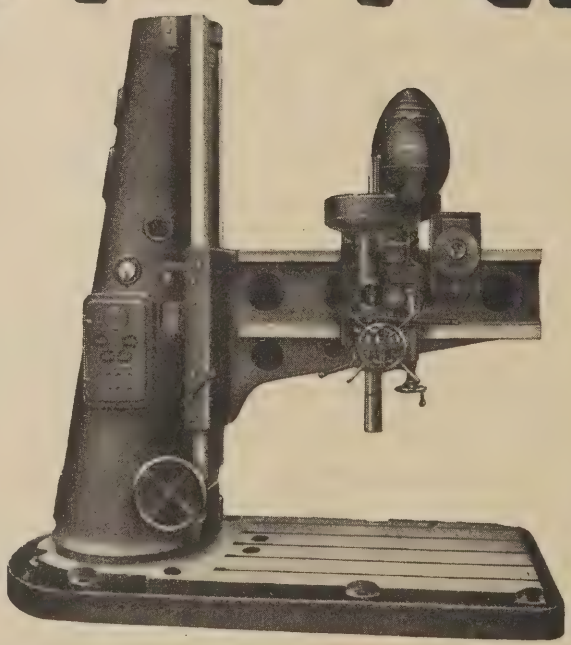
liefert außer Verband

**Hoch- u. Niederdruck-Dampfkessel**

auf Grund über 40jähriger Erfahrung in prima Ausführung preiswert ab Lager

Anlage 7 stehende Hochdruckkessel je 30 qm, 8 Atm. 210 qm Gesamtheizfläche an einen Besteller für Balkan geliefert.

# HETTNER



BOHRMASCHINENFABRIK

MÜNSTEREIFEL

**Gehrckens-Riemen**
gewährleisten
sparsamsten
Dauerbetrieb

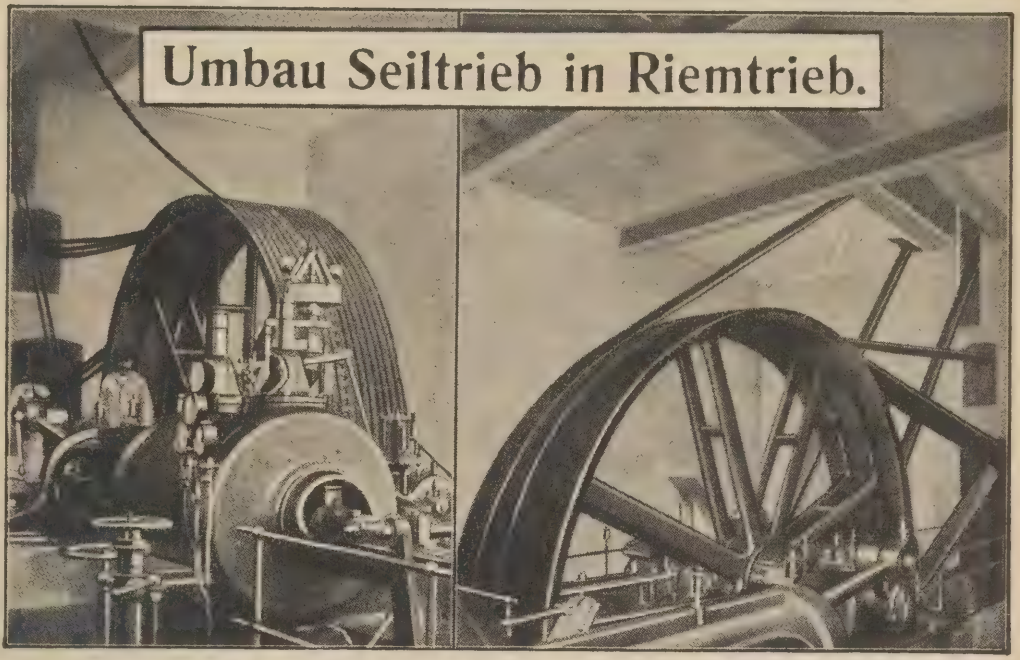
*Der Bezieher nebenstehender Riemen, die Firma Fiumaner Erste Reisschäl- und Reisstärke-Fabriks-Aktiengesellschaft, Fiume, schreibt mir am 10.6.1927 wie folgt:*

„. . . . daß der von der Firma C. Otto Gehrckens, Wandsbek, seinerzeit in unserer Mühle umgebaute Riemenbetrieb sich bisher zu unserer vollsten Zufriedenheit bewährt hat. Der Antrieb läuft nunmehr seit 12 Jahren und hat uns in dieser Zeit noch nie Grund zu irgend einem Tadel gegeben. Auch konnten wir feststellen, daß der Riemenbetrieb gegenüber dem alten Seilbetrieb bedeutend konvenabler ist."

C. Otto Gehrckens
Gegründet 1867
Leder- und Riemenwerke

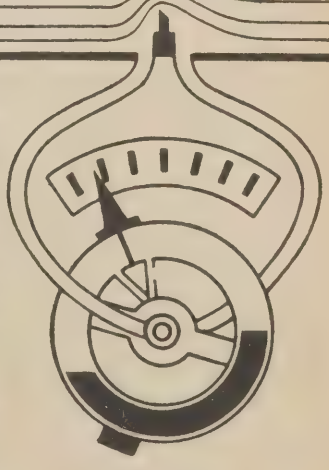
Wandsbek
Litzowstr. 29-32
mit den Konzernfirmen
Lederwerk Pinneberg
Lederwerk Tornesch zus.
500 Mann Belegschaft

Umbau Seiltrieb in Riemtrieb.



VDI-NORMAL-STAURAND UND

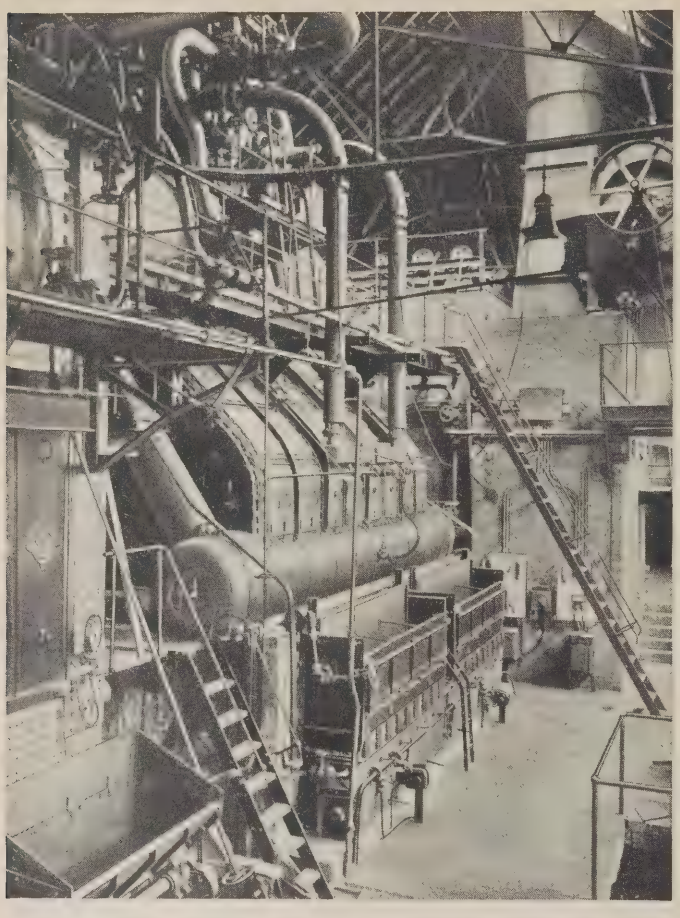
H & B RINGWAAGE



Diese beiden Geräte zusammen dienen zum Messen der Mengen von Wasser und Dampf, Luft und Gas. Die Ringwaage erfaßt peinlich genau den Differenzdruck, den der Staurand gibt. Das Spiel der Drucke bringt selbst bei der geringsten Änderung den Waagering in Bewegung und den Zeiger zum Ausschlag. Da Druck und durchströmende Menge in genau bekannter rechnerischer Beziehung stehen, wird die Skale gleich in Mengen-Einheiten geeicht.

Die Ringwaage mißt: Dampf- und Wasser-Mengen in Kesselhäusern und Kraftwerken / Gas-Wind- und Kühlwasser-Mengen in Stahlwerken und Hochöfen / Brennluft- und Gas-Verbrauch in Glas- und Keram-Betrieben /
mißt überall, wo es gilt strömende Mengen zu erfassen

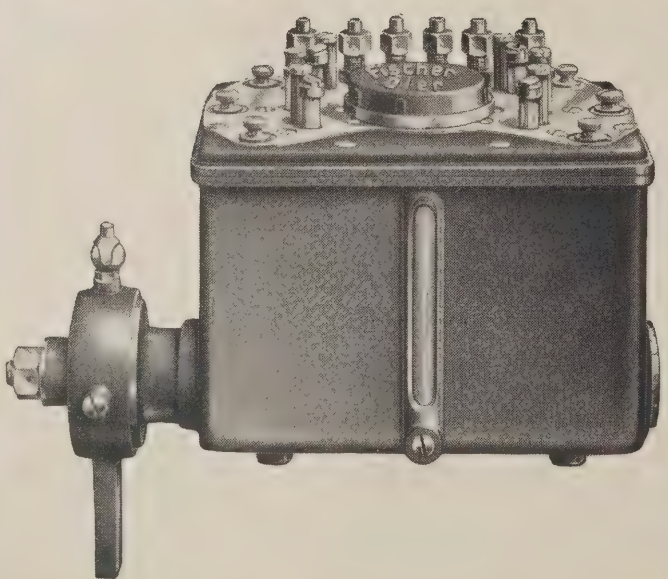
HARTMANN & BRAUN
A-G FRANKFURT A M



Großwasserraumkessel
Kammerwasserrohr-
Steilrohrkessel
Höchstdruckkessel

FRIED. KRUPP
GERMANIAWERFT A.-G.
Kiel-Gaarden

FISCHER ÖLER



Ventillos
Sichtbarer Tropfenfall
Überwinden jeden Gegendruck

Eignen sich besonders für:

Dampfmaschinen
Rohöl- und Dieselmotoren
Pressen, Automaten
Fräs- und Hobelmaschinen
Bohrwerke usw.

Fischer A.-G., Frankfurt a. M.-Oberrad

# MARTIN-
# Rückschubroste

Prospekte
und Auskünfte
auf Wunsch.

Für minderwertige Brennstoffe und Abfallprodukte aus Kohlenwäschen allerorts bewährt

## DINGLER

DINGLERSCHE MASCHINENFABRIK A.-G. ZWEIBRÜCKEN-PFALZ

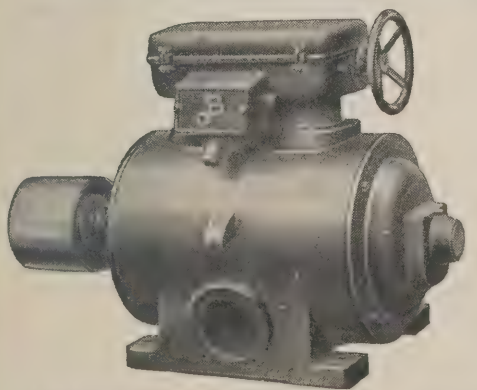
STORCH

# Bruncken-Doka-Motor

**ohne Schleifringe bis 150 PS Leistung (D.R.P.)**

## Der einzige Käfiganker-Motor mit Schleifringanker-Charakteristik

**Anlauf durchschnittlich bis zum dreifachen des normalen Drehmomentes**



Lieferbar in

gekapselter Ausführung
(Durchzugstype)

mantelgekühlter Ausführung

explosionssicherer Ausführung

mit
aufgebautem Anlaß-Kontroller oder Selbstanlasser

## Cölner Elektromotorenfabrik Johannes Bruncken

Telefon Amt Köln:
Sammelnummer West 58 341

CÖLN-BICKENDORF 5

Gegründet 1907

MONEL-METALL

GUSS-STÜCKE

sind dort anzuwenden, wo Widerstandsfähigkeit gegen Angriffe durch Säuren, Laugen, Alkalien, Salzwasser, unreine Gewässer sowie hohe Festigkeit verlangt wird.

Monel-Metall verwendet man zur Herstellung aller Maschinen und Maschinenteile, die der Korrosion, hoher Temperatur und starkem Druck ausgesetzt sind. Es wird in allen handelsüblichen Formen geliefert.

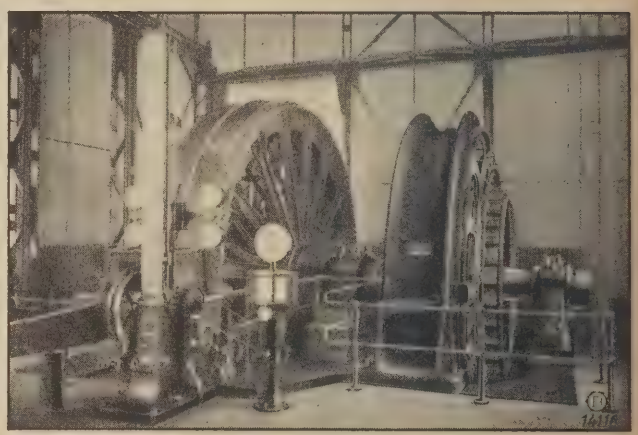
Verlangen Sie unsere Broschüre MM 1

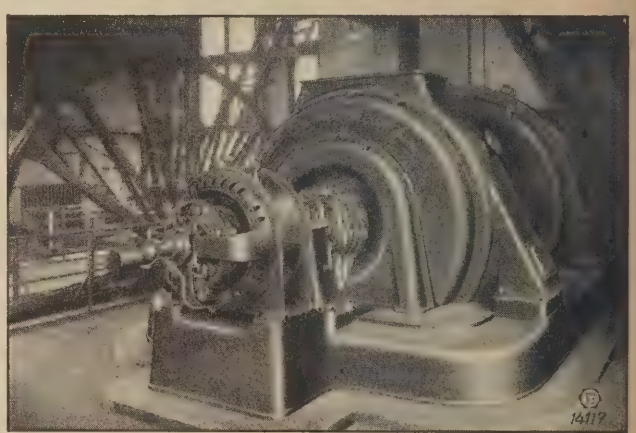
Monel-Metall
GESELLSCHAFT M. B. H.
Frankfurt a. M., Kaiserstr. 24

MONEL-METALL

BERGMANN

Elektrische Ausrüstungen für Berg-, Hütten- und Walzwerke





Turmfördermaschine mit Leonard-Umformer

Spitzenleistung 3600 kW. Drehzahl 47 i. d. Min.
Teufe 750 m. Größte Nutzlast 11,7 t
Fördergeschwindgk. bei Lastfahrt 16 m/s, bei Seilfahrt 10 m/s

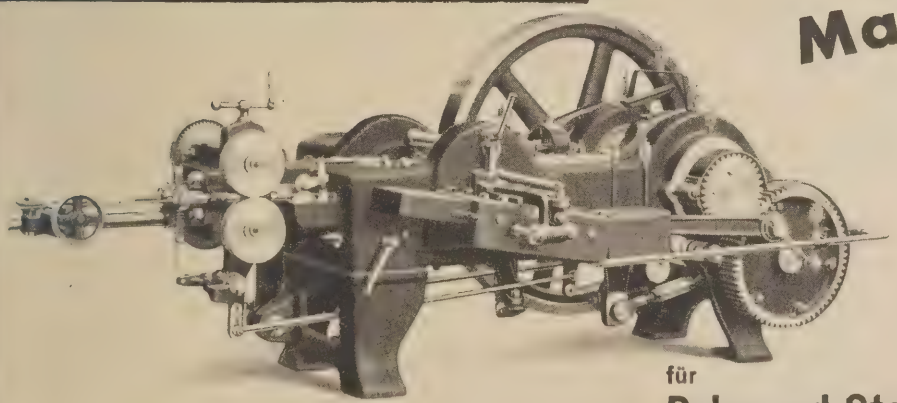
B

BERGMANN-ELEKTRICITÄTS-WERKE
AKTIENGESELLSCHAFT, BERLIN

CARL Flohr A.-G.
BERLIN N 4.

BAUT SEIT 1885
LAUFKRANE, VERLADEBRÜCKEN, DREHKRANE, TURMKRANE,
HÄNGEBAHNEN, SPILLS, WINDEN.

**Doppeldruck-Kaltpressen**



Modernste **Maschinen**

zur Herstellung von
**Schrauben**
**Muttern**
**Nieten**
auf warmem und kaltem Wege
für
**Schienennägel**
**Tyrefonds**
**Isolatorenstützen**
**Hufeisen usw.**

für
**Rohr- und Stangenziehereien**
wie Ziehbänke, Rohrwalzmaschinen, Hochleistungsrohr-abstechmaschinen. Automatische Rohrgewinde-Schneid-anlagen. Automatische Rohrabstechanlagen

**Exzenterpressen**
**Friktionspressen**
aller Art in jeder gewünschten Konstruktion und Ausführung

**Gesenkschmiedeeinrichtungen**
**Spezialmaschinen für Fahrrad- und Automobil-Felgenfabrikation**

**Th. Kieserling & Albrecht**
Maschinenfabrik und Eisengießerei
Gegründet 1873 SOLINGEN ca. 600 Beschäftigte

# A. Bezugsbedingungen

## I. Für Bezieher, die nicht dem V. d. I. angehören

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verlag***) erbeten.)

Die VDI-Zeitschrift erscheint wöchentlich und wird nur vierteljährlich (Ausland ganzjährig) abgegeben. Die Bestellung läuft stillschweigend weiter, wenn nicht 4 Wochen vor Quartal- bzw. Jahresschluß eine Abbestellung erfolgt. Die VDI-Zeitschrift kann durch den Verlag, durch die Post und durch den Buchhandel bezogen werden.

**Die Bezugsgebühren betragen:**

**Inland** (einschließlich Danzig, Memel- und Saargebiet): Jährlich RM 40.—, vierteljährlich RM 10.—. Einzelheftpreis: RM 1.75, für Mitglieder RM 1.50 zuzüglich RM 0.30 Porto.

**Ausland** mit vollem Drucksachenporto (Vereinigte Staaten von Amerika, Australischer Bund, Bolivien, Britisch-Indien, China, Dänemark, Großbritannien, Italien, Japan, Kanada, Niederländisch-Indien, Norwegen, Peru, Polen, Schweden, Schweiz): Jährlich RM 59.— einschl. der Portokosten.

**Übriges Ausland** mit ermäßigtem Drucksachenporto: Jährlich RM 50.40 einschl. der Portokosten.

Postscheckkonten: Berlin 102373, Wien 174439, Prag 77329

**Auf Wunsch wird den Beziehern die zu jedem Heft in Form von Karteikarten erscheinende Literaturübersicht kostenlos geliefert.**

Erfüllungsort: Berlin, Gerichtsstand: Amtsgericht Berlin-Mitte. — Notwendig werdende Nachforderungen vorbehalten.

## II. Für Mitglieder des V. d. I.

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verein****) erbeten.)

Die Bezugsgebühr für die VDI-Zeitschrift ist in dem Mitgliedbeitrag eingeschlossen. Er beträgt a) Inland: RM 30.—, b) Ausland: RM 37.50 einschließlich Portoanteil.

Für diesen Beitrag werden außerdem die VDI-Nachrichten kostenlos geliefert.

**Beitragszahlungen** sind nur an den **Verein****) zu richten. Die Lieferung wird erst nach Entrichtung des Beitrages aufgenommen, der satzungsgemäß vor Beginn jedes neuen Vereinsjahres zu entrichten ist.

Bestellungen auf **Einzelhefte** sind an den **Verlag***) zu richten. (Einzelheft für Mitglieder RM 1.50 zuzügl. 30 Pf. Porto.)

**Auf Wunsch wird den Mitgliedern die zu jedem Heft in Form von Karteikarten erscheinende Literaturübersicht kostenlos geliefert**

# B. Anzeigenpreise

(Zuschriften und Zahlungen an den **Verlag***) erbeten.)

Es gelten die Bedingungen der Arbeitsgemeinschaft technisch-wissenschaftlicher Zeitschriften-Verleger **ATZ**, der folgende Verleger angehören: VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7, Verlag Stahleisen m. b. H., Düsseldorf, Verlag Glückauf m. b. H., Essen, Verlag Chemie G. m. b. H., Berlin.

**a) Empfehlungsanzeigen**

| 1/1 | 1/2 | 1/4 | 1/8 | 1/16 Seite | Nachlaß: | bei 6 | 13 | 26 | 52 Aufnahmen im Jahr |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 430.— | 230.— | 120.— | 65.— | 35.— RM | | 5 | 10 | 20 | 30 vH |

Annahme von Prospekt-Beilagen nur von Inserenten zum Preise von RM 20,— je 1000 Stück.

**b) Bezugsquellennachweis.** Eintragungen im Bezugsquellennachweis werden mit RM 0,72 für die einspaltige Millimeterhöhe berechnet. Angenommen werden nur Jahresaufträge über 52 Einschaltungen mit 30 v. H. Nachlaß. Mindestmaß: 10 mm, Höchstmaß: 60 mm.

**c) Kleine Anzeigen,** Stellenangebote, Vertreteranzeigen, An- und Verkäufe werden je mm Höhe der 27 mm breiten Spalte mit RM 0,36 berechnet. Stellengesuche für Mitglieder mit RM 0,20, sofern die Bestellung direkt erfolgt, für Nichtmitglieder mit RM 0,30.

**Erscheinungstag:** Jeden Sonnabend; **Annahmeschluß** für Empfehlungsanzeigen 12, für kleine Anzeigen 6 Arbeitstage vor Erscheinen des Heftes.

Der Verlag behält sich vor, die Aufnahme von Anzeigen und Beilagen ohne Angabe von Gründen abzulehnen und laufende Aufträge einzustellen. Erfüllungsort: Berlin, Gerichtsstand: Amtsgericht Berlin-Mitte.

*) *VDI-Verlag G. m. b. H., Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40.*

Fernsprecher: Merkur 3126, 3127, 4483, 4484, 5460, 6104, 6171, 7454.
Postscheckkonto: Berlin 102 373. Drahtanschrift: Ingenieurverlag.
Bankkonto: Dresdner Bank, Dep.-Kasse F, Spittelmarkt.
Geschäftszeit: 8 bis 4¾ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

**) *Verein deutscher Ingenieure Berlin NW 7, Ingenieurhaus.*

Fernsprecher: Zentrum 152 00 bis 152 18, 152 24.
Postscheckkonto: Berlin 6535. Drahtanschrift: Ingenieurverein.
Bankkonto: Deutsche Bank, Dep.-Kasse A, Mauerstraße.
Geschäftszeit: 7¾ bis 4½ Uhr, Sonnabends bis 1 Uhr.

# NACHWEIS

## DER IM ANZEIGENTEIL ANGEKÜNDIGTEN ERZEUGNISSE

Zur besseren Übersicht und schnelleren Orientierung sind nachstehend die Erzeugnisse aufgeführt, die in den Anzeigen des vorliegenden Heftes angekündigt werden.

Die Zahlen hinter den Stichwörtern benennen die Seiten mit den betreffenden Anzeigen.
Anzeigen und Firmen wechseln zum Teil. Es empfiehlt sich deshalb, im Bedarfsfalle immer mehrere aufeinanderfolgende Hefte durchzusehen.


Abdampfausnutzungs-Apparate . . . . . 50
Abdampf-Entöler . . . . . 50
Abdeckgitter . . . . . 77
Abdeckplatten . . . . . 75
Abkant-, Bieg- und Richtmaschinen . . . 36
Admoslegierungen . . . . . 54
Aluminium-Guß . . . . . 61
Antriebe . . . . . 21, 22, 74
Apparate u. Behälter für d. chem. Industrie 49
Arbeitszähler . . . . . 73
Armaturen . . 50, 59, 62, 63, 67, 76, 78
Auffüll-Kompressoren . . . . . 14
Auflader . . . . . 72
Aufzüge . . . . . 9, 50
Autogene Schweiß- u. Schneid-Anlagen . 78
Automaten . . . . . 23

Bahnanlagen . . . . . 4
Baustähle . . . . . 12
Bauwinden . . . . . 67
Becherwerke . . . . . 76
Behälter . . . . . 34
Benzin-Motorkarren . . . . . 71
Bergwerksguß . . . . . 3. U.-S.
Bergwerks-Wasserhaltungen . . . . . 32
Betriebsüberwachungs-Anlagen . . . . . 41
Biegsame Metallrohre . . . . . 36
Bleche, Blechfabrikate . . . . . 12, 66
Blechkonstruktionen . . . . . 77
Bohrer . . . . . 38, 61
Bohrlochpumpen . . . . . 32
Bohrmaschinen . . . . . 2, 38, 40
Bohrpressen . . . . . 38
Brücken . . . . . 34
Brunnenbauten . . . . . 50
Bunkerstandanzeiger . . . . . 27

Dampfhämmer . . . . . 50
Dampfkessel . . . 16, 19, 40, 42, 63, 68
Dampfmaschinen . . . . . 30, 68
Dampfmesser . . . . . 50, 51, 78
Dampfpumpen . . . . . 71
Dampfreiniger . . . . . 73
Dampftrockner . . . . . 35, 51, 73
Dampfturbinen . . . . . 4
Dampfzähler . . . . . 74
Dichtungen . . . . . 51
Dieselmotoren . . . . . T.-S., 37, 57, 70
Drähte, Drahtwaren, Drahtseile . . . . 61
Drahtseilbahnen . . . . . 33
Drehbankfutter . . . . . 38
Drehkrane . . . . . 9, 45, 65
Drehscheiben . . . . . 55
Drehstrom-Generatoren . . . . . 73
Düsen zur Verteilung u. Zustandsänderung von Flüssigkeiten . . . . . 61
Duralumin . . . . . 70

Economiser . . . . . 15, 51, 73
Einständer-Hobelmaschinen . . . . . 26
Einzelantriebe . . . . . 22
Eisen- und Blechbearbeitungsmaschinen . 36
Eisen- u. Blechkonstruktionen . . . . . 75
Eisenhoch- u. Brückenbau . . . 34, 66, 75
Eis- u. Kühlmaschinen . . . . . 8, 68
Elektr. Ausrüstungen für Berg-, Hütten- u. Walzwerke . . . . . 44
Elektr. Einzelantriebe . . . . . 22
Elektr. Meßgeräte . . . . . 41
Elektrofilter . . . . . 48
Elektro-Flaschenzüge . . . . . 67
Elektrokabelwinden . . . . . 67
Elektro-Motoren . . . . . 43, 64
Elektro-Oefen . . . . . 24
Elektrozüge . . . . . 51
Elevatoren . . . . . 76
Entöler . . . . . 59
Exzenterpressen . . . . . 45

Fabrikanlagen f. d. chem. Industrie . . . 5 1
Fachliteratur . . . . . 56, 60
Farbspritz-Anlagen . . . . . 54
Federn jeder Art . . . . . 51, 77
Feilen und Raspeln . . . . . 51, 77
Feinbleche . . . . . 28
Fernthermometer . . . . . 54
Fette . . . . . 66
Feuerungsanlagen . . . . . 16
Filter . . . . . 77
Filterpressen . . . . . 78
Filz . . . . . 51
Flammrohrkessel . . . . . 63

Flanschenwalzen . . . . . 74
Flaschenzüge . . . . . 67, 70
Fließarbeitseinrichtungen . . . . . 31, 69
Förderanlagen . . . . . 9, 31, 33, 74
Förderketten . . . . . 6
Förder- u. Pumpenmaschinen . . . . . 4
Formstücke . . . . . 76
Fräsmaschinen . . . . . 2, 34
Friktions-Spindelpressen . . . . . 45
Friktionswinden . . . . . 67

Gebläse . . . . . 69
Generatoren . . . . . 4, 68, 73
Gesenkschmiedestücke . . . . . 75, 76
Getriebe . . . . . 57, 62, 65, 71
Gewindefräsmaschinen . . . . . 28
Gewindeschneidmaschinen . . . . . 68
Gießerei-Einrichtungen und -Maschinen . 59
Gittermaste u. Türme . . . . . 66
Glasdächer, kittlose . . . . . 51
Glattrohr-Economiser . . . . . 15
Graphit . . . . . 51
Graviermaschinen . . . . . 51, 78
Groß-Schieber . . . . . 51
Grokwasserraumkessel . . . . . 42
Gurtförderer . . . . . 74
Gußeiserne Rohre u. Formstücke . . 3. U.-S.

Hängebahnen . . . . . 45, 76
Hängedecken . . . . . 27
Hebezeuge . . . . . 65, 67, 70, 72
Heißdampfkühler . . . . . 69
Heißdampfumformer . . . . . 73
Heißwasser-Speisepumpen . . . . . 25
Heiz- u. Kochapparate . . . . . 4
Heuergetriebe . . . . . 57
Hobelmaschinen . . . . . 26
Hochdruck-Dampf-Absperrventile . . . 67
Hochdruckkessel . . . . . 40, 42
Hochdruck-Schmierungen . . . . . 3. U.-S.
Hochfrequenz-Oefen . . . . . 24
Hochsicherheitstrommeln . . . . . 17
Hohlnieten . . . . . 51
Holzmodelle . . . . . 51
Holzrohre . . . . . 51
Hydranten, Brunnen . . . . . 63
Hydraul. Akkumulatoren . . . . . 51
Hydraul. Hebeböcke . . . . . 67
Hydraul. Pressen . . . . . 51, 52, 68
Hydraul. Preßpumpen . . . . . 51, 53

Indikatoren . . . . . 63, 73
Industrie-Bauten . . . . . 77
Industrie-Oefen . . . . . 24, 52
Innenschleifmaschinen . . . . . 10
Installationsmaterial . . . . . 4
Isolierschalen, Platten u. Steine . . . . . 58
Isolierungen gegen Schall und Erschütterung . . . . . 52
Isolierung für Wärme und Kälte . . 58, 65

Kabelwinden . . . . . 67
Käfiganker-Motoren . . . . . 43
Kältemaschinen . . . . . 8
Kaltprofile . . . . . 67
Kaltsägemaschinen . . . . . 68
Kaminkühler . . . . . 52
Kegelradgetriebe . . . . . 65
Kesselbauten . . . . . 3. U.-S., 16, 19
Kesselhausanlagen . . . . . 4. U.-S.
Kesselschmiedearbeiten . . . . . 68
Kesselspeisepumpen . . . . . 25, 32, 56
Kessel-Speisewasser-Anlagen . . . . . 29
Ketten-Antriebe . . . . . 74
Ketten, Kettenräder, Kettenachsen . . 6, 52
Kieselgur-Wärmeschutzmassen . . . . . 65
Kipper . . . . . 9
Kohlenstaubfeuerungen . . . 4. U.-S., 27, 52
Kohlenstaubmühlen . . . . . 60
Kohlenstaub-Spezialkessel . . . . . 27
Kokskühlung, Anlagen zur trockenen . . 27
Kolbenpumpen . . . . . 77
Kolbenringe . . . . . 52
Kompensatoren . . . . . 70
Kompressoren . . . . . 7, 11, 14, 62
Kompressorlose Dieselmotoren . . . 57, 70
Kondenstöpfe . . . . . 52
Kondenswasserableiter . . . . . 69
Krane . . 9, 45, 50, 52, 63, 65, 67, 70
Kreiselpumpen . . . . . 20, 62
Kreiselpumpen, Rohrleitungen u. Gefäße aus säurebeständigem Steinzeug . . . 76
Kreis- u. Längenteilmaschinen . . . . . 78
Kreistransporteure . . . . . 76
Kühlmittel-Pumpen . . . . . 77
Kupolöfen . . . . . 68
Kupplungen . . . . . 78
Kurbelpumpen . . . . . 62

Laufkrane . . . . . 9, 45, 70
Ledertreibriemen . . . . . 41
Lichtpauslampen . . . . . 52
Lichtpausmaschinen . . . . . 77
Lokomotiv-Indikatoren . . . . . 73
Lüftungs-Einsätze . . . . . 66
Lufterhitzer . . . . . 27, 52
Luftfilter . . . . . 52, 53
Luftheizapparate . . . . . 69
Luftheizungsanlagen . . . . . 53
Luftpumpen . . . . . 62
Luftvorwärmer . . . . . 53

Maschinen z. Herstellung von Schrauben, Muttern, Nieten . . . . . 45
Materialprüfmaschinen . . . . . 53, 58, 73
Mechanische Treppenroste . . . . . 4. U.-S.
Meßapparate . . . . . 53, 73, 76
Messerkopf-Schleifmaschinen . . . . . 5
Meßgeräte für Wärmetechnik . . . . . 41
Metallformguß . . . . . 67
Metallschläuche . . . . . 36
Metallschrauben . . . 39, 65, 69, 75, 77
Metallstopfbüchsenpackungen . . . . . 53
Misch- u. Knetmaschinen . . . . . 38
Mitteldruck-Indikator . . . . . 73
Monel-Metall . . . . . 44
Motoren . . T.-S., 37, 43, 57, 64, 70, 72
Motor-Kompressoren . . . . . 11
Mühlen . . . . . 27, 60

Nietmaschinen . . . . . 71

Oefen (Zirkulieröfen) . . . . . 78
Oeler . . . . . 42
Oellose Lager . . . . . 61
Oelschaltkästen f. industrielle Betriebe . . 18

Packungen . . . . . 51, 53
Perlit-Guß . . . . . 37
Plungerpumpen . . . . . 20
Pneumatische Transportanlagen . . . . . 60
Portalkrane . . . . . 63
Präzisions-Reißzeuge . . . . . 53
Pressen . . . . . 30, 45
Preßluftanlagen und Werkzeuge . . . 53, 67
Preßluftmesser . . . . . 51
Preßluftschläuche . . . . . 76
Prüfmaschinen . . . . . 53, 58, 73
Pumpen . . . . . 20, 25, 32, 53, 56, 62, 64, 71, 76, 77, 78
Pumpenanlagen . . . . . 54

Radialbohrmaschinen . . . . . 40
Räderfräsautomaten . . . . . 23
Rangieranlagen . . . . . 55
Rechenschieber . . . . . 54
Reduzier-Ventile . . . . . 54, 69, 75, 76
Registrierapparate . . . . . 73
Registrierstreifen . . . . . 54
Regler . . . . . 74, 75, 76
Reibungskupplungen . . . . . 78
Riemenscheiben . . . . . 77, 78
Ringschrauben u. Ringmuttern . . . . . 75
Rippenrohr-Economiser . . . . . 15, 73
Rippenrohre, schmiedeeiserne . . . . . 64
Rohrbogen . . . . . 35
Rohre aller Art und Form . . . . . 66
Rohrleitungen 2. U.-S., 32, 34, 54, 59, 66, 75, 78
Rohrschellen . . . . . 63
Rollenbahnen . . . . . 76
Rübelbronzen . . . . . 54
Rückschubroste . . . . . 43

Sägeblätter . . . . . 54, 68
Sägeblatt-Schärfmaschinen . . . . . 68
Sandstrahlgebläse . . . . . 59
Saugzellenfilter . . . . . 35
Schachtöfen . . . . . 54
Schaltanlagen . . . . . 4
Scheren, Stanzen, Pressen . . . . . 30, 36
Schieber . . . . . 63
Schleifmaschinen . . . . . 5, 10
Schmelzöfen . . . . . 68
Schmiedestücke . . . . . 3
Schneckengetriebe . . . . . 65
Schnellarbeits-Stähle . . . . . 74
Schnitte, Stanzen, Ziehwerkzeuge . . . . . 54, 64, 77
Schlauben, Muttern, Nieten u. Formteile . . . . . 39, 65, 69, 77
Schraubenpumpen . . . . . 20
Schraubenschlüssel . . . . . 75, 77
Schwelanlagen . . . . . 27
Schwimmkrane . . . . . 9
Schwingungsmesser . . . . . 73
Seilkloben . . . . . 67
Sektionalkessel . . . . . 16, 63
Sicherheits-Hängebahnen . . . . . 74
Silumin-Guß . . . . . 61
Spannungsanzeiger . . . . . 73
Speisewasser-Vorwärmer . . . . . 69
Spezialmaschinen f. d. Automobil- und Karosseriebau . . . . . 36
Spezialmaschinen f. Fahrrad-, Automobil- u. Felgenfabrikation . . . . . 45
Spille . . . . . 45
Spiralbohrer . . . . . 38
Splinte . . . . . 76
Spritzpistolen . . . . . 54
Stabfeder-Indikatoren . . . . . 63
Stab-, Band- u. Formeisen . . . . . 12
Stahle aller Art . . . . . 74
Stahlguß . . . . . 1, 28
Stahlketten . . . . . 6
Stahlriemenscheiben . . . . . 77
Staubtransportpumpen . . . . . 64
Steilrohrkessel . . . . . 16, 42, 63
Stellringe . . . . . 54

Tachometer . . . . . 54, 73
Temperatur-Fernmeßalnagen . . . . . 41
Temperaturmesser . . . . . 76
Temperaturregler . . . . . 54, 75
Thermometer . . . . . 54
Torsiographen . . . . . 73
Torsionsindikatoren . . . . . 73
Transmissionen . . . . . 21, 78
Transportanlagen . . . 34, 54, 69, 75, 76
Transportgeräte . . . . . 54
Transportschnecken . . . . . 74
Treibriemen . . . . . 41
Trockenapparate . . . . . 35
Trocknungsanlagen . . . . . 54, 60
Trommeltrockner . . . . . 35
Turbinen . . . . . 4
Turbinenpumpen . . . . . 32

Ueberhitzer . . . . . 69
Umformer . . . . . 4
Unterlegscheiben . . . . . 76

Ventilatoren . . . . . 54, 68, 69
Ventile . . . . . 67, 69
Verchromungen . . . . . 55
Verdampfapparate . . . . . 29, 55
Verladeanlagen . . . . . 33, 52
Verladebrücken . . . . . 9, 45
Vertikalfräsmaschinen . . . . . 34
Vorgelege-Motoren . . . . . 55
Vorwärmer . . . . . 55, 29

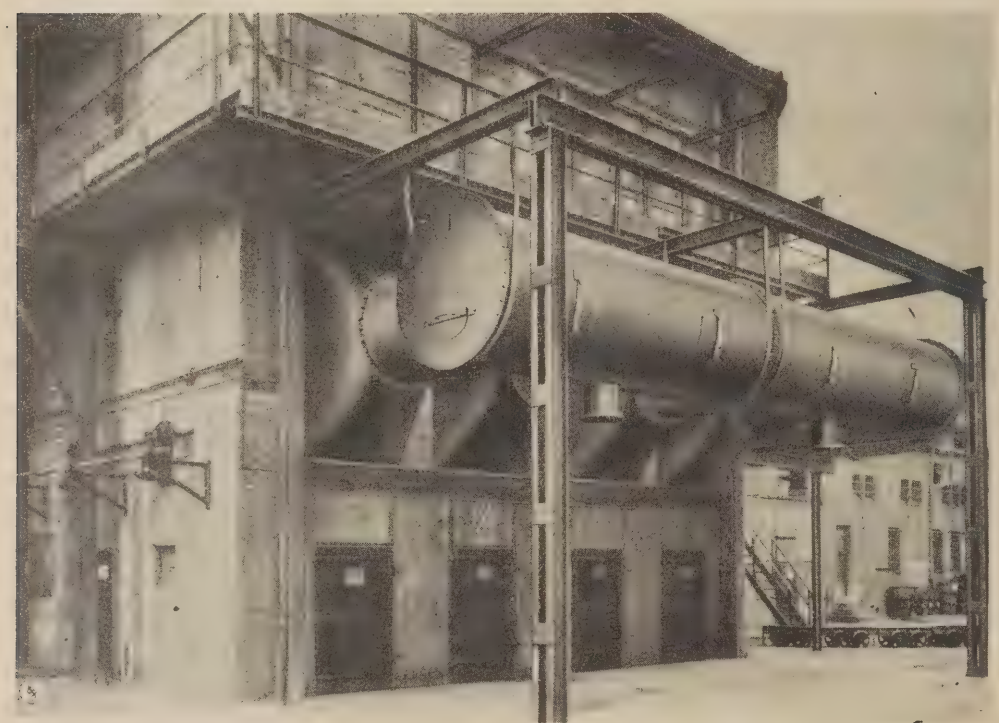
Waagen . . . . . 55
Waagerecht-Bohr- u. Fräsmaschinen . . . 2
Wärmeaustauscher . . . . . 69
Wäschereianlagen u. -Einrichtungen . . 55
Wagen aller Art . . . . . 68
Walzentrockner . . . . . 35
Walz-, Preß- u. Zieherei-Erzeugnisse . . 61
Walzwerksmotoren . . . . . 4
Wanderroste . . . . . 4. U.-S., 16
Wasserabscheider . . . . . 59
Wasser-Aufbereitungsanlagen . . . . . 39
Wasser-Enteisenung, -Filtration u. a. 39, 55
Wassermesser . . . . . 50, 51, 55
Wasserreinigungsanlagen . . . . 39, 55, 78
Wasserstands-Fernanzeiger . . . . . 62
Wasserturbinen-Regler . . . . . 76
Wasserwerkspumpen . . . . . 32
Weichguß-Fittings . . . . . 55
Wellblechbauten . . . . . 34, 66, 75, 77
Wellrohr-Kompensatoren . . . . . 70
Werkzeuge für die Metallbearbeitung . . 3
Werkzeugmaschinen 2, 5, 10, 23, 26, 28, 34, 38, 40
Werkzeugstähle . . . . . 74
Winden aller Art . . . . . 45, 67, 70

Zähler . . . . . 55, 73
Zahnradgetriebe . . . . . 57, 62, 71
Zahnräder . . . . . 65, 75
Zement . . . . . 3. U.-S.
Zentrifugen . . . . . 55
Zentrifugen-Düsen . . . . . 61
Zinkbleche . . . . . 61
Zweiständer-Hobelmaschinen . . . . . 26
Zweitakt-Dieselmotoren . . . . . T.-S

# ELEKTRO-FILTER

## erhöhen die Wirtschaftlichkeit, verhüten die Staubbelästigung

in industriellen Anlagen durch praktisch vollkommene Entstaubung aller Nutz- und Abfallgase



Elektrofilteranlage für Entstaubung von Bleihüttenabgasen

## VORTEILE:

Hoher Reinigungsgrad
Geringer Energiebedarf
Niedrige Bedienungskosten
Einfache Wartung
Kein Verschleiß
Kleiner Durchgangswiderstand
Große Betriebssicherheit
Hohe zulässige Gastemperatur
Keine Waschflüssigkeit
Keine Klärteiche

SIEMENS-SCHUCKERT

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

STABE-
**DAMPFMESSER**
**PRESSLUFTMESSER**
**WASSERMESSER**
Registrierend, anzeigend und mit addierendem Zählwerk. Spezialausführung für stoßweise Stoffentnahme DRP. Ueber fünfzehnjährige Erfahrungen. Nur beste Qualitätsarbeit.

**Feodor Stabe Apparatebauanstalt**
Berlin SO 36

---

PONDO-
**DAMPFMESSER**
mit automatischer Druckberücksichtigung D.R.P.
elektr. Fern-Dampfzähler
elektr. Fern-Dampfuhren
Wärmezähler D.R.P.

**Otto Wagner**
Volumenmeßapparate
Berlin-Lankwitz 3

---

**DAMPFTROCKNER**
Reiniger, Abdampfentöler

**Julius Wilisch**
Wurzen Sa.

---

**DICHTUNGEN**
**PACKUNGEN**

Friedrich Goetze
Aktiengesellschaft
Burscheid bei Köln

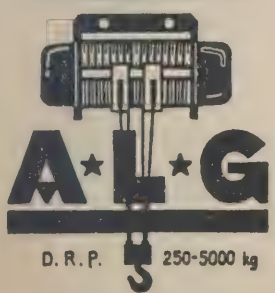
---

**ECONOMISER**
Glatt- und Rippenrohr
50jährige Spezialität

**Vereinigte Kölner-Welter-Hebezeug und Eisenwerk Heerdt A.G.**
**Düsseldorf-Heerdt 26**

---

**ELEKTROZÜGE**




**Adolf Langhammer**
Maschinenfabrik
**Gersweiler bei Saarbrücken**

---

**ELEKTROZÜGE**

125—10000 kg Tragkraft

Kurzfristig lieferbar

**F. Piechatzek, Berlin N 65**

---

**FABRIK-ANLAGEN**
**für chem. Großindustrie**
Transport-, Zerkleinerungs-, Trocken-, Verdampf-Apparate

**G. Sauerbrey Maschinenfabrik, Aktiengesellschaft Staßfurt**

---

**Bei Erteilung**

**eines Jahresauftrages**

**(52 Anzeigen)**

**kostet dieser Raum**

**(70 mm)**

**Mk. 35.28 netto**

**pro Einschaltung**

---

**FEDERN**
Spiral- und Plattfedern aller Art

**Hermann Vogt**
G. m. b. H.
Reutlingen Gegr. 1869

---

**FEILEN** hervorrag. Qualität
weltbekannte Marke
**F.D.„DICK" Esslingen a.N.**

---

**FILZ**
für
alle Zwecke

**Vertriebsgesellschaft techn. Filze**
m. b. H. Leipzig C 1

---

Kittlose
**GLASDÄCHER**
**Gitterroste**
**Ankerschienen**

D·R·P
WEMA

**J. EBERSPÄCHER**
**Glasdachfabrik G. m. b. H.**
**Esslingen a. N.**

---

„FORTUNA"

Kittlose
**GLASDÄCHER**
und
**STAHL-FENSTER**
**G. Zimmermann, Stuttgart**

---

**GRAPHIT**
aus eigenen Gruben
für alle Zwecke der Industrie

**Deutsche Graphit-Werke**
**G. m. b. H., Dohna**

---

**GRAVIERMASCHINEN**

**F. Deckel, München 25/o**

---

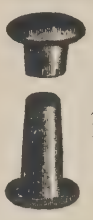
**GROSS-SCHIEBER**
für
alle Zwecke.

**Fern-Betätigungen.**

Rheinische
**Armaturen- und Maschinenfabrik**
**vorm. Keuth & Zenner G. m. b. H.**
**Saarbrücken**
Kein Zoll!

---

**HOHLNIETEN**



ÖSEN und andere Massen-Artikel in jeder gewünschten Abmessung und aus den verschiedensten Metallen. Maschinen zum Einsetzen der Nieten.

**LUX A.-G.**
**Bad Liebenstein**
(Thüringen)

---

**HOLZMODELLE**

Zur Anfertigung preiswerter Holzmodelle für die gesamte Metallindustrie, nach Zeichnungen und Gußstücken empfiehlt sich

**Leipziger Modell-Fabrik**
**Carl Carius Nachf.,**
Leipzig W 33, Kanzlerstr 31
Fernruf 43238

---

**HOLZROHRE**

von 100—3000 mm
bis 10 atm

**Steinbeis & Cons.**
Rosenheim 3 (Bayern)

---

**HYDRAULIK**

**BRACKER**

Pressen
Preßpumpen
Akkumulatoren
Druckübersetzer
Steuerventile
und Steuerungen D.R.P.
Hebezeuge

**G. D. Bracker Söhne**
Maschinenbau-Aktiengesellschaft
Hanau a. M.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS


## HYDRAULISCHE PRESSEN

für alle Industriezweige

Maschinenbaugesellschaft Karlsruhe

## INDUSTRIEÖFEN

**Schilde**

INDUSTRIEÖFEN

überall da wo Qualitätsarbeit verlangt wird

Benno Schilde Maschinenbau Akt.-Ges. Hersfeld H.N.

## ISOLIERUNGEN

gegen Schall u. Stoß

A.-G. EMIL ZORN BERLIN S 14a

## KAMINKÜHLER

30 jährige Erfahrungen

Erstklassige Referenzen

Otto Estner G.m.b.H. Dortmund

## KAMINKÜHLER

30 jähr. Erfahrungen

Kühler- u. Luftfilterbau Stillich & Schmöcker Berlin SW 11, Schöneberger Str. 13

## KETTEN

J.W.i.S

Joh. Winklhofer & Söhne München 50.

Spezialfabrik für Fahrrad- u. Motorradketten, Geräuschlose Zahnketten und Fleyerketten in bester Qualität.

## KOHLENSTAUB-FEUERUNGEN

Fuller-Mühle
Fuller-Staubpumpe D.R.P.
Fuller-Brenner

Claudius Peters, Hamburg 1

## KOLBENRINGE

in Präzisionsausführung bis zu 2500 mm Durchm.

Friedrich Goetze Aktiengesellschaft Burscheid bei Köln

## KOLBENRINGE

aus

JNFESTO

SPEZIAL-STAHL-MANGAN-GUSS

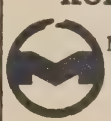
mit

pat. Spezialfederung

Klauber & Simon, Dresden-N. 15

## KOLBENRINGE

für alle Zwecke



Monopol-Kolbenring-Fabrik Atmer & Kaufhold, Berlin W 57, Potsdamer Str. 76 B. Aelteste Spezialfabrik

## KOLBENRINGE

aus Spezial-Stahl-Mangan-Guß der eigenen

Gießerei lieferbar v. 20-1000 mm Durchmess.

Alfred Teves, Frankfurt a.M. Maschinen- u. Armaturenfabrik G. m. b. H. Fleschstraße 23/27

## KOLBENRINGE

VAG

bis 1000 atü Druck bewährt

VAG Vakuumanlagen- u. Kolbenring-Aktiengesellschaft Frankfurt a. M.-W 8.

## KONDENSTÖPFE „OKULI"

mit Schauglas D.R.P. Bühring-Kondenswasser Rückleitungs-Anlagen

Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

## KONDENS-TOPF

MERIDIAN D.R.P. für beliebigen Druck. Topf selbst **drucklos**

A. Knoevenagel Hannover-Hainholz

## KRANE

Laufkatzen, Förderhaspel, Transport Einrichtungen

HH

Heime & Hans Herzfeld Maschinen- u. Apparate-Fabrik Halle (Saale)

## KRANE

Elektr. Drehkrane, Laufkrane und Verladeanlagen für Werkstätten-, Lagerei- und Hafenbetriebe Winden- und Slipanlagen

Maschinenfabrik Gustav Ad. Koch Hamburg 39

Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (25 mm) Mk. 12,60 netto pro Einschaltung

## KRANE ALLER ART

Mannheimer Maschinenfabrik Mohr & Federhaff, Mannheim

## KRANE aller Art Verladeanlagen

Vereinigte Kölner-Welter Hebezeug und Eisenwerk Heerdt A.G. Düsseldorf-Heerdt 26

## LICHTPAUSLAMPEN

kompl. Lichtpaus-Anlagen Glaszylinder Lichtpausapparate Lichtpausmaschinen

Prospekte kostenlos

E. Heckendorff, Berlin SO 36 Reichenberger Straße 90 c

## LUFTERHITZER „HERING"

Rippenrohre

Trockenanlagen

AKT-GES. A. HERING NÜRNBERG

## LUFTFILTER

BARTEL

W. Bartel GmbH Berlin-Steglitz Menckenstraße 28

## LUFTFILTER

Alfred Budil G.m.b.H. Berlin-Tempelhof

## DELBAG-VISCIN-LUFTFILTER

DELBAG

Deutsche Luftfilter-Baugesellschaft mit beschränkter Haftung Berlin-Halensee, Schweidnitzerstr 12

## LUFTFILTER

EISENMÖLLER

für Industrie und Hygiene

K. & Th. Möller, GmbH, Brackwede

## LUFTFILTER

drehbare

A. Schirp GmbH, Essen

Fernspr. 25681 Telegr.-Adr. Reinluft

## LUFTHEIZUNGS-ANLAGEN

**Schilde**

THERMON-LUFTHEIZER der zweckmäßige Heizapparat für Fabrikationsräume

Benno Schilde Maschinenbau Akt.-Ges. Hersfeld H.N.


BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## LUFTPISTOLEN

zum Ausblasen von Spänen aller Art aus Bohr- und Gewindelöchern, sowie von Sand aus Gußformen u. dgl., mittels Druckluft.

**Joh. Winklhofer & Söhne München 50.**

## LUFTVORWÄRMER

Ljungström LUFT VORWÄRMER

Luftvorwärmer G. m. b. H., Berlin W 50, Tauentzienstr. 7.

## MATERIAL-PRÜFMASCHINEN

Vereinigte Kölner-Welter-Hebezeug und Eisenwerk Heerdt A.G. Düsseldorf-Heerdt 26

## MESSAPPARATE

nach dem Differenzdruckprinzip für Wasser und sonstige Flüssigkeiten, Dampf, Preßluft usw., Mechanische und elektrische Anzeige-, Registrier- und Summierungs-Apparate.

**Bopp & Reuther** G. m. b. H. Mannheim-Waldhof

## METALL-STOPFBÜCHSEN

insbes. gußeis. Federringpackungen zum Abdichten gegen Dampf, Luft und Gas

**Sack & Kiesselbach** Maschinenfabrik G. m. b. H. Düsseldorf-Rath

Automatische Weich-

## PACKUNG

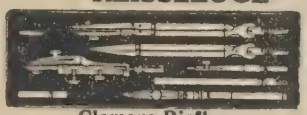
für jeden Zweck:

TIBAL S. E. A. RINGE - STULPEN - MANSCHETTEN

wirken anders als Knet-, Zopf-, Gummi-, Leder- oder starre Metall-Dichtungen. 20 Jahre Weltruf!

**„TIBAL" Vertrieb Berlin W 15** Vertretungen überall zu vergeben!

## PRÄZISIONS-REISSZEUGE



Clemens Riefler Fabrik mathem. Instrumente Nesselwang u. München C 2

## PRESSLUFT-WERKZEUGE

IPE PRESSLUFTWERKZEUGE

und Anlagen für jeden Verwendungszweck. Größtes Arbeitsprogramm sämtl. Preßluft-Werkzg.-Fabr. Deutschlands

**Internationale Preßluft- und Elektricitäts-Ges. m. b. H.** Berlin-Britz

Hydraulische

## PRESSPUMPEN

für schwersten Dauerbetrieb und in allen Ausführungen und Größen fertigt

**Richard Horst & Co.,** Urach 1 (Wttbg.)

**Bei Erteilung eines Jahresauftrages (52 Anzeigen) kostet dieser Raum (40 mm) Mk. 20,16 netto pro Einschaltung**

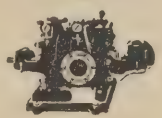
Hydraulische Hochleistungs-

## PRESSPUMPEN

in schwerstem Dauerbetrieb seit Jahren bewährt

**Rittershaus & Blecher G. m. b. H.** Barmen-U. Maschinenfabrik u. Eisengießerei

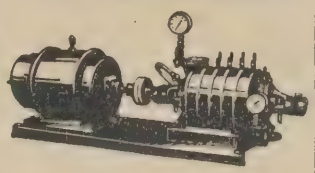
## PUMPEN



**Kreiselpumpen, Kurbelpumpen, Kompressoren,** Säure-Pumpen und Armaturen **Selbstansaugende** Patent-Kreiselpumpen **für Hoch- und Niederdruck. Patent-Feuerlöschpumpen,** Hydraulische Preßpumpen

**Amag-Hilpert-Pegnitzhütte** Nürnberg.

## BÖTTGER-PUMPEN



Kreiselpumpen für alle Leistungen Kesselspeisepumpen Umwälzpumpen Tiefsaugevorrichtungen Groß-Wasserversorgung

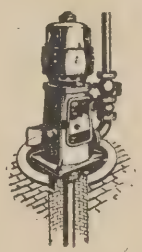
**Sächs. Motoren- u. Maschinenfabrik, Otto Böttger, G. m. b. H.** Dresden-N 6

## PUMPEN

**Kolben-, Plunger-, Säure-Simplexspeisepumpen, Preßpumpen, Schieberluftpumpen auch für Hochvakuum, Ventilkompressoren.**

**A. L. G. Dehne, Halle-S.**

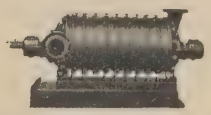
## HESSE-PUMPEN



Tiefbrunnen-Zentrifugal-Pumpen

**Carl Hesse** G. m. b. H. **Chemnitz 6**

## PUMPEN



Kreiselpumpen für alle Zwecke mit Patent-Verschauflung bis zu den größten Leistungen garantieren

**10% Kraftersparnis höchste Lebensdauer**

Vertikal-Tiefbrunnen—Schlamm- und Abwasserpumpen, Kesselspeisepumpen, Wasserhaltungen Be- und Entwässerungen usw.

**Maschinenbau-Anstalt Wernert Mülheim-Ruhr-Styrum**

## PUMPEN

Präzisions-Teilrad-Pumpen D.R.P.

für große Saug- und Druckhöhen, vieltausendfach bewährt

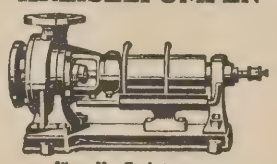
**Pumpen- und Maschinenbau Fr. Schmidt, Altona (Hamburg)** Turnstraße 44

## PUMPEN

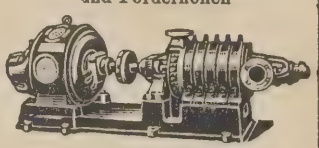
**rotierende Kolbenpumpen** hervorragend geeignet zur Förderung von dickflüssigen Stoffen wie **Teer, Melasse, Lack, Leim, Bitumen, Fett, Viscose usw.**

Gebr. Ritz & Schweizer Schwäb. Gmünd a. R.

## KREISELPUMPEN



für alle Leistungen und Förderhöhen



Gebr. Ritz & Schweizer Schwäb. Gmünd a. R.

## SIHI-PUMPEN

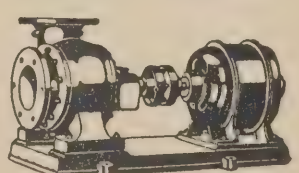
Hauswasserpumpen Feuerlöschpumpen Brennstoffpumpen Luftpumpen

selbst ansaugende Kreiselpumpen

Siemen & Hinsch m. b. H. Itzehoe 11 (Holstein)

## WEISE-PUMPEN

**WEISE & MONSKI, HALLE/S** seit 1872 Duplex-Dampfpumpen, Kurbelpumpen, Luftkompressoren, Tiefbrunnen-Pumpwerke



**WEISE SÖHNE, HALLE/S** Spez. seit 1903 Kreiselpumpen, Speisep. mit eig. Dampfturbinen, Myria-Schraubenpumpen D.R.P., Hauswasserpumpen

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## PUMPENANLAGEN

für jeden Zweck und jede Leistung, besonders für automatischen Betrieb. Wechselpumpwerke, Druckwellenschaltung D. R. P., Hauswasserwerke „Hausquell".

**August & Jean Hilpert**
Nürnberg, Bergauerplatz

---

REKLAME-
## RECHENSCHIEBER

billigste und beste Typen
**Dr.-Ing. Seehase, Berlin SO 36**

---

## REDUZIER-VENTILE

Fernventil- und Fernklappenstellanlagen
**Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung G. m. b. H.**
Berlin-Wilmersdorf, Kaiserallee 41

---

## REGISTRIER-STREIFEN

und Rollen in jeder Ausführung fertigt
**H. Meyerding, Quedlinburg 59.**

---

## ROHRLEITUNGEN

Gegenstromvorwärmer
Warmwasserbereiter
Heizungsanlagen
Apparatebau

**Richard Schubert G. m. b. H.**
Chemnitz, Altchemnitzer Str. 23

---

## RÜBELBRONZEN
UND
## ADMOSLEGIERUNGEN

D. R. P. und Auslandspatente

seewasser-, säure- und heißdampfbeständig, von höchster Festigkeit, Dehnung und Härte.

**Allgemeines Deutsches Metallwerk G. m. b. H.**
Berlin-Oberschöneweide.

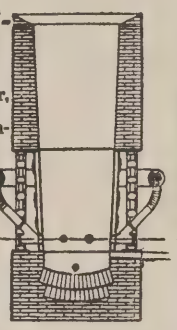
---

## SÄGEBLÄTTER

jeder Art weltbekannte Marke
**F.D.V. „DICK" Esslingen a.N.**

---

## SCHACHT-ÖFEN



zur Erzverhüttung (Blei, Kupfer, Zinn), Schmelz-, Härte- und Glühtiegel
Hochfeuer- u. säurebeständiger Guß

**A. H. Hammelrath**
G.m.b.H.
Köln-Lindenthal

---

## SCHNITTE / STANZEN

PRÄGE- u. ZIEHWERKZEUGE

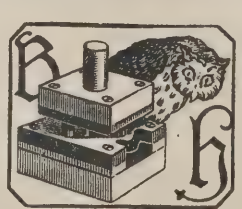
Spezialwerkzeuge u. Vorrichtungen für Automobil- und Karosseriebau

Vollständige Einrichtungen für Blech- und Metallbearbeitung in Qualitätsausführung

**Erzgebirgsche Schnittwerkzeug- und Maschinenfabrik G. m. b. H.**
Schwarzenberg i. S. 3.
Größte Spezialfabrik der Branche.

---

## SCHNITTE - STANZEN ZIEHWERKZEUGE



Gegr. 1882.
**Bernhard Hiltmann, Aue i. Erzgeb.**
Spezialfabrik
für Schnitt- und Stanz-Werkzeuge.

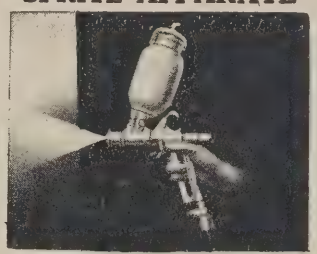
---

## SCHNITTE / STANZEN

für alle Metalle, Pappe u. Papier
Kombinierte Werkzeuge
Stanzerei und Apparatebau.
**Müller & Korte, Berlin-Pankow.**

---

FARBEN- und LACK-
## SPRITZ-APPARATE



Kompl. fahrbare u. station. Anlagen
Luftkompressoren • Ventilatoren
Sandstrahlgebläse
**A. Krautzberger & Co., G.m.b.H.,**
Holzhausen 340 bei Leipzig

---

**Der**
**Bezugsquellen-Nachweis**
**die**
**Zentralstelle**
**technischer Angebote**

---

## STELLRINGE

**Carl Böhme, Zittau 2. Sa.**
Stellringwerk

---

## TACHOMETER

Tachographen, Zähler
**I. Bundschuh G. m. b. H.**
Tachometerfabrik
Magdeburg-W 3, Bakestr. 31

---

## TEMPERATURREGLER

für Dampf, Gas, Warmluft, W. Wasser und Druckregler
**Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung G. m. b. H., Berlin-Wilmersdorf**

---

## THERMOMETER

Ferner
**Quecksilber - Feder - Thermometer, Pyrometer, Glasthermometer, elektr. Temperatur-Meßgeräte, Manometer, Vacuummeter, Zugmesser, auch mit elektrischer Fernanzeige.**

**J. C. Eckardt A.-G.**
Stuttgart-Cannstatt

---

## FERN-THERMOMETER

**bis 100 m Länge, mit und ohne Registrierung.**

**Paul Wegener**
Ballenstedt-Ost

---

## TRANSPORTANLAGEN

Hand- und Elektrohängebahnen, Elevatoren, Transportbänder und sonstige Nahfördermittel
**Otto & Co., G. m. b. H., Maschinenfabrik,**
Schkeuditz 3 bei Leipzig.

---

## TRANSPORTGERÄTE

**„SCHILDKRÖTE" HUBTRANSPORTSYSTEM**
**Ernst Wagner Apparatebau**
Reutlingen

---

## TROCKNER

**Schilde**
TROCKNER
**ausgeführt und bewährt für alle Materialien**

**Benno Schilde Maschinenbau Akt.-Ges.**
Hersfeld H.N.

---

## VENTILATOREN

**Schilde**
VENTILATOREN
**geräuschlos, gut und billig**

**Benno Schilde Maschinenbau Akt.-Ges.**
Hersfeld H.N.

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

# BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

## QUALITÄTS-VERCHROMUNG

„Reform"
Metallveredlung
G. m. b. H.
Lüdenscheid 14

## VERDAMPF-APPARATE VORWÄRMER

G. Sauerbrey
Maschinenfabrik,
Aktiengesellschaft
Staßfurt

## VORGELEGE-MOTOREN

Albert Obermoser
Elektromotorenwerk
Aktiengesellschaft
Bruchsal (Baden)
Durlacher Straße 5—7
Schließfach 118

Dieser Raum
(50 mm Höhe)
kostet
bei Jahresabschluß
(52 Anzeigen)
Mk. 25,20 pro Aufnahme

## VORWÄRMER

Sack & Kiesselbach
Maschinenfabrik G. m. b. H.
Düsseldorf-Rath

## WAAGEN

Gleis-, Fuhrwerks-, Kran- und Laufgewichtswaagen
Anhaltische Waagenfabrik
Friedr. Otto Müller, Bernburg 1

## WAAGEN

Waggon- u. Schmalspurgleiswaagen, Lokomotiv- und Bunkerwaagen, Fuhrwerks- und Lastautowaagen, automatische Waagen, Mischwaagen, Koksofenfüllwaagen D. R. G. M., Neigungswaagen, Waagen für jeden Spezialzweck
Drehscheiben, Rangieranlagen, Achssenken.
August Böhmer & Co., Magdeburg.

## WAAGEN

Schnellwaagen
vollautomatisch
handelsgeeicht
Gebr. Dopp A.-G., Berlin W 62

## WAAGEN

Waggon- u. Doppelwaggonwaagen, Automobil- und Fuhrwerkswaagen, Schmalspurbahn-, Lagerhaus-, Laufgewichts- und Dezimalwaagen, Hängebahn- und Kranwaagen, Hütten- und Gattierungswaagen.
Neuzeitliche Sicherheits-Schnellwaagen
für jeden Verwendungszweck. Automatische Waagen für Rollbahnen, Hängebahnen, Förderbänder, Conveyor usw., Spezialkonstruktionen für alle Bedürfnisse.
Düsseldorfer Waagen- und Maschinenfabrik
Ed. Schmitt & Cie., G. m. b. H., Düsseldorf-Eller.

## WAAGEN

Waggonwaagen
Auto- und Fuhrwerkswaagen
Erzzubringerwagen
Koksofenfüllwaagen
Lagerhauswaagen
Eichfäh. autom. Waagen für Erz, Kohle, Kali usw.
A. Spies, G. m. b. H.,
Siegen i. Westf.

## WAAGEN

Eisenbahn-Gleiswaagen
Fuhrwerks-Waagen
Laufgewichts-Waagen
Schnellwaagen „Presto"
Ludwig Vogt
Waagenfabrik
Leipzig N. 21 a. Gegr. 1847.

## WÄSCHEREI-ANLAGEN

HARTUNG, KUHN & Co.
Maschinenfabrik A.-G.
Düsseldorf

## WÄSCHEREIANLAGEN UND EINRICHTUNGEN

Gebr. Poensgen A.-G.
Maschinenfabrik
Düsseldorf-Rath 71

## WASSERMESSER

Flügelradmesser „Optima" D. R. P., Volumen- und Woltmannmesser, Venturimesser mit Anzeige-, Registrier- und Summierungsapparate D. R. P., Sonderausführungen für Heißwasser und sonstige Flüssigkeiten.

Bopp & Reuther
G. m. b. H.
Mannheim-Waldhof

## WASSERMESSER

für alle Betriebsverhältnisse und alle Verwendungszwecke
Hydrometer A.-G., Breslau III

## WASSERREINIGUNG

verbessertes Verfahren mit Kalkwasserbereiter D. R. P.
Masch.-Fabrik Carl Morgenstern
Stuttgart.

## WASSERREINIGUNG

Enthärtung
durch
PERMUTIT
auf gar. Null Grad mittels automatischer Filtration
Enteisenung
Entmanganung
Mechanische Filtration
Völlige Entgasung des Kesselspeisewassers zur Vermeidung aller Anfressungen
PERMUTIT
Aktiengesellschaft
Berlin NW 6 IV

## WASSERREINIGUNG

Enteisenung
und
Enthärtung
Robert Reichling & Co.
Krefeld-Königshof

## WASSERREINIGUNGS-ANLAGEN

Enteisenung, Filtration
Halvor Breda A.-G.
Berlin-Tempelhof, Ringbahnstr. 40

## WASSERREINIGUNG UND AUFBEREITUNG

Filterung · Enthärtung
Entgasung
VERDAMPFER
Bühring A.-G. Landsberg (Bz. Halle)

## WEICHGUSS-FITTINGS

G·W·H

mit und ohne Rand.
Schwarz und bestens feuerverzinkt
Gußstahlwerk Wittmann Akt.-Ges.
Haspe i. Wf.

## ZÄHLER

Umdrehungs-, Hub- und Meter-Zähler für Handgebrauch und zum Anbau an Maschinen.
J. Hengstler K.-G., Zählerfabrik
Aldingen 12 b. Spaichingen

## ZÄHLER ALLER ART

zum Anschluß an Maschinen und für Handgebrauch

Irion & Vosseler, Zählerfabrik
Ges. mit beschränkter Haftung
Schwenningen am Neckar 67

## ZENTRIFUGEN

für industrielle und gewerbliche Zwecke

C·G Hanbold A·G
CHEMNITZ

## ZENTRIFUGEN

Gebr. Heine, Viersen (Rhld.)

BEZUGSQUELLEN-NACHWEIS

Soeben erschien ein Buch, das Sie haben müssen!

# Handbuch der Rationalisierung

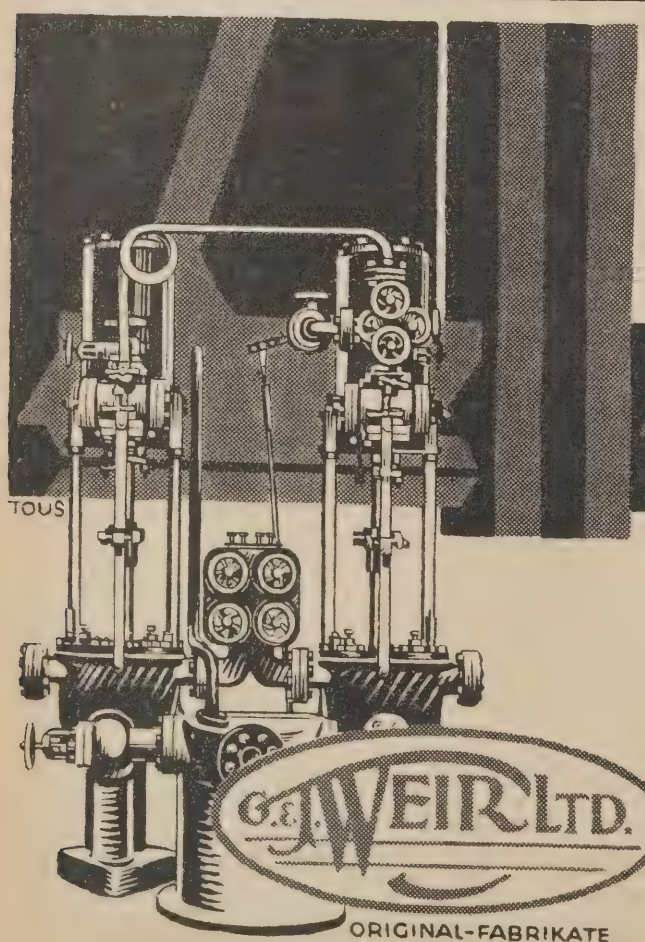
Im Auftrage des Vorstandes herausgegeben vom geschäftsführenden Vorstandsmitglied des **Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit.** Bearbeitet unter Mitwirkung zahlreicher Körperschaften und Fachleute von Dr. Fritz **Reuter,** Berlin. Mit einem Geleitwort von C. F. v. Siemens und Hans Hinnenthal. 1234 Seiten, mit etwa 600 Abbildungen. **Preis gebunden nur RM 15.—**

**Aus dem Inhalt:** Teil I: Die Rationalisierungsbewegung. Deutsche Förderungsstellen der Rationalisierung. Die Rationalisierungsbewegung in anderen Ländern. Teil II: Die Rationalisierungsmittel. Rationalisierungsmittel der Vereinheitlichung. Normung. Lieferungsbedingungen. Materialprüfungen und Werkstoffkunde. Rationalisierungsmittel für die Fertigung. Aufgaben der Arbeitsvorbereitung. Konstruktive Unterlagen. Auftragswesen. Arbeitsvorgabe in Zeit und Zeitstudien. Arbeitsunterweisung und Vordrucke für Maschinenausnutzung. Stückliste. Fließarbeit. Kühlen und Schmieren bei der Metallbearbeitung. Spritzguß. Schweißtechnik. Anstrichtechnik. Stanzereitechnik. Energieleitung. Wirtschaftliche Fördertechnik in Fabrikbetrieben. Wirtschaftliche Verpackungstechnik. Getriebe. Wirtschaftliche Rechentechnik. Wärmewirtschaftliche Organisation in Deutschland. Rationalisierungsmittel für die Verwaltung und Verteilung. Organisations- und Bürotechnik. Registratur. Einkauf und Lager. Rechnungswesen, insbesondere Einheitsbuchführungen. Bankwesen, insbesondere wirtschaftlicher Zahlungsverkehr. Vereinheitlichung der Betriebsstatistik. Das Budgetsystem in der industriellen Unternehmung. Vertriebsfragen. Rationalisierung der Warenverteilung. Vereinheitlichung in der öffentlichen Verwaltung. Rationalisierungsmittel für die berufliche Ausbildung. Fortbildung der berufstätigen Betriebsingenieure. Die Berufsauslese für die Industrie und ihre Organisation. Rationalisierungsmittel für das Handwerk. Rationalisierungsmittel für die Hauswirtschaft. Teil III. Methoden, Anwendung, Ergebnisse. Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit. Betriebsuntersuchungen. Rationalisierungsbeispiele aus der Praxis. Literaturverzeichnis.

Das Buch will nicht nur die bisherigen Arbeiten auf dem Gebiet der Rationalisierung vor Augen führen. Es will darüber hinaus zeigen, daß diese Arbeiten das Ergebnis einer neuen, notwendigen Einstellung gegenüber technischen und wirtschaftlichen Fragen sind. Haben doch an der großen Zahl der in dem Buche behandelten Rationalisierungsmittel Hunderte von Menschen aus den Betrieben der Güterproduktion und der Verteilung gearbeitet, und zwar einmütig gearbeitet mit der großen Zahl der Verbraucher. Die mitgeteilten Ergebnisse sind der vorliegende Niederschlag des bereits Geleisteten. Darüber hinaus wird die Richtung angedeutet, in der weiter gearbeitet werden soll.

Zu beziehen durch die

**VDI-Buchhandlung, Berlin NW 7, Ingenieurhaus** Postscheckkonto Berlin 16795




*Vielen Zwecken*

dienstbar und jederzeit betriebsbereit sind im Schiffsbetrieb vor allem

# WEIR

# SPEISE PUMPEN

Ihr Antrieb ist von der Hauptmaschine unabhängig. Als Lenz- und Ballast-Pumpen, als Feuer- und Trinkwasser-Pumpen, sowie in zahlreichen andern Verwendungsformen stellen sie jahraus jahrein die Güte ihrer Bauart unter Beweis.

Nähere Einzelheiten bereitwilligst durch

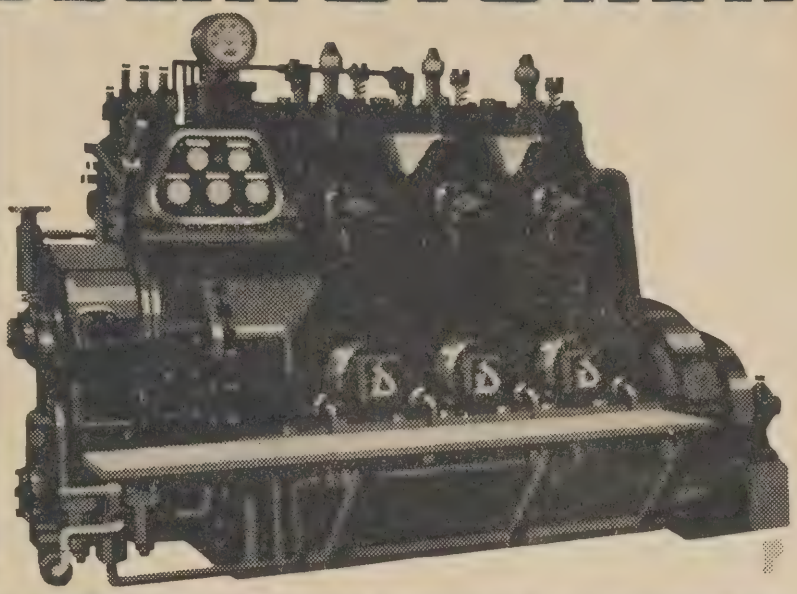
BRUNO G. LINKER HAMBURG 11
SCHAARTOR 13 INH. D. H. BOKELMANN

# KOMPRESSORLOSE DIESELMOTOREN

TYPE „S"

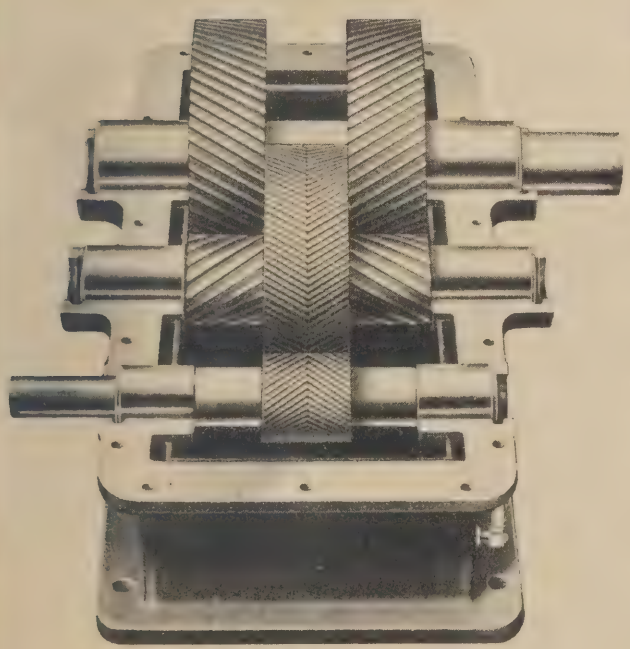
ORTSFEST UND FÜR BOOTSBETRIEB

- Man verlange bei Bedarf ausführlichen Kostenanschlag.
- Auskunft und Beratung durch Fachingenieure kostenfrei.



**Deutsche Werke Kiel Aktiengesellschaft**

Kiel, Postschließfach • Drahtanschrift: Deweka Kiel • Fernruf: Kiel 6300—6314



# Heuergetriebe

## sind Drehzahlminderer

**mit festen oder veränderlichen Drehzahlen**

**für Übersetzungen von 2:1 bis 1000:1**
**für Übertragungen von 0,5 PS bis 1000 PS**

Wir sind seit mehr als 25 Jahren Spezialisten im Bau von **Getrieben** und als solche die berufensten Lieferanten. Unsere Erzeugnisse finden Sie in der ganzen Welt. Die großen Nachbestellungen beweisen, daß wir führend sind und Qualitätsarbeit liefern.

Liste Nr. 22 auf Verlangen.

**Saxoniawerk Paul Heuer G.m.b.H. Dresden 16V.**

# MAGNESIA

## ISOLIERSCHALEN-PLATTEN- u. STEINE

DAS BESTE WÄRMESCHUTZMITTEL IST DASJENIGE MIT DER NIEDRIGSTEN WÄRMELEITZAHL UND DEM KLEINSTEN RAUMGEWICHT *

**OERTGEN & SCHULTE**

G. M. • GRÜNDUNGSJAHR 1875 • B. H.

MAGDEBURG · DUISBURG · BRESLAU I.
HANNOVER · BERLIN S.W. 29 · FRANKFURT A/M

# Amsler-Material-Prüfmaschinen haben Weltruf

Sie sind zuverlässig und genau, leicht zu bedienen. Ihre solide Konstruktion verbürgt lange Lebensdauer.

**Verlangen Sie von uns**
oder von unseren Vertretern **Katalog 29D,** der eine Übersicht unserer Prüfmaschinen enthält.

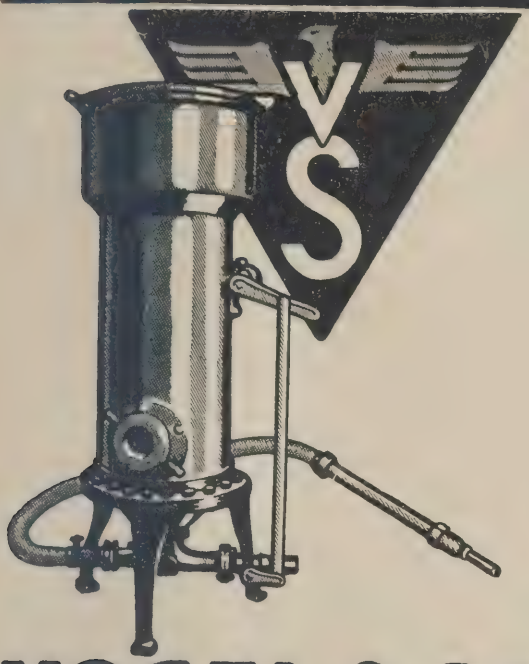
Erstklassige Referenzen nicht nur in Deutschland, sondern auch in mehr als 40 andern Ländern.

Vertreter für
Hamburg, Schleswig-Holstein, Sachsen, Berlin, Brandenburg
**Otto Beckmann**
Berlin NW 40
Lehrter Straße 18/19

Vertreter für:
Württemberg, Bayern u. Süd-Baden
**Hugo Irmler**
München, Widenmayerstraße 3/2
Rheinland und Westfalen
**Jean Wirtz**
Düsseldorf 36, Elsenstraße 65

**Alfred J. Amsler & Co**
Spezialfabrik für Materialprüfmaschinen
**Schaffhausen Schweiz**
Gegründet 1854

# Gießereimaschinen




aller Art

Spez.

Sandstrahl-gebläse

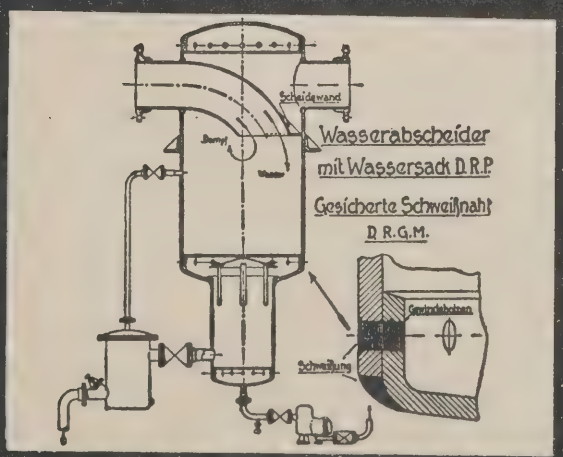
D. R. Patente

**VOGEL & SCHEMMANN A.-G.**

**KABEL (WESTF.)**

---

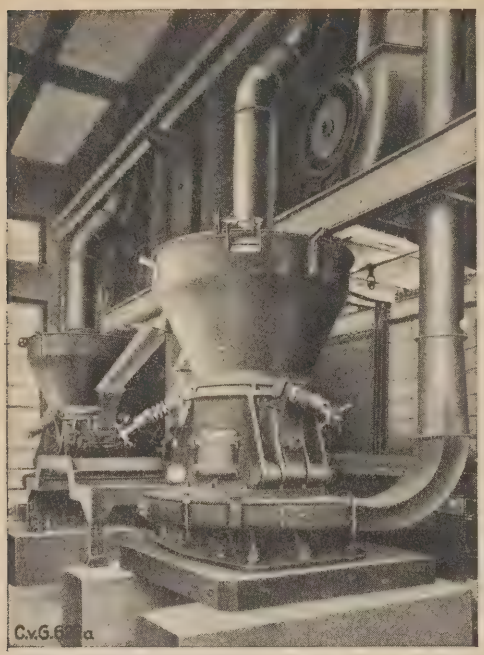
**Allgemeine Rohrleitung Aktiengesellschaft Düsseldorf**




**Komplette Rohrleitungen**

**Herweg A.G. Düsseldorf** Schließfach 100

**Entöler Armaturen**



Loesche-Mühlen im Großkraftwerk Klingenberg
Garantierte Leistung: 11,4 t/h—18 KW—Feinheit 18 %
Erreichte Leistung: 14,5 t/h—13,5KW—Feinheit 14 %

Zentral- und Einzel-
**Mahlanlagen**

Direkt und indirekt beheizte
**Trockenanlagen**

Mechanische und pneumatische
**Transportanlagen**

**CURT VON GRUEBER**
MASCHINENBAU AKTIENGESELLSCHAFT
BERLIN—TELTOW
BRIEFANSCHRIFT: BERLIN-LICHTERFELDE, SCHLIESZFACH 12.

**Wirtschaftlicher Vertrieb**
**Schriften zur Arbeitplanung u. Arbeitvorbereitung im Vertrieb**

Bisher lagen vor:

Heft 1
**Statistischer Quellen-Nachweis für die Durchführung von Marktanalysen.**
Bearbeitet von Dr. A. Reithinger.
DIN A 5, IV/45 Seiten Brosch. RM 3.50 (VDI-Mitgl. RM 3.15)

Heft 3
**Studien zur Marktanalyse.**
Von Dr. rer. pol., Dr. phil. H. J. Schneider.
DIN A 5, IV/52 Seiten mit 20 Abbildungen und 6 stat. Tafeln. Broschiert RM 6.— (VDI-Mitgl. RM 5.40)

Soeben erschienen:

Heft 2: **Grundzahlen zur allgemeinen Struktur des deutschen Inlandmarktes.** Herausgegeben von der Fachgruppe „Vertriebsingenieure" beim V. d. I., Ausschuß Marktanalyse, bearbeitet von Dr. A. Reithinger.
DIN A 5, IV/27 Seiten mit 2 Abbildungen. Broschiert RM 3.50 (für VDI-Mitglieder RM 3.15).

Heft 4: **Die Sägewerksindustrie.** Grundzahlen zur Marktuntersuchung. Bearbeitet und herausgegeben von der Fachgruppe „Vertriebsingenieure" beim V.d.I., Ausschuß Marktanalyse.
DIN A 5, IV/20 Seiten mit 1 Abbildung. Broschiert RM 3.— (für VDI-Mitglieder RM 2.70).

Heft 5: **Die Lederindustrie.** Grundzahlen zur Marktuntersuchung. Bearbeitet und herausgegeben von der Fachgruppe „Vertriebsingenieure" beim V.d.I., Ausschuß Marktanalyse.
Din A 5, IV/29 Seiten mit einer Abbildung und 25 statistischen Tafeln. Broschiert RM 4.— (für VDI-Mitglieder RM 3.60)

Zu beziehen durch jede Buchhandlung!

**VDI-Verlag GmbH, Berlin NW 7, Dorotheenstraße 40**

**Heddernheimer Kupferwerk**
und
**Süddeutsche Kabelwerke** G.m.b.H.

FRANKFURT/M. - HEDDERNHEIM

liefert

sämtliche Walz-, Preß- und Ziherei-Erzeugnisse aus

**Kupfer, Messing, Bronze, Blei, Aluminium**

Sonder-Erzeugnisse:

**Aeterna-Legierungen**
(Qualitäts-Bronzen) für Lagerbüchsen und hochbeanspruchte Teile

**Öllose Lager**
System „Bound Brook" D.R.P.

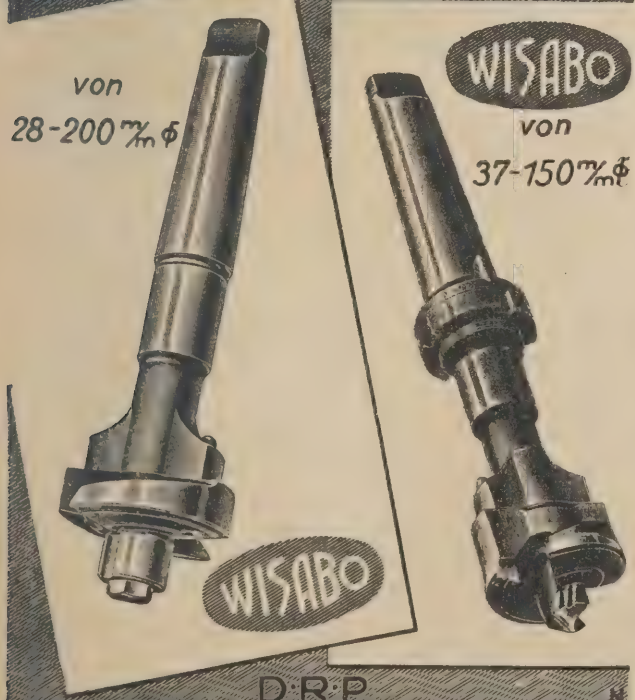
**Silumin- u. Aluminium-Guß**

**Zinkbleche**

**Autotypie- u. Offsetbleche**

METALLWERKE IN HEDDERNHEIM, GUSTAVSBURG BEI MAINZ, KÖLN-EHRENFELD, NÜRNBERG-SCHWEINAU. KABELWERKE IN MANNHEIM

SASSE-BOHRER




WILHELM SASSE SPANDAU
WERKZEUG-MASCHINEN-FABRIK

**VERLETZUNGEN**
durch gebrochene Drähte bei gewöhnlichen **Drahtseilen unvermeidlich!** Beim Gebrauch der vorgeformten durch Deutsche Reichspatente und Auslandpatente geschützten

**TRU-LAY-NEPTUN DRAHTSEILE**

sind **Verletzungen** so gut wie **ausgeschlossen**

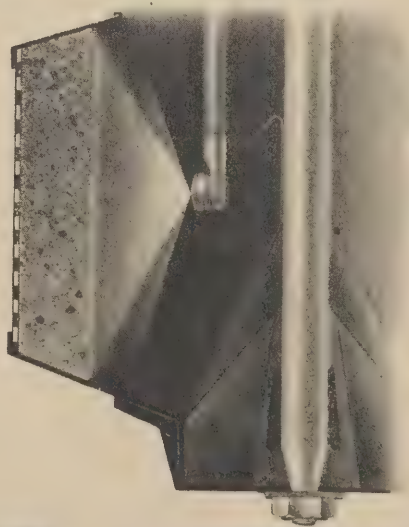
**Vorzüge:**
Längere Lebensdauer,
Größere Sicherheit
Leichtere Handhabung.
Gebrochene Drähte springen nicht heraus, sondern behalten ihre ursprüngliche Lage bei.

TRU-LAY NEPTUN F·G

**Felten & Guilleaume Carlswerk Act.-Ges.**
**Köln-Mülheim**
Älteste Drahtseilfabrik des Kontinents

Bisher (in 2½ Jahren) wurden
**2 Millionen kg „TRU-LAY-NEPTUN"-Seile verkauft.**

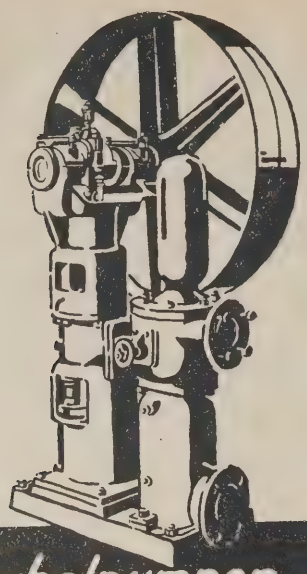
**Schlick'sche Zentrifugen-Düse Nr. 557**
D. R. P. u. Ausl.-Pat.



G S D

mit verstellbarer Leistung und Streubreite, leicht ein- und ausschwenkbar, zum Verteilen von Dampf, Wasser und dichteren Flüssigkeiten.

**Gustav Schlick, Dresden 46. N 6**




Kurbelpumpen
Kreiselpumpen normaler Ausführung u. selbstansaugend D.R.PATENTE
Kompressoren u. Luftpumpen
Säurepumpen
Säurearmaturen
Amag-Hilpert-Pegnitzhütte
NÜRNBERG

# Verwertung von Abfall- und Überschußenergie

Von Dr.-Ing. E.h. de Grahl

Din A 4, VIII / 306 Seiten mit 290 Abbildungen im Text und 4 Tafeln und 74 Zahlentafeln / 1926.
In Ganzleinen geb. RM 22,—, für VDI-Mitgl. RM 20,—

Der Verfasser verfolgt in seinem Buche die Nutzbarmachung der Abfallbrennstoffe und Überschußenergien in den Kokereien, Hüttenwerken, Gaswerken und Generatoren, überhaupt in verschiedenen Industrien und behandelt alle hiermit zusammenhängenden Fragen von der Erzeugung bis zur Verwendungsstelle in überaus klarer und gründlicher Darstellung.

Der erste Teil behandelt die Energievorräte, die Abfallbrennstoffe und deren Nutzbarmachung durch Mischung, Verbrennung, Trocknung, Brikettierung, Vermahlung, Vergasung, Verschwelung. Im zweiten Teil werden die Fortschritte im Kraftmaschinenbau, die Verwertung von Maschinenabdampf, die Wärmespeicher, die Verwertung von Abdampf in Verdampfern und Eindampf-Anlagen, das Zusammenarbeiten von städtischen Betrieben und endlich die Fortleitung der Wärme behandelt.

Das Buch darf als das Standardwerk über wirtschaftliche Energieverwertung bezeichnet werden.

**Aus dem Inhalt:**

I. Stoffwirtschaft: A Energievorräte; B. Abfallbrennstoffe; C. Nutzbarmachung der Abfallbrennstoffe; D. Selbsterzeugung flüssiger Brennstoffe; E. Überschußenergien und ihre Verwendungsmöglichkeit; F. Charakteristik der Abwärme-Verwerter.

II. Dampfwirtschaft: G. Fortschritte im Kraftmaschinenbau; H. Verwertung von Maschinenabdampf; J. Wärmespeicher; K. Verwertung von Abdampf in Verdampfern und Eindampfanlagen; L. Zusammenarbeiten städtischer Betriebe; M. Fortleitung der Wärme.

Zu beziehen durch jede Buchhandlung

**VDI-Verlag GmbH / Berlin NW 7**
Dorotheenstraße 40

Präzisions-Zahnrad-Getriebe
in öldicht gekapselten Gehäusen, mit grösstem Nutzeffekt für hohe Übersetzungen fabrizieren auf Grund 17 jähriger Erfahrung

**KUNTZE & LEISTNER**
Masch.-Fabr. **LEIPZIG W31.a**

Verlangen Sie Liste 55

Tausende im Dauerbetrieb bei höchster Beanspruchung glänzend bewährt

Einzelne Firmen nach und nach mit über 100 Getrieben beliefert.

# JGEMA
## Wasserstands-Fernanzeiger

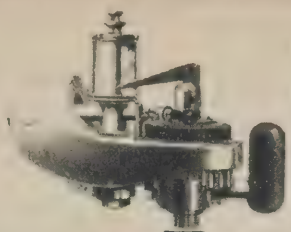
bringt den Kesselwasserstand, der an hohen Wasserrohr- oder Steilrohrkesseln nur schlecht oder gar nicht zu erkennen ist, in den Gesichtskreis des Heizers.

**Übertragung** erfolgt nur durch das Kesselwasser selbst, also ohne Verwendung mechanischer Hilfsmittel.

**Anordnung** kann beliebig weit vom Kessel erfolgen.

**Anzeige** ist auf größte Entfernung genau erkennbar.

**J.G.Merckens A.G.**
**Aachen-B.**
Apparatebau · Armaturenfabrik · Metallgiesserei ·



**EXPLOSIONS-MOTOREN**

mit hohen Drehzahlen und schnellem Verbrennungsverlauf.

Nur der **MAIHAK-STABFEDER-INDIKATOR**

erlaubt selbst bei 2500 Umdreh.p.Min. geschlossene Einzeldiagramme.

Die Konstruktion benutzt vorwiegend den Körper gleicher Festigkeit, daher die denkbar weitreichendste Massenersparnis.

**Bestens bewährt**

bei Motorenfabriken
bei Flugzeugmotoren
bei Dieselmotoren
bei allen Schnelläufern.

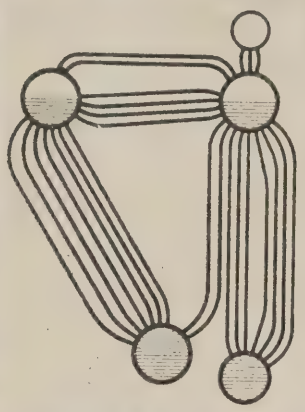
Fordern Sie kostenlos und unverbindlich unsere neue Druckschrift Nr. 182

**H. MAIHAK • HAMBURG 39**

Aktiengesellschaft Geibelstraße 63

**JAHR**

**Steilrohr- Sektional- und Flammrohr- Kessel**



**Moderne** Höchstdruck- **Kessel-Anlagen** in vollendetster Ausführung

Behälter- und Apparatebau

Kessel-Reparaturen

**Moritz Jahr Akt.-Ges. Gera**

Dampfkessel- und Apparatebauanstalt

Ingenieurbesuch kostenlos und unverbindlich

**SCHIEBER HYDRANTEN ROHRSCHELLEN BRUNNEN**

Armaturen jeder Art für Wasserleitungen, Schieber nach DIN, Ventile, Hähne für Gas, Wasser, Dampf, Preßluft, Oel, Benzin, Ammoniak, Säuren, Laugen u. für alle industriellen Zwecke

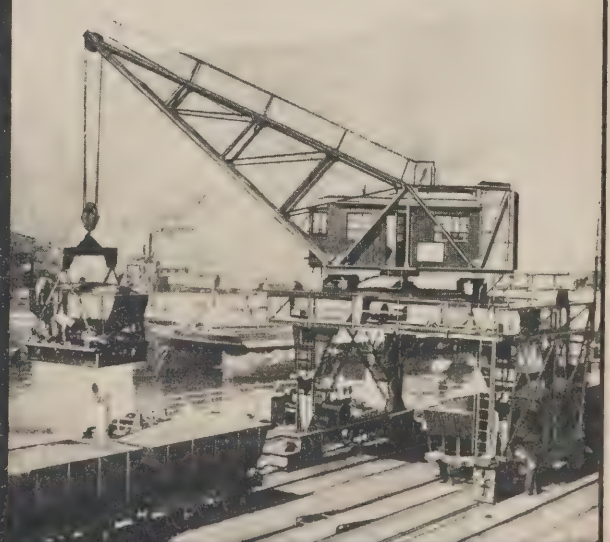
Schieber mit elektr. Antrieb

**POLTE**

**ARMATURENFABRIK**

GEGR. 1885 **MAGDEBURG** POLTESTR.

**ARDELT**

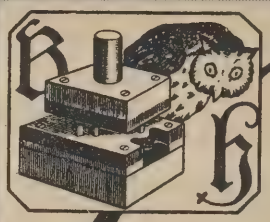


Vollportalkran, 20 to Trgf., mit Waggonkippvorrichtung zur Kohleverladung

**Schwerlast-Portalkrane**

Ardeltwerke G.m.b.H. Eberswalde

BITTER
U·CO·KASSEL



Gegründet 1882

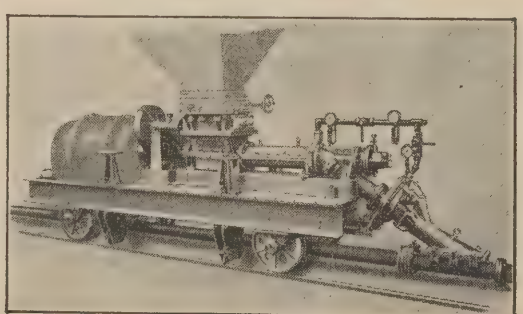
Schnitte/Stanzen
Ziehwerkzeuge
Blockschnitte
in allen Größen und Formen

Vollständige Einrichtungen
für die gesamte Metallindustrie

Bohr- und Fräsvorrichtungen
Warmpreßgesenke
Gravierungen

BERNHARD HILTMANN, AUE I. ERZGEB.
SPEZIALFABRIK FÜR SCHNITT- UND STANZ-WERKZEUGE

FULLER·KINYON
-Staubtransport-Pumpe D.R.P
stationär und fahrbar



zum Transport von
Kohlenstaub, Zement, Kalk, Gips, Soda
Phosphat, Tonerde usw.
**auf große Entfernungen.**

Einfachstes Transportmittel der Gegenwart, da nur ein bewegliches Teil

Alles Nähere durch:

CLAUDIUS PETERS
HAMBURG 1
Glockengießerwall 2
Telegramm-Adresse: FULLERPETERS HAMBURG

SCHMIEDEEISERNE
RIPPENROHRE

WARM AUF-GEZOGENE
SCHEIBEN-ODER
SPIRALRIPPEN
KOMPL. HEIZ-U. KÜHLSYTEME
LUFTERHITZER
RHEINISCHE SCHWEISS-
WERKE SIEGLAR G.M.B.H.
SIEGLAR 5 BEI KÖLN

# Wärme- und Kälteschutz

**ISOLIERUNGEN**
MITTELS
Expansitkorksteinplatten und -schalen
D. R. P.
Diatomitsteinen und -schalen
Kieselgur-Wärmeschutzmassen
Ausführung durch geschulte Monteure. Kostenlose fachmännische Beratung auf Grund 50 jähriger Erfahrungen.

**GRÜNZWEIG & HARTMANN** G.m.b.H.
LUDWIGSHAFEN A. RH.
NIEDERLASSUNGEN: BERLIN • CASSEL • DRESDEN • DÜSSELDORF
FRANKFURT A.M. • HAMBURG • LEIPZIG • MÜNCHEN
NÜRNBERG • STUTTGART

**Zahnräderfabrik Bochum**
**Alfons Jahnel · Bochum**

## Vertikal-Getriebe

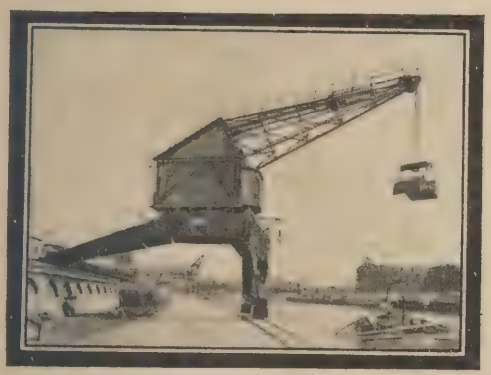
zur Verbindung zwischen:
Elektromotor mit vertikaler Achse und Pumpe
oder Turbine und Generator

Reichliche Schmierung durch eingebaute Ölpumpe, daher überall Flüssigkeitsreibung, günstigster Wirkungsgrad, längste Lebensdauer, geräuschloser Lauf

Bisher mehr als **9000** Stirnrad-, Kegelrad- u. Schneckengetriebe gebaut und an alle Industriezweige des In- sowie Auslandes geliefert

# KRANBECKER

**HEBEMASCHINEN**

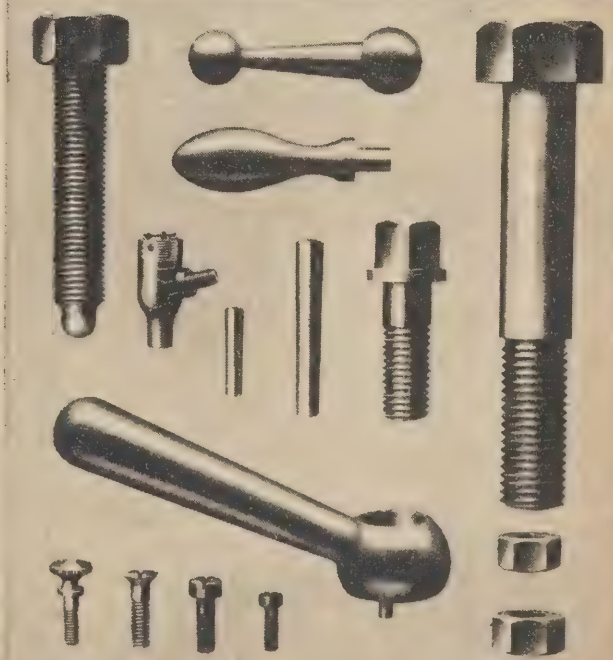


## Drehkrane

Jeder Art
für alle Zwecke

**E. BECKER**
Maschinenfabrik
**Berlin-Reinickendorf-Ost 6**

**Gebr. Heyne** G.m.b.H. **Offenbach am Main**
Spezialfabrik für Schrauben und Façonteile
in Eisen, Stahl und Messing nach eingesandten Mustern und Skizzen.
Gegründet im Jahre 1869 • 600 Beamte und Arbeiter



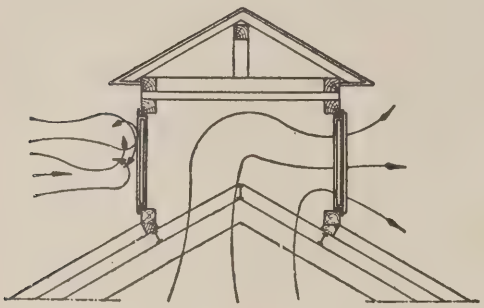
**Fabrikation nach D.I. Normen**

Hochwertige Fette

Calypsol

Deutsche Calypsol G.m.b.H. Düsseldorf 88

für Rollen- und Kugellager, Walzwerkslager, Rollgänge, gekapselte Zahnradvorgelege, automatische Hochdruck-Fettpressen.



Für den Dunstabzug

aus Fabrikräumen, Lagerhäusern, Werkstätten usw.

eignen sich vorzüglich Johns regensichere, regulierfähige, zu jeder Bauart von Lüftungstürmen oder Dachreitern passende

Vakuum-Lüftungseinsätze

mit vertikalen Luftleitflächen.

Prospekte und Kostenanschläge für komplette Lüftungsanlagen werden bereitwilligst ausgearbeitet. Prospekt Vt 99 kostenlos.

J. A. John A.-G. Erfurt

Siegener Akt.-Ges. für Eisenkonstruktion, Brückenbau und Verzinkerei,

Geisweid, KREIS SIEGEN,

LIEFERT

ROHRE UND ROHRLEITUNGEN

bis zu den größten Dimensionen, wie überhaupt alle schweren und leichten Blechkonstruktionen, wie Behälter, Apparate, Eiszellen und Tanks.

Außerdem werden von uns hergestellt:

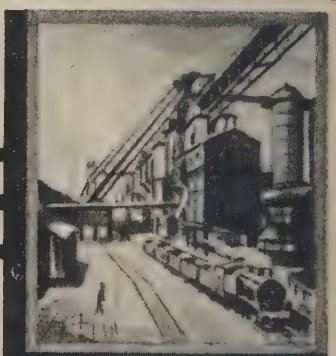
Eisenhoch-u.Brückenbauten, Gittermaste, Seil- und Kabeltrommeln, Wellblechbauten, verzinkte Flach-, Well- und „Original Siegener" Pfannenbleche.

METALLFORMGUSS

FÜR MASCHINENFABRIKEN

PUMPEN · MOTOREN U.S.W.

WALZWERKE · HOCHÖFEN



J. THEIS & COMP. G.M.B.H

WEIDENAU / SIEG

FERNRUF: 1430 · SIEGEN

**Wir fabrizieren**

# KALTPROFILE

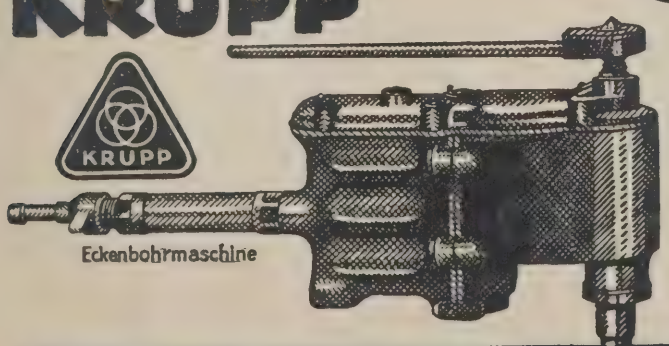
in Herstellungslängen aus warmgewalztem Bandeisen, zur Verwendung für Stahlmöbel, Blechbauten, Behälterbau, Laternen- u. Glasdachbau, Fahrzeuge, leichte Metallbauten, Beschlagzwecke, Laufschienen für alle möglichen Verwendungsarten, U-Eisen für Rolläden, Führungsleisten usw.

Anfragen erb. unter Einsendung von Skizzen oder Mustern

**Friedrich Thomée Akt.-Ges.**
**Werdohl (Westfalen)**

L 1186/11
2359

**KRUPP**




**Preßluft-Werkzeuge**

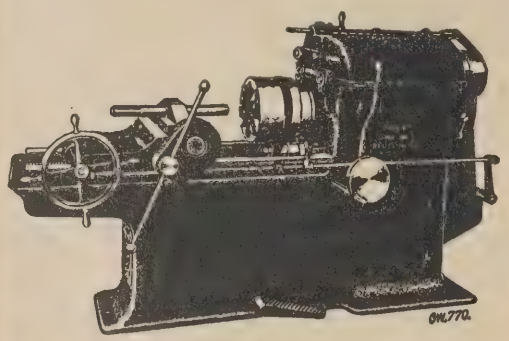
für alle Zwecke
in unübertroffener Ausführung.

Probewerkzeuge stehen auf Wunsch für einige Zeit unverbindlich zur Verfügung.

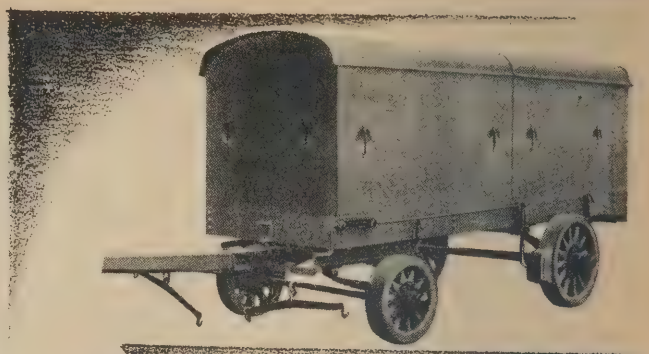
526

KRUPP-KRAFTWERKZEUG-VERTRIEB G.M.B.H., DÜSSELDORF

Kaltsägemaschinen
„Rapid"-Sägeblätter
Sägeblattschärfmaschinen
Gewindeschneidmaschinen



GUSTAV WAGNER
MASCHINENFABRIK·REUTLINGEN



Dieser Wagen dient zum Einbau von Maschinenaggregaten aller Arten wie Preßluft,-Beleuchtungs-,Antriebs-Anlagen usw.

Wir bauen jede Art von
**Spezialwagen**

für: Kommunalverwaltungen, Bauunternehmung., chemische und verwandte Industrien und Transporte aller Branchen

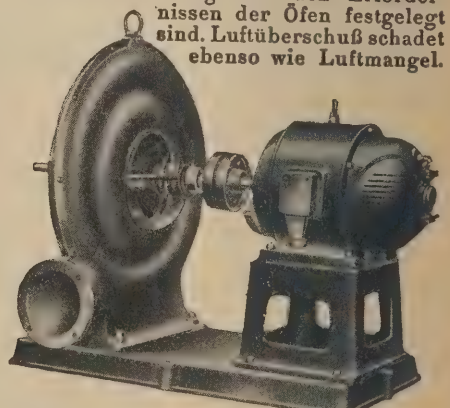
Wir sind dauernde Lieferanten der Demag, der I.G. Farbenindustrie u. zahlreicher Kommunen

Maschinenfabrik, Kesselschmiede, Wagenbau
**KLEINHENZ & SCHAEFER**
GMBH · MAINZ-MOMBACH 14
Telegrammadresse: Kleinschaefer Mainzmombach

**Hydraulische Pressen**
Dampfkessel Dampfmaschinen
Eis- und Kühl-Anlagen

MASCHINENBAU-GESELLSCHAFT
KARLSRUHE

**G. SCHIELE & CO., G.M.B.H.**
Eschborn b. Frankfurt a. M. / Ventilatoren- u. Pumpen-Werk
**Ventilatoren für die Windversorgung**
von Kupolöfen, Schmelzöfen aller Art
Generatoren
Cement- und Kalkbrennöfen etc.
arbeiten nur dann wirtschaftlich, wenn Windmengen und Drücke in bester Übereinstimmung mit den Erfordernissen der Öfen festgelegt sind. Luftüberschuß schadet ebenso wie Luftmangel.



Die genaue Kenntnis der Gebläse-Charakteristik ist für dene Betriebsleiter äußerst wichtig. Unsere gut eingerichtete Versuchsstation erlaubt uns jedem Gebläse eine Charakteristik beizufügen, die vor Versand nach den Regeln des V.D.I. aufgenommen wurde.

Fordern Sie nähere Auskünfte und Druckschriften Nr. 400a und Nr. 400b

„Graeka"-
Schrauben

Fabrikation von rohen und blanken
Schrauben nach DIN und H.N.A.
Nieten nach DIN und H.N.A.

**Graewe & Kaiser**
Plettenberg-Bhf. (Westfalen)

EXPOSITUR·DÜSSELDORF·WILHELM TELL·STR·8

WÄRME

AUSTAUSCHER

Speisewasser-Vorwärmer
Sonderausführung für hohe Dampftemperaturen und Höchstdruck

Wärmeaustauscher
für beliebige Flüssigkeiten

Heißdampfkühler
mit Oberflächen- oder Einspritzkühlung

Zwischenüberhitzer

Speisewasser-Destillierapparate

Frama-Kondenswasser-Ableiter

Präzisions-Reduzierventile

Luftheizapparate, Gebläse

Ventilatoren

**F. MATTICK, DRESDEN A 24c**
Maschinenfabrik u. Eisengießerei in Pulsnitz i. Sa.
Zweigbüros: Berlin N 65, Düsseldorf, Hamburg 22

FÜR NAHFÖRDERUNG
UND FLIESSARBEIT

**DESSAUER WAGGONFABRIK·A.G.**
ABT. MAX SCHÖNERT·DESSAU
EISENKONSTRUKTIONEN

**Wagner-Wellrohr-Compensatoren**

D. R. P. a.

sind unentbehrlich für alle Rohrleitungen!
Verhindern Undichtheiten und Rohrbrüche!
Seit 15 Jahren vieltausendfach bewährt!

Man verlange Preislisten und Spezial-Offerten

**Franz Wagner A.-G., Röhrenwerk**
**Crimmitschau i. Sa.**

**Duralumin**

D. R. P. 244554

der

**Leichtmetall-Baustoff**

für Flugzeuge und Luftschiffe, Schnellboote, Förderkörbe und Förderwagen, Eisenbahnwagen, Straßenbahnwagen, Kraftwagen, Apparate, Pleuelstangen, Kolben, gepreßte Motorengehäuse, Maschinenteile usw.

**Unerreicht**

in Festigkeit, Dehnung, Bearbeitbarkeit, Korrosionsfestigkeit, Dauerfestigkeit.

Festigkeitseigenschaften von Flußstahl, aber nur $^1/_3$ so schwer.

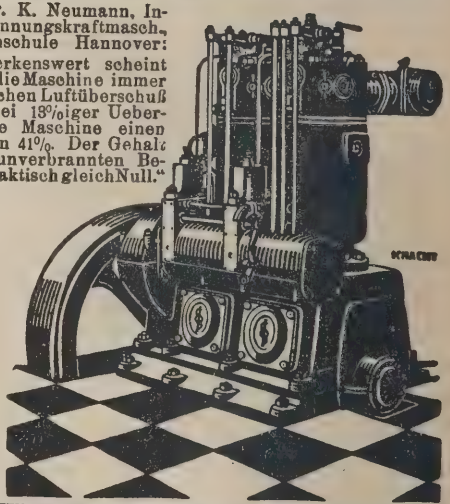
**Dürener Metallwerke,**

A.-G., **Düren** (Rhld.).

8–120 P.S. 4 TAKT. 1–6 ZYL.
KOMPRESSORLOS

**B·U·B DIESEL**

Professor Dr.-Ing. K. Neumann, Institut für Verbrennungskraftmasch., Technische Hochschule Hannover: „Besonders bemerkenswert scheint die Tatsache, daß die Maschine immer mit einem erheblichen Luftüberschuß arbeitet. Noch bei 13%iger Ueberlastung zeigt die Maschine einen Luftüberschuß von 41%. Der Gehalt der Abgase an unverbrannten Bestandteilen war praktisch gleich Null."



ZU JEDER ZEIT BETRIEBS-BEREIT

**Bohn & Kähler A.G. Kiel**
MOTOREN- UND MASCHINENFABRIK

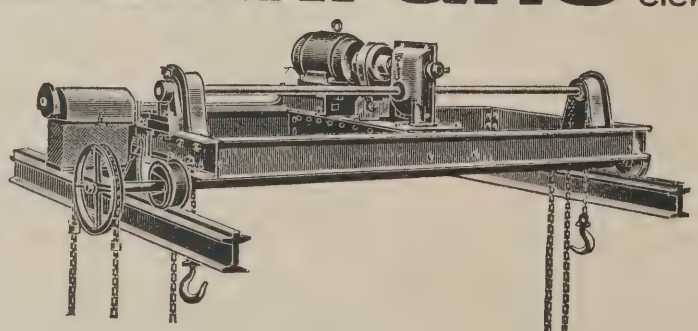
VERTRETERBESUCH, PROSPEKTE D.S. KOSTENLOS

Hawil **Laufkrane** für Hand- und elektrischen Betrieb

Hebezeugfabrik und Eisengießerei

**H. Wilhelmi**
**Mülheim-Ruhr**
Postfach 370

Lager und Exportbüro
Hamburg 3, Reimarusstr. 5



**Spezialkrane**

**Mork-Planeta**
Hebezeuge
Winden
Flaschenzüge

Prospekt V 9 frei

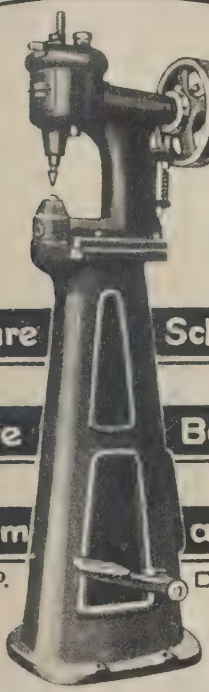
*Für rauhe Betriebe und Straßenverkehr*

*DAS KLEINFAHRZEUG für schwere Lasten*

*BSW-Benzin-Motor-Karren Tragfähigkeit 1,5—2 To mehrfach patentamtlich geschützt*

*Maschinenfabrik* **K. Burkard & Co.** *G.m.b.H.* **Oberursel** *b. Frankfurt a. M.*

**NIETMASCHINEN**



Regulierbare Schlagstärke

Einfachste Bedienung

Von 280.- Rm an lieferbar!

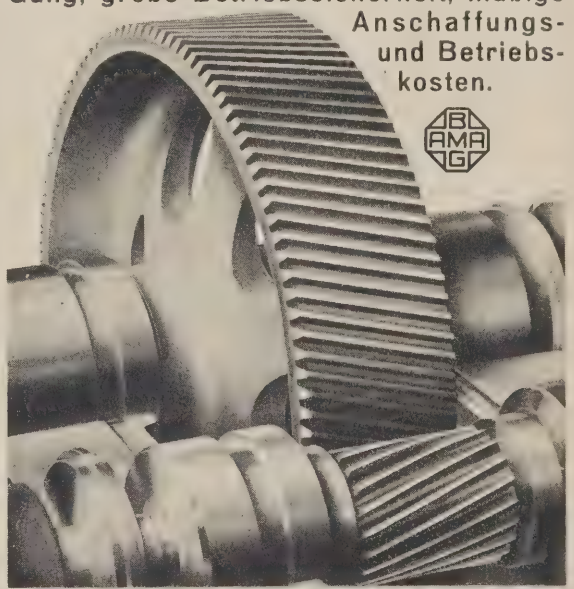
D.R.P. D.R.G.M.

**FRIEDRICH BUSCH A.G.**
**BAD HOMBURG v.d.H.**
EISENGIESSEREI UND MASCHINENFABRIK

**BAMAG**

**Präzisions-Zahnradgetriebe**

verbürgen: hohen Wirkungsgrad, ruhigen Gang, große Betriebssicherheit, mäßige Anschaffungs- und Betriebskosten.

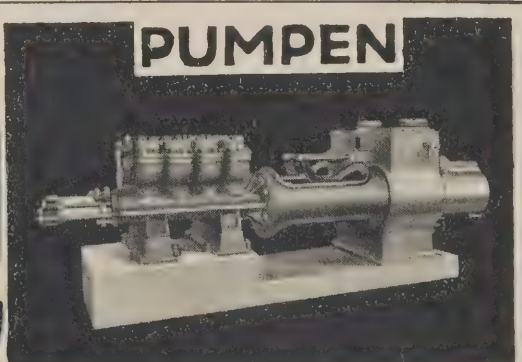


**Berlin-Anhaltische Maschinenbau Aktiengesellschaft Dessau**
Zweigniederlassung der **BAMAG-MEGUIN** Aktiengesellschaft

T 557

**Oddelle**

**PUMPEN**



Hochdruck-Verbund-Dampfpumpe

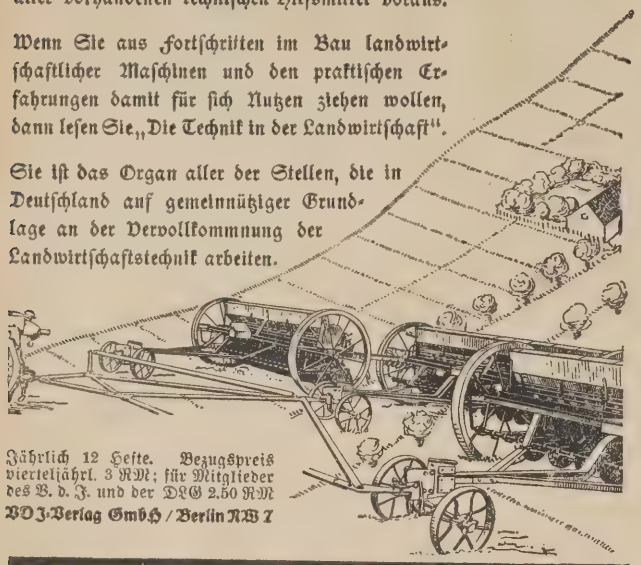
MASCHINENFABRIK **ODDESSE** GMBH OSCHERSLEBEN (BODE)

# 20,7 Millionen Hektar

deutschen Ackerlandes bedürfen rationellster Bearbeitung. Das setzt planmäßige Auswertung aller vorhandenen technischen Hilfsmittel voraus.

Wenn Sie aus Fortschritten im Bau landwirtschaftlicher Maschinen und den praktischen Erfahrungen damit für sich Nutzen ziehen wollen, dann lesen Sie „Die Technik in der Landwirtschaft".

Sie ist das Organ aller der Stellen, die in Deutschland auf gemeinnütziger Grundlage an der Vervollkommnung der Landwirtschaftstechnik arbeiten.



Jährlich 12 Hefte. Bezugspreis vierteljährl. 3 RM; für Mitglieder des V. d. J. und der DLG 2.50 RM

VDJ-Verlag GmbH / Berlin NW 7

# Die Technik in der Landwirtschaft

# BOLZANI
## HEBEZEUGE
## BERLIN N 20

# HEINZELMANN-AUFLADER

Das unentbehrliche Fördergerät zum Verladen aller Schüttgüter

## Heinzelmann & Sparmberg
MASCHINENFABRIK
HANNOVER

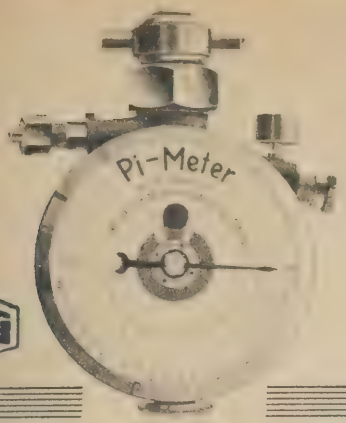
# KÄMPER-MOTOREN

FÜR KRAFTPFLÜGE · SCHLEPPER
BOOTE · LOKOMOTIVEN · KOMPRESSOREN · HEBEZEUGE U.S.W.

1901 HK 1929

ZEITGEMÄSSE
REIHENHERSTELLUNG
NIEDRIGE PREISE

## HEINRICH KÄMPER MOTORENFABRIK A.G.
## BERLIN-MARIENFELDE




LEMAG

**Das Pimeter**
**Mitteldruckindikator**

nach Dr.-Ing. J. Geiger dient

zum unmittelbaren Ablesen des mittleren indizierten Druckes von Kolbenkraftmaschinen aller Art

zum raschen und bequemen Einregulieren von Mehrzylindermaschinen auf gleiche Leistung sämtl. Zylinder

zur Kontrolle der Leistung

Als Dauerinstrument für laufende Betriebskontrolle verwendbar

Für höchste Drehzahlen geeignet

Kein umständliches Indizieren u. Planimetrieren

Unter schwierigen Verhältnissen bestens bewährt

**Lehmann & Michels** Abt. Pl. **Hamburg-Altona**

**HEISSDAMPFUMFORMER, SPEISEWASSERENTGASER DAMPFTROCKNER bezw. REINIGER**

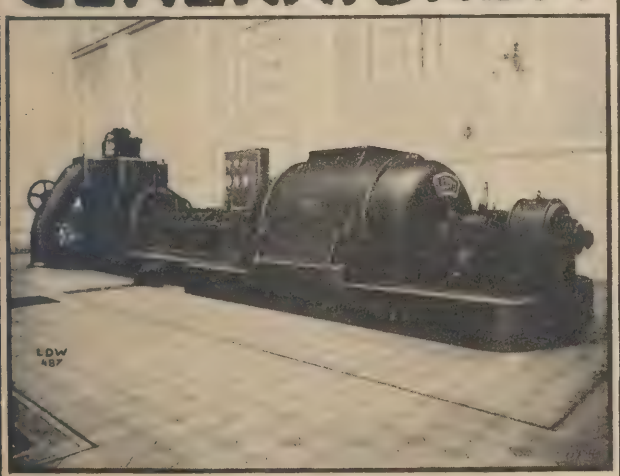
**„Spuhr" SYSTEM IN- u. AUSL. PAT.**

**M. SPUHR & Co APPARATEBAU INH: K. BRINKER ESSEN RELLINGHAUSEN**

STOSCH & THAS ESSEN

**LLOYD**

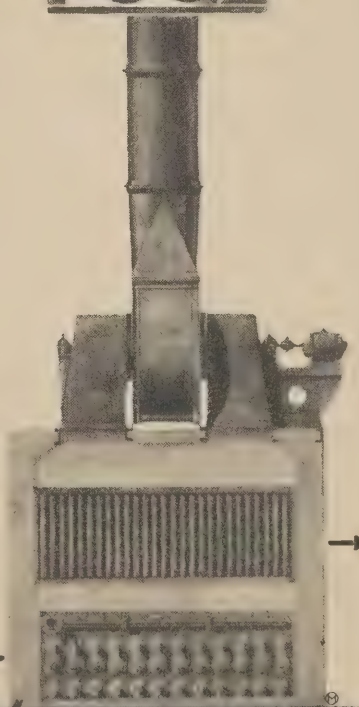
**DREHSTROM-GENERATOREN**



Turboaggregat 2500 kVA

**LLOYD DYNAMOWERKE**
AKTIENGESELLSCHAFT
**BREMEN.**

**FÖGE**



Original-Rippenrohr-Ekonomiser
mit automatischem Rußbläser D.R.P.

Platten- und Röhren-Lufterhitzer
aus Schmiede- oder Gußeisen

**WÄRMEFANG**

HANNOVER

**Stahlwerk Kabel C. Pouplier jun.**

Gußstahlfabrik • Kaltwalzwerke • Präzisionszieherelen • Hammerwerke

**Kabel bei Hagen i. Westfalen**

**Schnellarbeitsstahl**
**Pouplier-Dauerstahl**
unerreicht in seiner Leistung für Werkzeuge auf Stoß und Schlag

**Konstruktionsstahl**
für den Fahrrad-, Automobil- und Luftschiffbau

**Gußstahldrähte** jeder Art und Stärke

**„AWA"** der beliebte Schnellautomatenstahl

**Edelbandstahl** blankgewalzt und gehärtet in allen Anlaßfarben bis zu den schmalsten und dünnsten Dimensionen

**Silberstahl** bekannt als der beste

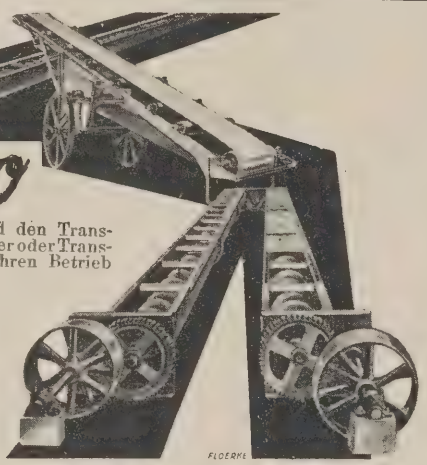
**Werkzeugstahl**

alles in geschmiedeter, gewalzter, gezogener Ausführung

Verwendung edelsten Materials und sorgsamste Kontrolle haben den Ruf des Werkes begründet und gewährleisten

**Erzeugnisse höchster Vollkommenheit**

*Tempo*

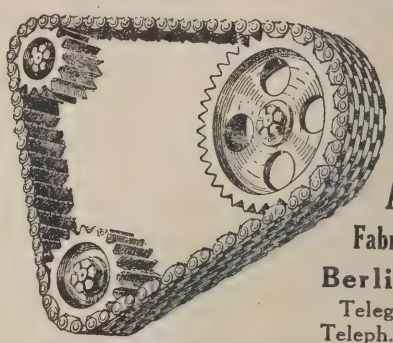


in Ihrer Fertigung und den Transporten durch Gurtförderer oder Transportschnecken macht Ihren Betrieb noch wirtschaftlicher.

Auskünfte bereitwilligst.

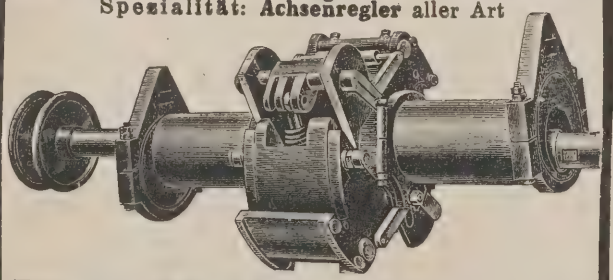
CARL WÜNSCHE
FÖRDERANLAGEN
Leipzig W 33 V
SEIT 1903

**AUTOK-KETTEN-ANTRIEBE**



**AUTOK A.-G.**
Fabrik für Triebketten
Berlin-Adlershof
Telegr.: Autoketten
Teleph.: Adlershof 207/208

**Procll-Regler D. R. P.**
Spezialität: **Achsenregler** aller Art



**Dr. R. PROELL, Dresden-A. 14.**
Telegr.-Adresse: **Regulator-Dresden** / Fernspr. 42104

**Sicherheitshängebahn**
**System Tourtellier**

**Vielseitiger Verwendungszweck für Innen- und Außenbetrieb.**

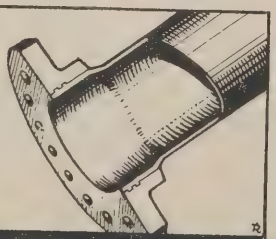
**Ersatzteile sowie Erweiterung bestehender Anlagen.**

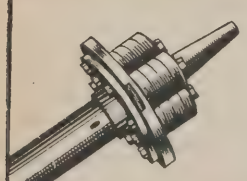
**Vollständige Sicherheit gegen Herunterfallen der Lasten.**

**Spielend leichter Gang der Laufrollen durch Kugellagerung.**

**L. BANSS Ww. Biedenkopf a. L.**

„MÖHRLIN-UNIVERSAL"
**FLANSCHEN-WALZEN**





KATALOG ANFORDERN
-DIN-
AUG. HEINR. SCHMIDT
STUTTGART - WILHELMSTR. 14

**Elektroflo-Dampfzähler**
mit der Meßkonstante 1

Die Meßkonstante 1 ermöglicht eine unmittelbare Ablesung der von dem Zähler in einem gewissen Zeitabschnitt gemessenen Dampfmenge, wodurch zeitraubende Berechnungen vermieden werden. Elektroflo-Dampfzähler sind außerdem die ersten Zähler, die innerhalb weiter Grenzen von Spannungs- und Frequenzschwankungen nicht beeinflußt werden.

**Elektroflo, Berlin W 35, Potsdamer Str. 119 B**

**Eisen- und Blech-konstruktionen**

Rohrleitungen, Kessel, Behälter, Tanks,
Bunkeranlagen, Gasometer, Hallen

**Wellblechbauten aller Art**

Bremerhütte

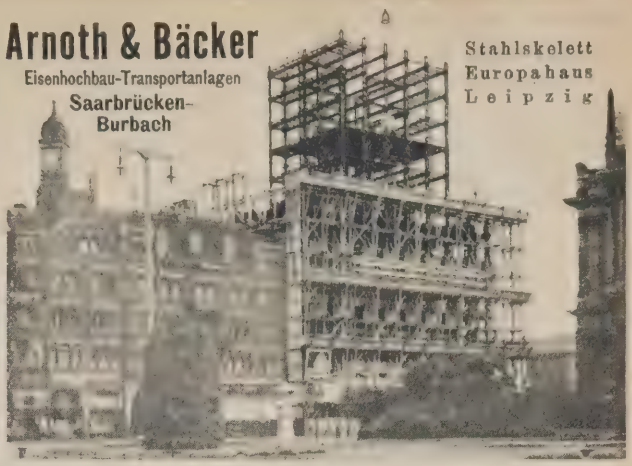
Abteilung Netphen / Geisweid, Kreis Siegen

Fernsprechamt Siegen, Sammelnummer 5311

**Arnoth & Bäcker**

Eisenhochbau-Transportanlagen

Saarbrücken-Burbach



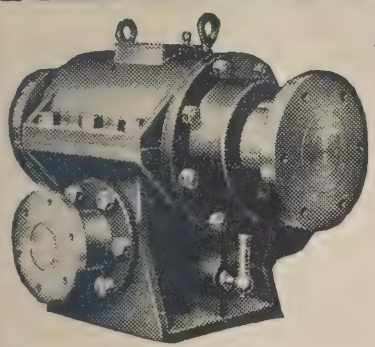
Stahlskelett
Europahaus
Leipzig

**Ringschrauben u. Ringmuttern**

**nach Din**

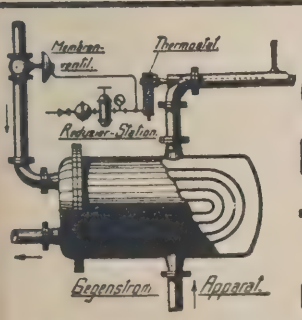
Friedrich Zapp & Cie., Bickenbach
Bezirk Cöln

**Zahnradfabrik Altona/Elbe**



Hans Meyer, Kdt.-Ges.
**Altona-Bahrenfeld**
Schützenstraße 239
Tel. D9 1687
D9 3162

Oeldicht gekapselte
Rädervorgelege
Stirnräder
Schraubenräder
Zahnstangen
Schneckenräder
Kegelräder
Verzahnen
von eingesandten
Radkörpern




Seit 1907

**G-S-T REGLER**

für

**Temperatur**
**Druck**
**Feuchtigkeit**

**Reduzier-Ventile** für alle Zwecke

Fernstellanlagen für Ventile und Klappen

Gesellschaft für selbsttätige Temperaturregelung m. b. H.
Berlin-Wilmersdorf Kaiserallee 41

gegr. 1890

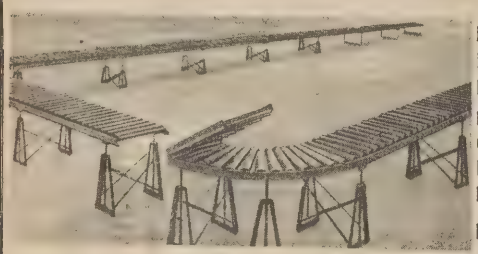
**Kniepert-Schläuche**

für
Preßluft
und
Sandstrahl

Probestücke kostenlos

***Gummiwerk Ernst Kniepert***
***Löbau i. Sa.***

---



Rollenbahnen- Band- Ketten- und Kreistransporteure, Stand- und Hängebahnen Becherwerke, Elevatoren

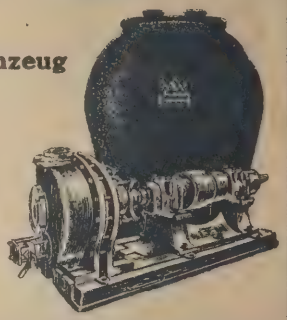
Kurze Lieferzeit

**FÖRDERANLAGEN**

**Rudolf Geisel,** Fabrik mod. Transportanlagen **Mannheim-Rheinau 2**
Gegr. 1903

---

**Deutsche Steinzeugwarenfabrik**
**Friedrichsfeld i. Baden**

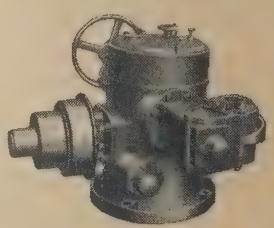


aus
**säurebeständigem Steinzeug**
**Kreiselpumpen**
gepanzert
**Rohrleitungen, Hähne, Wannen, Gefäße, Anlagen**
zur Lagerung von
**Säuren, Laugen** etc.

---

**Gerberich-Wasserturbinenregler**

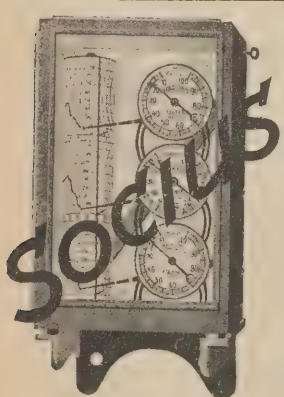
für Geschwindigkeit
und Wasserstand
von 10—2000 mkg Arbeitsvermögen mit größter Anpassungsfähigkeit gewährleisten unbedingt sichere und genaueste Regelung.



***Gerberich & Cie.***
*Mannheim*

Rhein. Maschinenbau- und Handels-Gesellschaft m. b. H.
Rufnummer 29337 Telegr. Getechnik

---



**Meß-Instrumente**

für Druck
Strömung
Temperatur
Feuchtigkeit

Fordern Sie Angebot von

**Steinle & Hartung**
Fabrik wärmetechnischer Meßgeräte
G. m. b. H.
Gegr. 1877 Quedlinburg-R.

---

**Höchstdruck-Armaturen**

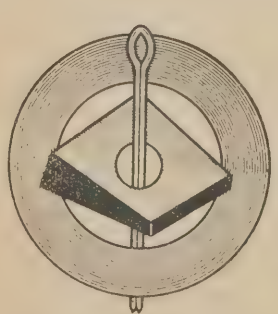
für Druckluft und für hydraulische Zwecke (500 at Probedruck)

Sonderheit:

**Reduzierventile**
automatisch wirkende Rohrbruchventile

**RUD. SCHRÖDER**
**Armaturen- u. Maschinenfabrik, Elberfeld**
Gegründet 1862

---

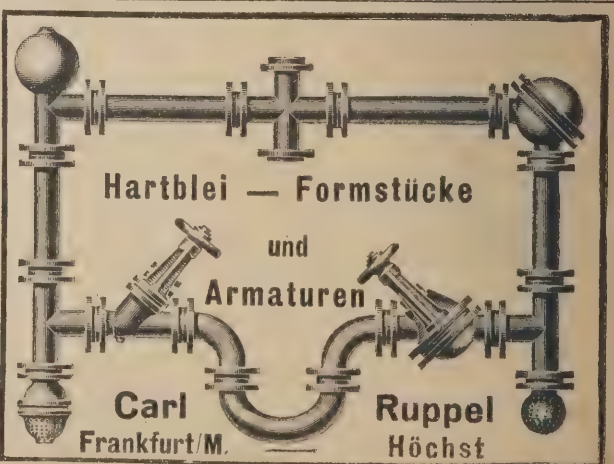


**Werk Grafweg:**
Unterlegscheiben, gedreht in Eisen, Kupfer, Messing.
Unterlegscheiben, rohe in Eisen, Kupfer, Messing.
Unterlegscheiben, konisch n/DIN. 434 und 435.
Sicherungsbleche n/DIN. 93 und 432.
SPLINTE in Eisen Kupfer und Messing.

**Werk Österhammer:**
Gesenkschmiedestücke für alle Zweige der Industrie.

**J. Rempel, Plettenberg i. Westf.**
Telefon 20 und 251

---



Gitterschuppen aus Wellblech

**Industriebauten** für jeden Verwendungszweck aus Wellblech, Stahl oder Beton, versetzbar, zerlegbar, feuersicher

**Blechkonstruktionen** jeder Art

**Gebr. Achenbach G. m. b. H., Weidenau/Sieg**

Eisen- und Wellblechwerke, Postfach Nr. 206

Hochofengasleitung

**Mawald-Wälzkolben-Pumpen**

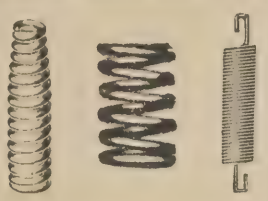
D. R. P. und Ausl.-Pat.

**saugen selbsttätig an**

unempfindlich geg. wechselnde Druckhöhen. Verring. d. Tourenzahl bis 50 % möglich, stärkste Druck- u. Saugwirkung (ca. 9,5 m = ca. 95 % Vacuum, bzw. 70 cm Hg-Säule), fördern auch Gas u. Luft, sowie stark gas- oder lufthaltige Flüssigkeiten. Autom. Hauswasser-Anlagen, Säure- u. Heizmantel-Pumpen.

**Pumpen-Fabrik Waldau m. b. H.**

Rheinbach b. Bonn 30



**Federn**

für den gesamten Maschinenbau

Spezialität: Präzisions-Ventilfedern für Flug-, Automobil- und stationäre Motore

**Gebr. Isringhausen** G. m. b. H.

Bielefeld Kaiserstraße 30

Diese vorzügliche Kühlmittel-Pumpe

ist betriebssicher!

Zu beziehen durch Händler oder

**Eisengießerei Weingarten**

Hugo Stoz, Weingarten Wtt.

**Nichtrostende**

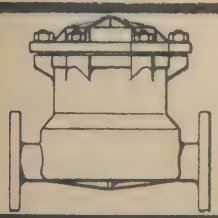
V. A. Stähle Monel Metall

Kupfer Messing Stahl Eisen

Schrauben, Muttern, Formteile fertigt:

**L. Eugen Baum A.G.**

Baumag Solingen 2310/11



**Überdrucksichere Filter** DRPa.

Für alle Flüssigkeiten / Für Saug- u. Druckleitungen / 20-200 mm Rohr ∅ Keine zerstörten Filterseibe mehr, auch bei völliger Verschmutzung. Für Motoren als umschaltbare Schmieröl-Doppelfilter / Feinste Filterung bei größter Leistung; Widerstand stets konstant

Deckardt Jean

Metallgießerei u. Armaturenfabrik Augsburg

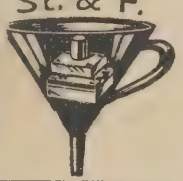
**STAHL=**

**Riemenscheiben**

für Schwer- und Stoßbetriebe

Spezialkonstruktion der Maschinen-Fabrik **RHEINLAND**

Jos. Kunstwadl, Köln-Ehrenfeld.


St. & F.

**L. Steingräber & H. Froer**

Spezialfabrik für Schnitte und Stanzen

Spez.: Blockschnitte

**NÜRNBERG**

Wilhelm-Späth-Str. 52 · Tel. 40760

Gegründet 1907

**HOCHLEISTUNGS-FEILEN**

**RENNERWERKE G. M. B. H.**

FEILENFABRIK

**HÜCKESWAGEN (Rhld.)**

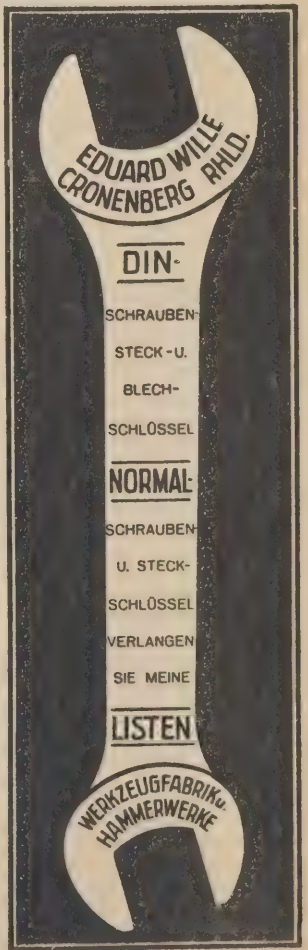
**Lichtpaus-Maschinen**

sind **leistungsfähiger** und arbeiten **rationeller** als andere elektrische Lichtpausapparate.

Einfache **zeitsparende** Bedienung Prospekte mit Abbildungen **kostenfrei**

**Otto Philipp,** Maschinenfabrik

BERLIN SW 68, CHARLOTTENSTRASSE 6



**HALLWACHS-DAMPFMESSER**

**Netzanschluß an Gleich- oder Wechselstrom bei völliger Spannungsunabhängigkeit.**

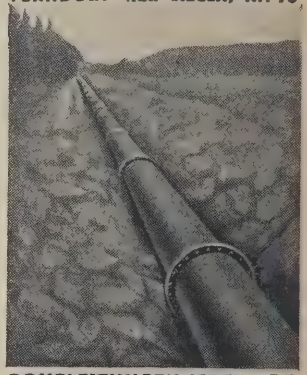
HALLWACHS & LANGEN, G.M.B.H., BENSHEIM

**Reibungskupplungen**

für alle Betriebsverhältnisse, in erstklassiger Ausführung.
**Maschinenbau-Anstalt OSTERBURKEN**
Osterburken (Baden)

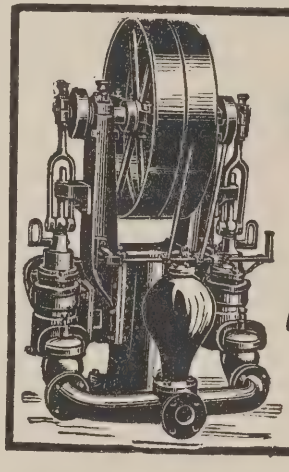
**Kreis- und Längenteilmaschinen**
sowie **Graviermaschinen** liefern
Kemptener präz.-mech. Werkstätten Georg Kesel G. m. b. H.
Kempten/Bayern

**EISEN- UND METALLWERKE**
Gesellschaft mit beschränkter Haftung
**FERNDORF (KR. SIEGEN) Nr. 70**



**ROHRLEITUNGEN JEDER ART**

Beziehen Sie sich bitte bei allen
Anfragen
und
Bestellungen
auf die
VDI-Zeitschrift



**Pumpen**
Filterpressen
Armaturen
Wasserreinigung

**A. L. G. Dehne**
Maschinenfabrik
Halle a. S.

**3000 Riemenscheiben.**
Neue und gebrauchte
**Transmissionen**
in denkbar größter Auswahl preiswert.
**H. Schlüter & Co.**
**Magdeburg-N. 12.**

## VDI STELLENGESUCHE VDI

### Pensionierter Maschinenfabrikations-Ingenieur

Langjähriger Spezialist für Normung, Toleranzen, Passungswesen u. Arbeitsvorbereitung sucht feste oder beratende Betätigung.
Angebote unter U. 427 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (c. 2174)

### Dipl.-Ing.

mit langjährigen Erfahrungen im **Meßwesen der Wärmewirtschaft auf Hüttenwerken** sucht sich zu verändern. Bevorzugt werden Stellungen bei einer Apparatebau-Gesellschaft oder im Versuchslaboratorium für elektrische Installation.

Angebote unter W. 451 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (1341)

### Masch.-Ing.

25 Jahre alt, sucht Stellung. Im Lok.-Bau und im Bau von Aufbereitungsanlagen für Zechen erfahren. Bisher als Wärmeingenieur bei einer größeren Firma tätig gewesen. (c. 2187)
Zuschriften sind zu richten unter U. 449 an den Verlag d. Ztschr.

### WELCHE FIRMA

wünscht in ihrem Arbeitsprogramm
Modernen Dampfkessel- und Feuerungsbau
aufzunehmen?

Fachmann mit langjähriger Praxis sucht (auch Übersee) dementsprechenden Wirkungskreis. (c. 2179)

Zuschriften erbeten unter „Bescheidene Ansprüche/O. 444" an den Verlag d. Ztschr.

### Masch.-Ing.

24. J., Absolv. höh. techn. Staatslehranst., in ungekündigter Stellung, bewandert in der Werkstatt- u. Werkplatzorganisation, sowie im Lohn- u. Akkordwesen; flotter Zeichner, vertraut im Umgang mit Arbeitern sucht neuen Wirkungskreis. (c. 2184)

Angebote unt. R. 446 an den Verl. d. Ztschr.

### Wegen der Weihnachtsfeiertage

wird der Anzeigenschluß für „Kleine Anzeigen" für Heft 1 vom 4. 1. 30 auf Sonnabend, den 28. 12. 29 festgesetzt. Nach diesem Termin hier einlaufende Aufträge können erst in dem nächstfolgenden Heft Berücksichtigung finden.

VDI-VERLAG GMBH, BERLIN NW 7

*Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.*

# VDI STELLENANGEBOTE VDI

## Gesucht

zu möglichst sofortigem Eintritt tüchtiger

## Gießerei-Fachmann

mit vieljährigen Erfahrungen im Gießen von Leichtmetallen (Kokillen- und Sandguß). (1284)

Bewerber wollen ihr Angebot mit Lichtbild, Lebenslauf, Angabe von Referenzen, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin einreichen unter J. 374 an den Verlag dieser Zeitschrift.

## ZEITSTUDIEN

Diplom-Ingenieur, erfahren in Zeitstudien in der mechanischen Werkstatt und mögl. auch in der Gießerei, für einige Monate zu sofortigem Eintritt von mittl. Eisengießerei und Maschinenfabrik Nähe Köln gesucht. (1337)

Bewerbungen unter Angabe der Gehaltsansprüche mit Zeugnisabschriften unter G. 437 an den Verlag d. Ztschr.

Für das Kraftwerk einer großen Maschinenfabrik wird ein

## BETRIEBS-ASSISTENT

gesucht.

Mehrjährige Praxis auf wärmewirtschaftlichem Gebiet Bedingung.

Bewerbungen mit Darstellung der bisherigen Tätigkeit, Beifügung von Zeugnisabschriften und Angabe des Alters, der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermins erbeten unter **B. N. U. 9881** an **Ala-Haasenstein & Vogler, Berlin W 35.** (1326)

## MONTAGE-INGENIEUR

gesucht, der auf dem Gebiet des Eisenhoch- und Brückenbaues mehrjährige Erfahrung besitzt und die französische Sprache in Wort und Schrift beherrscht.

**EISENBAU-WYHLEN**
**Aktiengesellschaft**
Wyhlen (Baden). (1327)

Großes Hüttenwerk sucht einen

## Dipl. Ingenieur der Elektrotechnik

als Assistenten zur Überwachung u. Instandhaltung der ausgedehnten Gleich- u. Drehstromanlagen.

Ausführliche Bewerbungen mit Angabe von Gehaltswünschen u. Empfehlungen unter Beifügung von Lichtbild und Zeugnisabschriften erbeten unter **P. K. 2153 a. Ann.-Exped. Rud. Herweg & Co. m. b. H., Düsseldorf.** (1340)

**Privatschule:**
Theoret. Ausbildung durch Fern-Unterricht, mathemat., maschinentechn. u. elektrotechn. Berechnungen.
**Ingenieur H. Issle**
Berlin-SchmargendorfK

Fabrik für Gelenk- und Stahlbolzenketten, Spezialketten, Transportbänder, Becher und sonstige Zubehörteile für Fördermittel sucht einen gewandten, tüchtigen

## INGENIEUR

der sich auch zum Besuch der Kundschaft eignet.

Es kommen nur Bewerber in Frage, die im Bau von Nahfördermitteln mehrjährige Erfahrungen und gute Fachkenntnisse besitzen. Die Stellung bietet selbständigen Herren Aussicht auf Vorwärtskommen.

Handschriftliche Angebote mit Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Referenzen und Gehaltsansprüchen erbeten unter E. 435 an den Verlag dieser Zeitschrift. (1334)

## Chef-Chemiker
## (Metall-Fachmann)

zur selbständigen Leitung des Laboratoriums eines Metallwerkes im Ausland gesucht. Der betr. Herr muß in leitender Stellung in großen Metallwerken tätig gewesen sein und große Erfahrungen auf diesem Gebiete besitzen. Herren, welche bezügl. Munitionsmaterial (Inf.-Patronen, nickelplattiertes Blech f. Inf.-Geschosse und Kartuschenmaterial) nachweislich gute Erfahrung besitzen, werden bevorzugt.

Bewerbungsschreiben unter Beifügung von Lebenslauf, Zeugnisabschriften, Referenzen und Lichtbild sowie unter Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermins unter S. 360 an den Verlag d. Zeitschrift. (1273)

Für unsere Abteilung Drehkrane und Verladebrücken

suchen wir mehrere erste selbständig arbeitende

## Konstrukteure

zum baldigen Antritt. Nur Herren mit langjähriger Erfahrung und guter Ausbildung wollen sich unter Beifügung eines ausführlichen Lebenslaufes, der Angabe der Gehaltsansprüche und des frühesten Eintrittstermines melden. (1338)

**Ardeltwerke**
Eberswalde

*Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.*

Gesucht für Abteilung Eisenhoch- und Brückenbau erfahrener

**Statiker sowie mehrere tüchtige Konstrukteure,**

für Abteilung Hebezeuge erfahrener

**Kommissionsführer sowie mehrere tüchtige Konstrukteure.**

Angeb. mit prima Referenzen an Etablissements

PAUL WÜRTH (1330)

Luxemburg.

---

Großer deutscher Elektrizitäts-Konzern sucht zur Unterstützung des Vorstandes theoretisch und praktisch ausgebildeten

# Ingenieur

mit guten Kenntnissen im Bau und Betrieb elektrischer Überland-Zentralen, mit Erfahrung in wirtschaftlichen Fragen und befähigt, einschlägige Vertragsverhandlungen zu führen. Gute Kenntnisse in englischer und französischer Sprache verlangt.

Angebote mit Lebenslauf unter **J. U. 14 331** befördert **Rudolf Mosse, Berlin SW 100.** (1328)

---

# Ingenieur

möglichst mit hüttentechn. Kenntnissen, guter kaufmännischer Veranlagung, gewandt in Wort und Schrift, gute englische Kenntnisse unerläßlich, für Berlin gesucht zur Unterstützung und baldigen, möglichst selbständigen Vertretung des Chefs einer Interessenwahrnehmung (Einkauf, Beratung, Verkauf) überseeischer Industriekonzerne.

Ausführliche Offerten unter H. 438 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (c. 2176)

---

Zur Leitung der Betriebe für Kompressoren und Motorenbau wird für das Rhein.-Westf. Industriegebiet ein erfahrener

# Betriebs-Ingenieur

zum baldigen Eintritt gesucht.

Vorbedingung längere Erfahrung im Motorenbau und nachweisbare Erfolge in praktischer Betriebsleitung.

Bewerbungen nebst Zeugnisabschriften, Lichtbild, handschriftlichem Lebenslauf sowie Angabe von Referenzen, Gehaltsansprüchen und Eintrittstermin unter M. 420 an den Verlag d. Zeitschr. erbeten. (1323)

---

Von schweizerischer Großindustrie wird zu möglichst baldigem Eintritt

# INGENIEUR

aus der metallverarbeitenden Industrie, schweiz. Nationalität, im Alter von 30 bis 35 Jahren, als Assistent des Werksleiters gesucht. Bewerber, welche über gute technische Schulung, Werkstattpraxis und über Kenntnisse in der metallverarbeitenden Industrie verfügen und die schon auf dem Gebiet der Transportanlagen arbeiteten, wollen ihr Angebot mit Lebenslauf, Photo, Angabe von Referenzen, Gehaltsansprüchen und frühestem Eintrittstermin einreichen unter L. 376 an den Verlag dieser Zeitschrift. (1283)

---

# Gesenkschmiede-Fachmann

nur erstklassige Kraft mit langjährigen Erfahrungen im Herstellen von Gesenkstücken aller Art, insbesondere solcher aus Spezialstählen, von größerem Unternehmen im Bereiche von Wien

**zum baldigen Eintritt gesucht.**

Wohnung vorhanden. (1331)

Ausführliche Angebote mit Zeugnisabschriften und Gehaltsansprüchen unt. „Schmiedefachmann Nr. 6903" an Haasenstein & Vogler A.-G., Wien, I.

---

Großer ausländischer Konzern der Holzbearbeitungsmaschinenbranche sucht für seine deutsche Filiale

jüngeren

# Diplom-Ingenieur

für Offerten- u. Reisetätigkeit.

Es kommen nur energische, intelligente Herren in Frage, die über einen guten Briefstil verfügen und im Verkehr mit der Kundschaft Erfolge aufweisen können.

Kurzgefaßte Angebote mit Lichtbild, Aufgabe von Referenzen und Gehaltsansprüchen unter N. 421 an d. Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (1322)

---

Wir suchen jüngeren Dipl.-Ing. mit mehrjähriger, gediegener Erfahrung im

## Dampfturbinenbau

wissenschaftl. Durchbildung und zuverlässigem Charakter.

Bewerb. m. Lebensl., Zeugnisabschr., Gehaltsanspr., frühest. Eintr. erbeten unter K. 5990 an Annoncenmayer, Frankfurtmain. (1336)

---

# Ihr eigenes Interesse

erfordert

Bewerbungen auf Zifferanzeigen mit dem genauen Kennwort auszuzeichnen, um kostspielige Rückfragen zu vermeiden und Verzögerungen in der Zustellung an die ausschreibenden Firmen auszuschalten

VDI-VERLAG GMBH

BERLIN NW 7

---

**Zeugnisabschrift**

1 Seite 20 30 50×

incl. Papier 1.-, 1,50, 2.- M.

**M. GEY, Dresden 6/5**

Königsbrücker Str. 64

---

# VERTRETUNGEN

---

Zur Unterstützung der technischen Leitung eines westdeutschen Hüttenwerkes wird zum baldmögl. Zeitpunkt ein

# Diplom-Ingenieur

## des Hüttenfaches

gesucht. Bewerber muß langjährige Erfahrungen auf dem Gesamtgebiet der neuzeitlichen Betriebswirtschaft besitzen und mit dem Selbstkosten-, Zeitstudien- und Akkordwesen sowie der Wärmewirtschaft und Materialprüfung vollkommen vertraut sein. Ferner ist Erfahrung und Gewandtheit in der Behandlung von Arbeiterangelegenheiten erwünscht. Alter etwa Mitte dreißig. Wohnung vorhanden.

Ausführliche Bewerbungen mit Zeugnisabschriften, Lichtbild, Angabe von Referenzen, Gehaltsansprüchen und Eintrittstermin erbeten unter F. 436 an den Verlag dieser Zeitschrift. (1335)

---

# Dipl.-Ing.

Maschinenbau, Elektrotechnik, Auslandspraxis, 3 Jahre Spanien, 1½ Jahre Südamerika

**sucht Vertretungen für Spanien oder Südamerika**

Angebote unter T. 448 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2186)

---

**Ingenieure Techniker**

finden bei Eignung **neue einbringl. Existenz** auf solid. Basis durch d. Vertrieb uns. neuesten techn. Handlexikons i. Kollegenkreis. Arbeitsfreud. u. zielb. Herren werd. i. d. Vertriebspraxis eingeführt. Zuschr. nur ernsth. Interess. mit Angabe über bisher. Tätigk. u. Referenz. an

**Heinrich Killinger**

Verlagsges. m. b. H.

Nordhausen / Harz

---

## Erstklassige Schweizer Firma

mit sehr guten Beziehungen zu Handel und Industrie sucht weitere

Vertretungen

in feinmechanischen oder ähnl. Fabrikaten.

Zuschriften erbeten unter B. 432 an den Verlag dieser Zeitschrift. (1325)

---

*Stellengesuche und -angebote sowie An- und Verkäufe auch in den VDI-Nachrichten.*

# AN- UND VERKÄUFE

Die Inhaberin der deutschen Patente

280 026 „Fleischklemme für Aufschnittschneidemaschinen"

281 854 „Vorrichtung zur Regelung des Vorschubs bei Aufschnittschneidemaschinen mit Hilfe eines die Zähne des Vorschubrades in der Bahn der Schaltklinke mehr oder weniger überdeckenden Quadranten"

290 158 „Vorrichtung an Aufschnittschneidemaschinen zum Drehen der selbsttätig durch ein Schaltwerk absatzweise gedrehten Vorschubspindel für die Fleischtragplatte von Hand mittels Kurbel"

322 374 „Schlitten für Aufschnittschneidemaschinen mit ausschaltbarer Vorschubmutter"

339 780 „Fleischschneidemaschine mit in vertikaler Ebene laufender, kreisförmiger Messerscheibe und hin und her verschiebbarem Schlitten"

351 864 „Vorschubvorrichtung für den Schlitten von Aufschnittschneidemaschinen"

363 388 „Oberschalige Tafelwaage"

365 656 „Maschine zum Aufschichten von Fleischschnitten u. dgl. mit einer Fördereinrichtung und einem damit zusammen wirkenden Abnehmer"

376 687 „Maschine zum Schneiden von Fleischwaren u. dgl."

386 188 „Scheibenschneidemaschine"

386 189 „Scheibenschneidemaschine"

387 737 „Aufschnittmaschine"

407 600 „Endlose Fördervorrichtung für Aufschnittschneidemaschinen"

419 883 „Befestigungsvorrichtung für die Hinterplatte einer Fleischschneidemaschine"

421 760 „Lösbare federnde Führung für den Vorschubtisch von Fleischschneidemaschinen"

436 544 „Anzeigevorrichtung für mit Zusatzgewichten arbeitende Neigungswaagen"

441 941 „Vorschubvorrichtung für den quer zum Schlitten beweglichen Fleischtisch von Aufschnittschneidemaschinen"

446 263 „In Verbindung mit einer Aufschnittschneidemaschine arbeitende Wiegevorrichtung"

446 734 „Waage, insbesondere Schnellwaage mit Zusatzgewichten zur Vergrößerung des Wägebereichs"

ist bereit, diese zu verkaufen oder darauf Lizenzen zu erteilen.

Etwaige Anfragen unter G. 393 an den Verl. dieser Zeitschrift erbeten. (1300)

## Zu verkaufen:

**3 Stück Wasserrohrkessel,** Baujahr 1912, Fabrikat Rodberg und MAN je 350 qm Heiz- und 105 qm Überhitzerfläche, 13 Atm. Überdruck, 300 ° C, 14,5 qm Rostfläche, Keilmann und Völker, Treppenrost 2teilig für Rohbraunkohle, einschließl. aller Armaturen, Rußbläser und Rohrleitungen.

Die Kessel sind sehr gut erhalten, bis September 1929 in Betrieb gewesen und können jederzeit an Ort und Stelle besichtigt werden. Demontage d. Käufers bevorzugt. Ferner wegen Umstellung der Spannung

**3 Drehstromtransformatoren** je 250 KVA, Fabrikat Bergmann, Type KDO 250/6, Leerlaufspannung 5250/220 V., Strom 27,5/656 Amp., Anzapfspannung 5000/220, 4750/220 V., Anzapfstrom 28,9/656, 30,4/656 Amp., Periode f = 50, Schaltart A, Kurzschlußspannung 3,81 %.

**6 Ölschalter,** Fabrikat Bergmann, Type DH 100/2 Prüfsp., 30 000 V. Nennsp., 200 Amp., dauernder Kurzschlußstrom 6000, 2000, 1000, bei Nennsp. 3000, 6000, 15 000.

**8 max. Zeitrelais** f. vorstehende Oelschalter.

**21 einpol. Trennschalter,** 200 Amp., 6000 V.

**2 Spannungswandler** 5000/110 V.

**2 Stromwandler** 150/5 Amp.

**2 Stromwandler** 50/5 Amp.

**1 Drehstromzähler SSW,** Modell D 7, 5000/100, 3 × 150/5 Amp.

**1 desgleichen, Bergmann,** Form BDU 3, 5000/110, 3 × 50/5 Amp.

**15 Stützer** 5000 V.

Sämtliche Apparate aus bestem Material, Baujahr 1923, Anlage bis September 1929 im Betrieb, Transformatoren Kupferwicklung.

Angeb. an: **Braunkohlen-Schwel-Kraftwerk Hessen-Frankfurt A.-G. (Hefrag)** Wölfersheim (Oberhessen). (1339)

Der Inhaber des deutschen Patentes Nr. 439 625, betreffend:

**Kapselvorrichtung mit verschiedenen Werkzeugen oder Maschinen zum Herstellen und Aufbringen von Kapseln auf Flaschen od. dgl.**

ist bereit, dieses Patent zu verkaufen oder darauf Lizenzen zu erteilen. (1329)

Etwaige Anfragen unter C. 433 an den Verlag dieser Zeitschr. erbeten.

Das deutsche Patent Nr. 475 503 betreffend

## Vorrichtung zur Veränderung des Kolbenhubes bei Brennkraftmaschinen

ist zu verkaufen oder in Lizenz zu vergeben.

Anfragen unt. V. 428 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c. 2175)

## D.R.P. 407 177

betreffend: „Maschine zur Herstellung von Nägeln und anderem Kleineisenzeug aus Blech" ist zu verkaufen oder im Lizenzwege zu vergeben.

Anfragen unt. J. 417 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (1320)

## D.R.P. 418756

betr.: „Schmierölreiniger für Wärmemotoren insbes. Flugmotoren, mit Druckölumlaufschmierung" ist zu verkaufen oder im Lizenzwege zu vergeben.

Anfragen unt. P. 423 an den Verlag dieser Zeitschrift erbeten. (1319)

D. R. P. 429 580 betreffend: Umsteuer- und Regelungsvorrichtung für Ventilsteuerungen an Verbrennungskraftmaschinen, ist zu verkaufen oder im Lizenzwege zu vergeben. Anfragen unter E. 348 an den Verlag dieser Zeitschrift erbet. (1266)

## Lokomobilen

500/600 PS u. 600/700 PS erst. Fabr., mod. Bauart, Zustand sehr gut, sof. verk. Anfr. unter J. 352 a. d. Verlag d. Ztschr.

## Turbogenerator

Drehstr., 765 KW, 5200 V. oder 220/380 und 500. Man./SSW, vorzügl. erh., sof. billig verkfl. Anfr. u. S. 6102 an den Verlag ds. Zeitschrift erbeten.

## Dieselmotor

stehend, 1800/2000 PS, Fabr. Man., modern, neuw., mit oder ohne Dyn., zu verk. Anfr. u. L. 354 a. d. Verlag d. Ztschr.

## Fabrikation von Akkumulatoren

neuartiger, ausprobierter und bewährter Konstruktion, soll für Deutschland und Ausland verkauft werden. Kapitalkräftige Interessenten wollen Anfragen unter D. 434 an den Verlag dieser Zeitschrift richten. (1333)

Für schnellaufenden, ausprobierten, patentierten

# Rohölmotor

## für stationäre, Schiffs-, Fahrzeug- und eventl. Flugzeugzwecke

mit konkurrenzlosen, durch Gutachten einer ersten Fachautorität bestätigten Leistungen, werden Patente oder Lizenzen abgegeben.

Anfragen unter U. 340 an den Verlag dieser Zeitschrift. (c 2153)

# VERSCHIEDENES

**PATENTANWALT**
**Dipl. Ing. A. Kuhn**
**Berlin SW 61**
**Gitschiner Straße 106a**

**Patentanwalt**
**Dr. O. Arendt**
**Berlin W 15**
**Kurfürstendamm 179**

## JAPAN

Patentanwalt, ehem. Prüfer am jap. Patent, Absolv. Univers. Berlin, sucht Verbindg. Dtsch. Korresp.; niedr. Gebühren. Ausk.:

W. Glatz,
Berlin W 30, Motzstr. 12, Nollendorf 6387. (1332)

**Beratender Ingenieur**
Wärme-, Dampf-, Energiewirtschaft
**Dipl.-Ing. K. Schiehl**
Magdeburg
Augustastraße 20

Inhaber (Hersteller) eines neuen, nach dem Einfallprinzip arbeitenden, stat.

## Hochdruck-Acetylen-entwickler-Systems

mit **konkurrenzlosen,** durch Patente geschützten Vorzügen, beabsichtigt das

## Alleinvertriebsrecht

zwecks entsprechender Ausnutzung an rührigen Herrn (oder Firma) unter Beteiligung zu vergeben.

Das **unbedingt zukunftsreiche** System ist bereits ministeriell zugelassen, ebenso alle erforderlichen Vorlagen, so daß der eine

## sichere Existenz

bietende Vertrieb sofort aufgenommen werden kann. (c. 2180)

Musteranlage im Betrieb zu besichtigen. Weitere erstkl. Hoch- u. Niederdrucktypen für alle Bedürfnisse können mitgeführt werden.

Nur ernstl. Interessenten wollen wegen persönl. Verhandlung ihre Anschrift unter P. 445 durch den Verlag d. Zeitschr. bekanntgeben.

EIN BUCH, DAS SIE HABEN MÜSSEN

ist das

# Handbuch der Rationalisierung

Im Auftrage des Vorstandes herausgeg. vom geschäftsf. Vorstandsmitglied des Reichskuratoriums für Wirtschaftlichkeit. Bearbeitet unter Mitwirkung zahlr. Körperschaften und Fachleute von Dr. Fritz Reuter, Berlin. Mit einem Geleitwort von C. F. v. Siemens und Hans Hinnenthal ca. 1200 Seiten, mit etwa 600 Abbildungen. **Preis gebunden nur RM 15.—**

## EINIGE DER MITARBEITER:

Adrian, Dr.-Ing., Berlin
Bader, J. A., Ing., Berlin
Baer, Dipl.-Ing., Berlin
Böhm, Werner, Dipl.-Ing., Berlin
Bramstedt, Dr., Regierungsdirektor, Berlin
Bucerius, Oberregierungsrat, Karlsruhe
Deutsch, Dipl.-Ing., Berlin
Drescher, Oberingenieur, Berlin
Eberle, Chr., Professor, Dr., Darmstadt †
Ecker, Gewerberat, München
Fischer, Dipl.-Ing., Berlin
Freund, Dr., Berlin
Görner, Th., Berlin
v. Gottl-Ottlilienfeld, Friedr., Dr. Prof., Berlin
Groeck, H., Dipl.-Ing., Berlin
Gröschler, A., Ingenieur, Berlin
Grünbaum, Dr., Berlin
Guthsmuths, W., Dipl.-Kaufmann, Berlin
v. Hanffstengel, Dipl.-Ing., Prof., Berlin
Harm, R., Dr.-Ing., Berlin
Hausser, Syndikus, Berlin
Hellmich, Herm., Oberingenieur, Berlin
Hinnenthal, Hans, Berlin
Hirsch, Julius, Dr., Prof., Staatssekretär z. D., Berlin
Hotz, Dr.-Ing., Berlin
Hussmann, Dr.-Ing., Direktor, Gelsenkirchen
Jaeckle, C., Dipl.-Kaufmann, Berlin
v. Keltsch, E., Dr., Berlin
Kienzle, Otto, Dr.-Ing., Berlin
Kolbenschlag, Ing., Berlin
Kothe, Regierungsbaumeister a. D., Berlin
Kraushaar, Direktor, Berlin
Kreide, Fr., Dipl.-Ing., Berlin
Kronenberg, Dr.-Ing., Berlin
Krüger, F. A. O., Prof., Dresden
Ludwig, F., Direktor, Berlin
Ludwig, Heinz, Dr., Berlin
Malinka, Paul, Berlin
Maurach, H., Dr.-Ing., Frankfurt (Main)
Meier, Albert, Dr., Köln a. Rh.
Meyenberg, Fr., Prof., Berlin
Neese, Dr.-Ing., Berlin
Nettmann, P., Dr.-Ing., Berlin
Nicklisch, Dr., Prof., Berlin
Orlovius, Kurt, Berlin
Ottmann, Ingenieur, Berlin
Pachta, Graf, Dipl.-Ing., Berlin
Philipp, W., Dipl.-Ing., Reichsbahnrat, Berlin
Reiman, Alfred, Dipl.-Ing., Berlin
Rinderle, Dipl.-Ing., Karlsruhe
Rössle, Prof., Bonn
Rückert, O., Oberstudiendirektor, München
Schindler, Rudolf, Dr., Berlin
Schmalenbach, E., Dr. rer. pol., Prof. Dr. jur. e. h., Köln

## AUS DEM INHALT:

TEIL I: Die Rationalisierungsbewegung.
Einleitung.
I. Deutsche Förderungsstellen der Rationalisierung.
II. Die Rationalisierungsbewegung in anderen Ländern und internationale Rationalisierungsbestrebungen.
Anhang I: Verzeichnis der an Rationalisierungsarbeiten beteiligten privaten und öffentlichen Stellen.
Anhang II: Geschichtlicher Überblick.

TEIL II. Die Rationalisierungsmittel.
I. Rationalisierungsmittel der Vereinheitlichung. Normung: Lieferungsbedingungen. Materialprüfungen und Werkstoffkunde, Werkstoffe
II. Rationalisierungsmittel für die Fertigung. Arten der Fertigung. Aufgaben der Arbeitsvorbereitung. Konstruktive Unterlagen. Auftragswesen. Arbeitsvorgabe in Zeit- und Zeitstudien. Arbeitsunterweisung und Vordrucke für Maschinenausnutzung. Stückliste. Fließarbeit. Kühlen u. Schmieren bei der Metallbearbeitung. Spritzguß. Schweißtechnik. Anstrichtechnik. Stanzereitechnik. Energieleistung. Wirtschaftliche Fördertechnik in Fabrikbetrieben. Wirtschaftliche Verpackungstechnik. Getriebe. Wirtschaftliche Rechentechnik. Wärmewirtschaftliche Organisation in Deutschland.
III. Rationalisierungsmittel für die Verwaltung und Verteilung. Organisations- und Bürotechnik. Organisationstechnik. Bürotechnik. Registratur. Einkauf und Lager. Rechnungswesen, insbes. Einheitsbuchführungen. Bankwesen, insbes. wirtschaftlicher Zahlungsverkehr. Vereinheitlichung der Betriebsstatistik. Das Budgetsystem in der industriellen Unternehmung. Vertriebsfragen. Rationalisierung der Warenverteilung. Vereinheitlichung in der öffentlichen Verwaltung. Literaturauswertung und Terminologie.
IV. Rationalisierungsmittel für die berufl. Ausbildung. Ausbildung und Erziehung. Fortbildung der berufstätigen Betriebsingenieure. Die Berufsauslese für die Industrie und ihre Organisation.
V. Rationalisierungsmittel für das Handwerk. Technische Rationalisierung. Kaufmännische Rationalisierung.
VI. Rationalisierungsmittel für die Hauswirtschaft.
Vorbemerkung: Das Archiv für Hauswirtschaft im Reichskuratorium. Rationalisierungsvorschläge für die Hauswirtschaft auf Grund von Versuchen. Ergebnisse.

TEIL III. Methoden, Anwendung, Ergebnisse.
Einleitung: Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit.
I. Betriebsuntersuchungen.
II. Rationalisierungsbeispiele aus der Praxis.
Einleitung.
Literaturverzeichnis für Teil I bis III, gegliedert nach der obigen Unterteilung in jeweils: „Ergebnisse der Gemeinschaftsarbeit" „Sonstige Literatur." Register.

Bestellungen bitten wir zu richten an die

**VDI-BUCHHANDLUNG, BERLIN NW7, INGENIEURHAUS**

Postscheckkonto: Berlin 16735

HOCHDRUCKSCHMIERUNG - METROLUB
DRINGT UNAUFHALTSAM VOR
IN ALLEN INDUSTRIEZWEIGEN!

OFFENBACHER SCHRAUBEN-INDUSTRIE • P. METZ
WERK III • MÜHLHEIM A. MAIN

BUDERUS'SCHE
EISENWERKE WETZLAR

GUSSEISERNE ROHRE UND FORMSTÜCKE
ABFLUSSROHRE UND KANALTEILE
BERGWERKSGUSS / ZEMENT
HEIZKESSEL UND RADIATOREN

# DREI MODERNE KESSELANLAGEN

mit Wanderrosten für Steinkohle

mit mechan. Treppenrosten für Rohbraunkohle

mit Kohlenstaub-feuerungen für rostschwierige Brennstoffe

# KOMPLETT ERSTELLT DURCH BABCOCK

## BABCOCKWERKE OBERHAUSEN - RHL


VDI-Verlag, G. m. b. H., Berlin NW 7, Dorotheenstr. 40. — Verantwortlich für den Anzeigenteil: Peter Valerius, Berlin NW 40. Druckpapier von Ernst A. Geese, Berlin SW 68. Druck von H. S. Hermann G. m. b. H., Berlin SW 19.

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 061153299